



Fjernavlesing av vannmålere



Norsk Vann Rapport

(Tidligere NORVAR-rapporter)

Det utgis 3 typer rapporter:

Rapportserie A:

Dette er de opprinnelige hovedrapportene. Dette kan være:

- Rapportering av prosjekter som er gjennomført innenfor organisasjonens eget prosjektsystem
- Rapportering av spleiselagsprosjekter hvor to eller flere andelseiere i Norsk Vann BA samarbeider for å løse felles utfordringer
- Rapportering av prosjekter som er gjennomført av andelseiere eller andre. Rapporten vil i slike tilfeller kunne være en ren kopi av originalrapporten eller noe bearbeidet

Fortløpende nummer xx-årstall

Rapportserie B:

Dette er en serie for «enklere» rapporter, for eksempel forprosjekter, som vil være grunnlag for videre prosjektvirksomhet mm.

Fortløpende nummer Bxx-årstall

Rapportserie C:

Dette er rapporter delfinansiert av Norsk Vann, men som er utgitt av andre.

Fortløpende nummer Cxx-årstall

Prosjekresultatene fra Norsk Vann Rapport (serie A og B) kan fritt benyttes internt i egen organisasjon. Når prosjekresultatene benyttes i skriftlig materiale, må kilde oppgis. Viderealg/formidling av resultatene utover dette er kun tillatt etter skriftlig avtale med Norsk Vann BA.

Norsk Vann har ikke ansvar for feil eller ufullstendigheter som måtte forekomme i rapporten og kan ikke stilles økonomisk eller på annen måte til ansvar for problemer som måtte oppstå som følge av bruk av rapporten.



Norsk Vann

Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norskvann.no
www.norskvann.no

Forsidefoto: (bildekollasje) Idé Trykk AS

Norsk Vann Rapport

Norsk Vann BA

Adresse: Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Telefon: 62 55 30 30
E-post: post@norsk vann.no
Internettadresse: norsk vann.no

Rapportnummer: 180 - 2011
ISBN 978-82-414-0320-0 ISSN 1504-9884 (trykt utgave) ISSN 1890-8802 (elektronisk utg.)
Dato: 18. mars 2011
Antall sider (inkl. bilag): 52
Tilgjengelighet: Åpen: x Begrenset:

Rapportens tittel: Fjernavlesing av vannmålere	
Forfatter(e): Svein Hansen, Habberstad AS	
Ekstrakt: Vannmålere som er utstyrt for Automatisk MålerAvlesning (AMA) er i dag i ferd med å bli en moden teknologi. Det gjenstår likevel en del innen standardisering av komponenter og grensesnitt mellom disse. Ved valg av anerkjente leverandører vil risikoen i hovedsak være begrenset til leverandørbindingen, og i liten grad til tekniske forhold. Det er likevel en krevende prosess å etablere alt som skal til for å kunne oppnå de fordeler AMA kan by på. Til tross for at AMA innebærer betydelige investeringer og driftskostnader, vil det kunne være god økonomi i en satsing på innføring av slike løsninger. Reduksjon i vannforbruket er viktigste årsak til dette. Denne forbrukseffekten vil man for en stor del kunne oppnå også ved tradisjonelle målere, men uten de tilleggseffekter AMA gir innen kundebehandling, prosessforbedring og nøyaktighet. På bakgrunn av de teknologiske mulighetene som foreligger i dag, de erfaringer som er trukket i Norge og i andre land, kan det se ut til at en innføring av AMA-målere basert på trådløs kommunikasjon er å foretrekke, både internt hos abonnenten og fra abonnenten og inn til den sentrale løsningen. Det er kommunikasjonsløsningen som er avgjørende, ikke prinsippene bak selve målerenheten.	
Emneord, norske: Fjernavlesing vannmålere Automatisk måleravlesning (AMA)	Emneord, engelske: Smart Metering Meter Data Management System (MDMS) Automatic Meter Reading (AMR) Advanced Metering Infrastructure (AMI) Advanced Metering Management (AMM)

Forord

Norske vannverk opplever i sitt arbeid med drift og vedlikehold av vannmålere at det stilles stadig større krav fra abonnentene om bedre kvalitet på tjenestene. Dette omhandler både informasjon, saksbehandling og bedre fakturerings tjenester. Det omhandler også et ønske om å kunne ha bedre oversikt over vannforbruket, og effektive prosesser for fakturering og kontroll.

Norsk Vann ønsker derfor å belyse om innføring av automatisk måleravlesning kan bidra til bedre måloppnåelse innen en rekke viktige områder:

- Effektivisering av kontrollrutiner
- Mer korrekte gebyrer
- Bedre service til kundene
- Lettere å oppdage lekkasjer

Miljøutfordringene er økende, og omfatter også vann- og avløpsfeltet. Innføring av vannmålere der hvor man tidligere har hatt arealberegnet gebyr kan være et tiltak som gir reduksjon i vannforbruket, og dermed også lavere volum avløpsvann. Slike miljøgevinster gjelder for fjernavleste vannmålere på samme måte som for tradisjonelle vannmålere.

Denne rapporten er et grunnlag for anleggseiere som planlegger, eller er i ferd med å installere vannmålere hos sine abonnenter. Skal man satse på fjernavlesing direkte eller forberede for senere installasjon av fjernavlesing? Rapporten ser på fordeler og eventuelle ulemper ved fjernavlesing, og litt rundt investeringskostnader og cost/benefit-analyser.

Det er foreløpig lite erfaringsmaterieell fra norske fjernavlesingsprosjekter – det meste av erfaringsmateriellet er derfor hentet fra ulike fullskala og testprosjekter rundt omkring i verden.

Forfatter og faglig ansvarlig for rapporten er Svein Hansen, Habberstad AS. I tillegg har det vært en aktiv arbeidsgruppe som har bidratt med mange nyttige innspill i arbeidet. Denne arbeidsgruppen har bestått av: Anne Grete Frøseth (Oslo VAV), Leo Fosseng (Drammen kommune), Kjetil Wold Henriksen (Ringsaker kommuner), Stein Arild Kirknes (Trondheim kommune), René Astad Dupont (Glittrevannverket) og Gaute Sigmundsen (Sandnes kommune). I tillegg har Hans Kristian Syversen (Øystre Slidre kommune) bidratt med erfaringer fra et fjernavlesingsprosjekt på Beitostølen.

Prosjektet er finansiert gjennom Norsk Vanns prosjektsystem.

Hamar, 18. mars 2011

Fred Ivar Aasand

English summary

This report is published in Norwegian by Norwegian Water BA (Norsk Vann BA).

Address: Vangsvegen 143, NO-2321 Hamar, Norway
Phone: + 47 62 55 30 30
E-mail: post@norskvann.no
Website: www.norwegian-water.no / www.norskvann.no

Report no: 180 - 2011
Report title: Smart water metering
Date of issue: 18. March 2011
Number of pages: 52

Keywords: Smart Metering
Meter Data Management System (MDMS)
Automatic Meter Reading (AMR)
Advanced Metering Infrastructure (AMI)
Advanced Metering Management (AMM)

Author: Svein Hansen, Habberstad AS

ISBN: 978-82-414-0320-0
ISSN 1504-9884 (printed edition)
ISSN 1890-8802 (electronic edition)

Summary:

Smart water metering is currently in the process of becoming a mature technology. Some work remains to be done, however, regarding the standardization of components and interfaces between them. The risk will largely be connected to the choice of supplier, and only to a small degree to technical factors. Even so, establishing all standards required in order to achieve the benefits of smart water metering, is a demanding process.

Although smart water metering involves considerable investments and operating costs, the implementation of such solutions may prove to be profitable, mainly because of reduced water consumption. This consumer effect could be achieved by using traditional meters as well, but without the additional benefits provided by smart water metering in terms of customer management, process improvement and accuracy.

In view of the current technological opportunities, and of the experience gained in Norway and other countries, it appears that wireless smart water metering is preferable, both on site and to the central database. The communication solution, and not the principles behind the measuring device, will be the decisive factor.

Innhold

1	Sammendrag og konklusjon	7
2	Bakgrunn	7
2.1	Formålet - hva vil man oppnå?	7
2.2	Handlingsalternativer	7
3	Muligheter i ny teknologi	8
3.1	Målere og sensorer	8
3.1.1	Sensor basert på reed-bryter	9
3.1.2	Sensor basert på magnetoresistiv teller.....	9
3.1.3	Sensor basert på Cyble el.l.	9
3.1.4	Andre målertyper	9
3.2	Avlesningsresultat fra måleren.....	10
3.2.1	Kablet forbindelse fra sensoren	10
3.2.2	Sensor med radiokommunikasjon (RF)	10
3.3	Kommunikasjon fra abonnent til VA-verket.....	11
3.3.1	Datakommunikasjon over telefonlinjer.....	11
3.3.2	Datakommunikasjon over mobilnettet	12
3.3.3	Datakommunikasjon over bredbåndskabel	12
3.3.4	Datakommunikasjon over strømnettet.....	12
3.3.5	Dedikert nettverk	13
3.4	Systemløsninger hos VA-verket.....	14
3.4.1	Generelle krav til Meter Data Management System.....	14
3.4.2	Eksempler på MDMS-løsninger	15
3.5	Kombinasjoner som kan være realistiske.....	18
3.5.1	Kabel hele veien	18
3.5.2	Kabel fra sensor, trådløst til VA.....	18
3.5.3	Trådløst hos abonnenten	19
3.5.4	Parallelle målere, med forsterker.....	19
3.5.5	Ambulerende avlesning fra bil.....	20
3.5.6	Ambulerende avlesning hos eller nær abonnenten.....	21
3.6	Samarbeid med andre leverandører	21
3.7	Praktiske erfaringer	22
3.7.1	Øystre Slidre kommune (5).....	22
3.7.2	Sandnes kommune (6).....	24
3.7.3	Sykkylven Energi (7).....	24
3.7.4	New York City, USA.....	25
3.7.5	Fayette County, West Virginia, USA	25
3.7.6	Oracles undersøkelse om AMA-prosjekter i USA	25
3.7.7	Oversikt over noen andre prosjekter	26
3.8	Løsninger for norske forhold	26
3.8.1	Generelle råd for valg av løsning.....	27
3.8.2	Områder med god GSM/GPRS-dekning	29
3.8.3	Områder med dårlig GSM/GPRS-dekning	30

4	Fordeler, ulemper og økonomiske effekter	31
4.1	Oversikt over fordeler ved noen realiserte AMA-prosjekter	31
4.2	Effekter hos VA-leverandør	32
4.2.1	Kontrollopgaver	32
4.2.2	HMS-hensyn	32
4.2.3	Redusert antall kundesvevende	32
4.2.4	Redusert kundekreditt.....	32
4.2.5	Redusert behov for purring.....	32
4.2.6	Redusert behov for avregningskjøringer	33
4.2.7	Lavere investeringsnivå på grunn av flatere forbrukskurve	33
4.2.8	Mer detaljert forbruksstatistikk (også mulighet for tilleggsdata, f.eks. trykk).....	33
4.2.9	Informasjonsbehov.....	33
4.2.10	Mulighet for varsling av tilbakestrømming, lekkasjer, sabotasje, etc.....	33
4.2.11	Redusert forbruk av innsatsfaktorer i produksjonen	33
4.2.12	Hvilke fordeler regner andre VA-verk med å oppnå ved sine prosjekter?.....	34
4.2.13	Oppsummering av effekter hos leverandøren	37
4.3	Effekter hos abonnenten.....	38
4.3.1	Redusert forbruk	38
4.3.2	Kvalitet i faktureringen	38
4.3.3	Bedre service	39
4.3.4	Mindre behov for å ta kontakt med VA-leverandøren.....	40
4.3.5	Mindre behov for å være hjemme pga målerkontroll.....	40
4.3.6	Slipper å lese av måler selv.....	40
4.3.7	Følelsen av å bli overvåket	41
4.3.8	Oppsummering av effekter hos abonnenten	41
5	Elementer i en analyse av cost/benefit.....	42
5.1	Investeringsbehov	42
5.1.1	IT-løsninger for AMA: MDMS	42
5.1.2	Vannmålere, kommunikasjonsutstyr og installasjon	43
5.2	Drift.....	43
5.3	Risiko	43
5.3.1	Teknologirisiko.....	43
5.3.2	Leverandørrisiko.....	44
5.3.3	Prosjektrisiko	44
5.3.4	Sikkerhet.....	45
5.3.5	Personvern.....	46
5.3.6	Pålitelighet i avlesningene.....	46
5.3.7	Noen kriterier for valg av leverandør	46
5.3.8	Den ideelle vannmåleren	47
6	Referanser	48
7	Vedlegg A: Ord og uttrykk som brukes i denne rapporten	50
8	Vedlegg B: Hvordan komme i gang med et lokalt AMA-prosjekt.....	52

Figurer

Figur 1: Måler med Cyble	9
Figur 2: Kamstrup Multical 41	9
Figur 3: Fra måler til faktura	11
Figur 4: Bruk av kraftlinje som signalbærer.....	13
Figur 5: Dedikert nettverk. Illustrasjon fra Tropos Inc. (2)	14
Figur 6: Antall daglige avlesninger (Ecologic)	15
Figur 7: Kamstrup PcBase II Kundevedlikehold	15
Figur 8: Modulær oppbygging av systemet.....	16
Figur 9: Aclara, VEE-funksjonen	17
Figur 10: Kablet kommunikasjon.....	18
Figur 11: Trådløst fra abonnent til MDMS.....	18
Figur 12: Trådløst hos abonnenten	19
Figur 13: Parallell målere.....	19
Figur 14: Ambulerende avlesning, trådløst	20
Figur 15: Avlesningsutstyr på renovasjonsbilene.....	20
Figur 16: Ambulerende avlesning, håndholdt	21
Figur 17: Felles infrastruktur for flere typer måleravlesninger. Illustrasjon fra Radiocrafts AS (4)	22
Figur 18: Kamstrup USB avlesningsenhet.....	23
Figur 19: Foreslått struktur for områder med god GSM/GPRS-dekning	29
Figur 20: Foreslått struktur for områder med dårlig GSM/GPRS-dekning, men med brukbar tilgjengelighet	30
Figur 21: Forventede fordeler (California)	35
Figur 22: Fordeler iht. CapGeminis undersøkelse	36
Figur 23: Avsløring av lekkasje	39
Figur 24: Årsak til lekkasjer og tap	40
Figur 25: Kriterier for valg av leverandør	46

1 Sammendrag og konklusjon

Vannmålere som er utstyrt for Automatisk MålerAvlesning (AMA) er i dag i ferd med å bli en moden teknologi. Det gjenstår likevel en del innen standardisering av komponenter og grensesnitt mellom disse. Ved valg av anerkjente leverandører vil risikoen i hovedsak være begrenset til leverandør-bindingen, og i liten grad til tekniske forhold. Det er likevel en krevende prosess å etablere alt som skal til for å kunne oppnå de fordeler AMA kan by på.

Til tross for at AMA innebærer betydelige investeringer og driftskostnader, vil det kunne være god økonomi i en satsing på innføring av slike løsninger. Reduksjon i vannforbruket er viktigste årsak til dette. Denne forbrukseffekten vil man for en stor del kunne oppnå også ved tradisjonelle målere, men uten de tilleggseffekter AMA gir innen kundebehandling, prosessforbedring og nøyaktighet.

2 Bakgrunn

2.1 Formålet - hva vil man oppnå?

Norske vannverk opplever i sitt arbeid med drift og vedlikehold av vannmålere at det stilles stadig større krav fra abonnentene om bedre kvalitet på tjenestene. Dette omhandler både informasjon, saksbehandling og bedre fakturerings tjenester. Det omhandler også et ønske om å kunne ha bedre oversikt over vannforbruket, og effektive prosesser for fakturering og kontroll.

Norsk Vann ønsker derfor å belyse om innføring av automatisk måleravlesning kan bidra til bedre måloppnåelse innen en rekke viktige områder:

- Effektivisering av kontrollrutiner
- Mer korrekte gebyrer
- Bedre service til kundene
- Lettere å oppdage lekkasjer

Miljøutfordringene er økende, og omfatter også vann- og avløpsfeltet. Innføring av vannmålere der hvor man tidligere har hatt arealberegnet gebyr kan være et tiltak som gir reduksjon i vannforbruket, og dermed også lavere volum avløpsvann. Slike miljøgevinster gjelder for fjernavleste vannmålere på samme måte som for tradisjonelle vannmålere.

2.2 Handlingsalternativer

Innføring av AMA er "i tiden", og noe som de fleste VA-verk er opptatt av. Det er likevel ikke slik at AMA er løsningen på alle problemer, eller at AMA er uten ulemper. Kostnadene er betydelige, både i investering og drift. Dagens manuelle avlesningsrutiner er ikke perfekte, men de har den fordel at de er enkle, forstås av alle og rutinene er velprøvde. Innføring av eventuelle nye løsninger må derfor innebære klare forbedringer på viktige områder, og kostnadene må kunne forsvares i forhold til de positive effekter som kan oppnås.

3 Muligheter i ny teknologi

Ved bruk av moderne vannmålere, kombinert med ulike former for kommunikasjonsutstyr, er det mulig å etablere en sammenhengende kjede som kan formidle avlesningsresultater fra vannmålere og inn til VA-verkets faktureringsystem. Tradisjonell manuell avlesning skal heller ikke glemmes: det er fortsatt mange situasjoner hvor dette er den rette løsningen. Den er enkel, robust og velprøvd, og vil fortsatt være et reelt alternativ. Men i dag har VA-verket flere alternativer, der funksjonene er rikere i de mer avanserte løsningene:

Tradisjonell måleravlesning	Automatisk måleravlesning - AMA	"Smart Water Metering" - SWM		
		Puls- / intervallmåler	Puls- / intervallmåler med hjemmenettverk	Puls- / intervallmåler med hjemmenettverk og toveis kommunikasjon
• Mekanisk måler • Manuell avlesning • Akkumulert totalforbruk	• Mekanisk måler • Elektronisk avlesning lokalt eller med kommunikasjon • Logging av forbrukstall • Akkumulert totalforbruk	• Mekanisk eller digital måler • Elektronisk avlesning med kommunikasjon • Logging av forbrukstall • Akkumulert totalforbruk • Forbruk per tidsenhet	• Mekanisk eller digital måler • Elektronisk avlesning med kommunikasjon • Logging av forbrukstall • Akkumulert totalforbruk • Forbruk per tidsenhet • Forbrukstall tilgjengelig i hjemmenettverk	• Mekanisk eller digital måler • Elektronisk avlesning med kommunikasjon • Logging av forbrukstall • Akkumulert totalforbruk • Forbruk per tidsenhet • Forbrukstall tilgjengelig i hjemmenettverk • VA-verk kan nå vannmåleren for kontroll, etc, gjennom hjemmenettverket

I avsnittene under ser vi på ulike komponenter som kan inngå i en løsning for Automatisk måleravlesning, der noen av dem har funksjoner som hører hjemme i kategorien "Smart Water Metering".

3.1 Målere og sensorer

De første testinstallasjonene for automatisk avlesning brukte et kamera som var festet på en tradisjonell vannmåler. Bildet av telleverket ble sendt elektronisk til programvare som kunne gjenkjenne sifrene (OCR-lesing). Metoden har ikke fått gjennomslag, både fordi avlesningen lett blir unøyaktig, men også fordi det nå er tilgjengelig rimelige vannmålere med innebygget utstyr for sending av målerstanden, eller elektromagnetiske givere som gjør at ettermonterte sensorer kan gi nøyaktig resultat. Unøyaktighetene skyldtes bl.a. vibrasjoner, støv og kondens på glasset over telleverket. Et praktisk forsøk i Seoul, Korea, viste at andelen pålitelige avlesninger startet på 87 % første år (2002), men sank år for år frem til det nådde 34 % i 2006 (1).

På grunn av disse problemene vil vi i denne analysen se bort fra ettermontering av utstyr på eldre målere uten elektromagnetiske givere. I det følgende ser vi på ulike måter nye målere kan brukes til AMA-avlesning og formidling av resultatene.

3.1.1 Sensor basert på reed-bryter

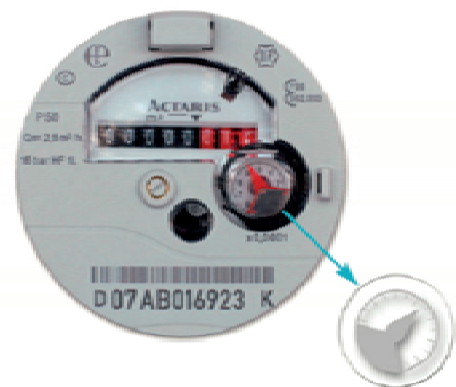
Denne typen tellere fungerer ved at en roterende magnet trekker til seg en tynn metallfjær, som kommer i kontakt med en fast del. Dermed slutes en strømkrets, og telleverket får en impuls for hver gang magneten roterer forbi metallfjæren. Slike målere kan være følsomme for magnetfelt utenfra, noe som kan gi forstyrrelser og muligheter for sabotasje.

3.1.2 Sensor basert på magnetoresistiv teller

Tellere basert på "anisotropisk magnetoresistans" (MR) bruker en sensor som inneholder et element som får endret elektrisk motstand når de utsettes for et varierende magnetfelt. Vannmåleren driver en roterende magnet på samme måte som for en reed-bryter, men det er endringen i elektrisk motstand i MR-elementet som trigger impulsene til telleverket. MR-elementet og den roterende magneten er bygget slik at enheten ikke er følsom for magnetisk påvirkning utenfra. Den er dermed mindre utsatt for sabotasje og forstyrrelser.

3.1.3 Sensor basert på Cyble el.l.

Avlesning av målere basert på cyble-prinsippet registrerer rotasjonen i en liten viser ("Cyble Target"). Denne viseren kan rotere begge veier, avhengig av hvilken vei vannet strømmer gjennom vannmåleren. Elektronikken fanger opp små induksjonsendringer i tre små spoler som viseren roterer forbi. Det er tre slike spoler, og avhengig av rekkefølgen viseren passerer spolene med kan elektronikken avsløre hvilken vei viseren har dreiet seg.



Figur 1: Måler med Cyble

Den minste pulsfrekvensen avlesningsutstyret kan formidle er én omdreining av skiven. Det kan legges inn multiplikasjonsfaktorer som gjør at utstyret bare sender en impuls for et multiplum av omdreininger, eksempelvis for hver 100 eller 1000 omdreininger. Siden målingen er basert på induksjon vil den være upåvirket av magnetiske forstyrrelser utenfra. Slike målere er robuste, og kan brukes i oversvømte kummer eller andre utfordrende steder. Det finnes cyblesensorer som har innebygget logikk for å akkumulere avlesningsresultater. Det gjør at man ikke behøver å telle impulser lenger opp i signalkjeden, men bare forholde seg til netto forbruk. Schlumberger har patentert Cyble™ Sensor-metoden, men den er lisensiert til mange produsenter.

3.1.4 Andre målertyper

De fleste vannmålere som er i produksjon i dag, og også de som for tiden installeres i størst antall, er av tradisjonelle mekaniske typer. Disse utstyres så med tilleggsutstyr for elektronisk avlesning. Men det er utviklet nye vannmåler typer, basert på andre prinsipper enn de tradisjonelle. Her er det ikke brukt mekaniske telleverk.

Eksempelvis har Kamstrup satset på målere som bruker ultralyd til å måle gjennomstrømmingen.

Når lyd sendes gjennom vannet, vil lydbølgene bruke lengre tid



Figur 2: Kamstrup Multical 41

fra sender til mottaker dersom vannet strømmer mot lyden, og tilsvarende kortere tid dersom vannet går i samme retning som lyden. Tidsforskjellen måles i nanosekunder, men i stedet for å ta tiden måler man heller faseforskyvningen mellom to lydsignaler som sendes samtidig, men i motsatte retninger.

Ultralydteknologien har potensial til å ha en svært lang levetid. Det er ingen bevegelige deler som kan slites, og det er ingen forsnevring i løpet som kan samle opp humus og andre hindringer. Derfor bør målertypen kunne være noe nær vedlikeholdsfri.

Kamstrups ultralydmåler inngår i et system av komponenter som er designet for AMA fra første stund. Det er ikke mekaniske telleverk her, men elektroniske måleverk, med logging av forbruksdata og med tett integrerte kommunikasjonsløsninger.

3.2 Avlesningsresultat fra måleren

Kommunikasjon av avlesningsresultater skal gå helt fra måleren og inn til VA-verkets fakturerings-system. Ulike kommunikasjonsløsninger kan brukes, og det vil normalt være behov for en sammen-satt kjede av komponenter og metoder for å etablere slike løsninger.

I avsnittene under ser vi på ulike metoder for å formidle avlesningssignalene fra måleren til det sentrale administrasjonssystemet, og videre til faktureringsystemet.

3.2.1 Kablet forbindelse fra sensoren

Signalet fra sensoren kan sendes videre til neste ledd i kommunikasjonskjeden ved bruk av kabel. Det er ulike alternativer for kablingen. I noen alternativer kan bare enkle pulser registreres. Da vil det ikke kunne skilles mellom ulike strømningsretninger. Ved bruk av fem-trådet kabel kan også rotasjonsretning registreres, og man kan dermed registrere tilbakestrømming gjennom vannmåleren. Ved dette kablingalternativet kan det også varsles om ledningsbrudd mellom sensoren og senderen. Det er også mulig å få ekstern strømforsyning til sensoren, men dette krever sekstrådet kabel. Kablet forbindelse kan egne seg for installasjoner der mange målere er montert i parallell, og der en kommunikasjonsenhet kan monteres i umiddelbar nærhet av målerne. For installasjoner i Europa er M-Bus (Meter-Bus) den dominerende standarden for kommunikasjon av målerresultater.

M-Bus er ikke et nettverk, og innebærer direkte kobling av det fysiske måleinstrumentet med en løsning for presentasjon av målerresultatene eller styring av målerne (kontrolleren). Standarden bygger på enkel og rimelig totråds kabling mellom måler og kontroller. Ved bruk av M-Bus kan utstyr fra ulike produsenter kobles sammen.

3.2.2 Sensor med radiokommunikasjon (RF)

Denne metoden bruker radiosignaler (*Radio Frequency, RF*) til å formidle avlesningene til neste ledd i kommunikasjonskjeden. Denne radiokommunikasjonen må ikke forveksles med trådløs innrapportering via mobilnettet (GSM/GPRS) - som jo også bruker radiobølger. Mellom sensor og kommunikasjonsenheten brukes spesielle kommunikasjonsmetoder for kortholds radiokommunikasjon, eksempelvis ZigBee:

ZigBee er en standard for enkel og rimelig trådløs kommunikasjon mellom enheter som skal kunne operere uten tilsyn og med minimalt strømforbruk. ZigBee organiserer selv et nettverk mellom nærliggende enheter, og bruker dette til å gi feiltoleranse: hvis en enhet svikter, vil signalene automatisk bli rutet videre til mottakeren via en annen rute. I prinsippet fyller ZigBee samme funksjon som Bluetooth gjør mellom en mobiltelefon og en trådløs hodetelefon, men ZigBee brukes der det er lavere krav til overføringskapasitet, eksempelvis til overføring av målerresultater eller styringssignaler,

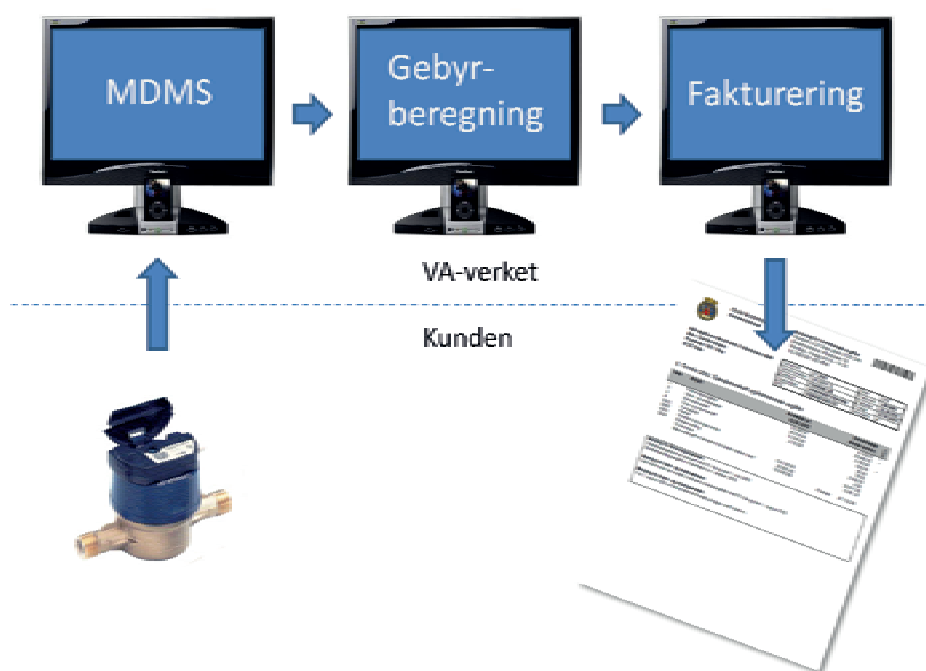
alarmer, o.l. En viktig egenskap ved ZigBee er at slike enheter kan "sove" mellom oppdragene, og kan vekkes regelmessig eller ved at de kalles opp. Dette bidrar til lavt strømforbruk.

ZigBee er ikke eneste mulighet for trådløs kommunikasjon mellom enhetene. Det finnes andre standarder, og også en "Wireless M-Bus", som gjør at M-Bus protokollen kan brukes trådløst.

En sensor med trådløs sending er like robust som varianten med kablet kommunikasjon. Siden både batteriet og all elektronikk er støpt inn i et plastmateriale er det tett og upåvirket av forurensning. Ulempen er at enheten i mange tilfeller ikke kan vedlikeholdes. Når batteriet er utbrukt etter 8-15 år må da hele sensoren skiftes ut. Leverandørene har valgt ulike løsninger på dette feltet.

3.3 Kommunikasjon fra abonnent til VA-verket

Det er behov for ulike komponenter som kan formidle avlesningsresultater elektronisk hele veien fra abonnenten og frem til VA-verkets mottak. Systemløsningen som mottar avlesningsdataene kalles ofte Meter Data Management System (MDMS).



Figur 3: Fra måler til faktura

Avsnittene under beskriver noen komponenter og metoder som kan brukes til å sende slike avlesninger gjennom hele signalveien fra vannmåler til VA-verket. Det er ikke alle kombinasjoner som er aktuelle i Norge. De mest aktuelle blir behandlet mer inngående.

3.3.1 Datakommunikasjon over telefonlinjer

Signalene fra kommunikasjonsmodulen kan sendes gjennom analoge telefonlinjer ved hjelp av et modem som oversetter de digitale signalene fra elektronikken til et analogt "lydsignal" som kan sendes gjennom det ordinære fasttelefonnettet. I mottakende ende står det også et modem. Her vil lydsignalene bli oversatt tilbake til digitale signaler som så kan rutes til sentral programvare for videre behandling. Denne metoden er fortsatt i bruk, men er lite aktuell for nyinstallasjon i dag.

3.3.2 Datakommunikasjon over mobilnettet

Her brukes infrastrukturen som er etablert for mobiltelefoni til å formidle "pakker" med digitale data. Det er ulike måter å bruke dette nettet på. GSM-nettet har i seg selv støtte for datatrafikk, men hastigheten er ikke særlig høy. Nyere måter å utnytte mobilnettet på er General Packet Radio Service (GPRS), EDGE og Universal Mobile Telecommunications System (UMTS). GSM og GPRS tilhører det såkalte andregenerasjons mobilnett (2G), mens UMTS tilhører tredjegerasjon (3G).

SMS er et eksempel på kommunikasjon som bruker de enkleste formene for datakommunikasjon i GSM-nettet, mens surfing på internettet gjennom mobiltelefonen benytter de mer avanserte metodene.

Generelt kan vi si at de eldste teknologiene har lavest hastighet, men best rekkevidde. Det henger sammen med frekvensområdet som brukes. GPRS kan derfor være best hvis det er langt mellom vannmålerinstallasjon og basestasjon, mens UMTS vil kunne være best i tettbygd strøk der det er kort avstand til basestasjonene. En del komponenter vil selv tilpasse seg den best tilgjengelige kommunikasjonsformen, uten at man behøver å gjøre noe selv.

3.3.3 Datakommunikasjon over bredbåndskabel

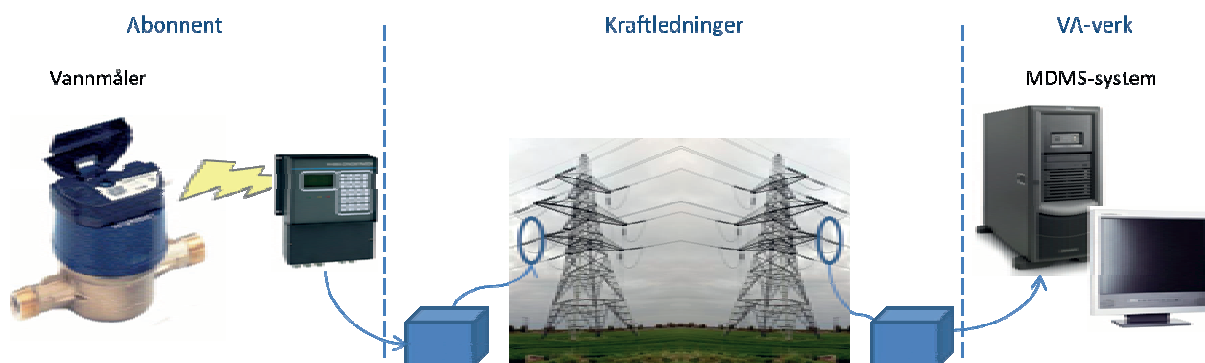
Dersom forholdene ligger til rette for det, vil direkte tilknytning til kablet bredbåndsnett kunne være attraktivt. Det er to hovedtyper av kablet bredbåndsnett: det ene bruker koaksialkabler - som ofte er blitt installert for kabel-TV, og det andre bruker faste telefonlinjer til å komme ut til abonnenten (ADSL). Begge metodene bruker altså delvis infrastruktur som allerede er installert av andre årsaker. Dette gjør at kostnadene ofte er relativt lave.

Her får man enkel, rask og pålitelig tilgang til internett, og kan rute signalene fra vannmålerens kommunikasjonsutstyr og rett til det sentrale mottakssystem hos VA-verket eller den service-leverandør VA-verket bruker.

Uheldigvis ligger det sjelden særlig godt til rette for slik tilgang. Det vil kunne kreves mer omfattende kabling i bygningen enn det som er praktisk gjennomførbart, og kostnadene vil derfor kunne bli høye. Dessuten vil det påløpe abonnermentskostnader som kan være lite tilpasset det formålet man har ved vannmåleravlesning.

3.3.4 Datakommunikasjon over strømmnettet

Det er mulig å sende avlesningssignaler over strømmnettet. Dette gjøres ved å la strømkablene formidle en høyfrekvent bølge som moduleres på en måte som kan fanges opp av avlyttingsutstyr som dekode det modulerte signalet til digitale data. Avlyttingsutstyret er bare følsomt for de små svingningene som ligger innen et definert frekvensområde, og vil ikke bli påvirket av strømmen forøvrig. Signalene kan i sin tur formidles videre til sentrale systemkomponenter, som f.eks. et avregnings- og faktureringsystem. Prinsippet ligner radio, med signalet sendes altså i strømkabelen og ikke ved trådløse radiobølger.

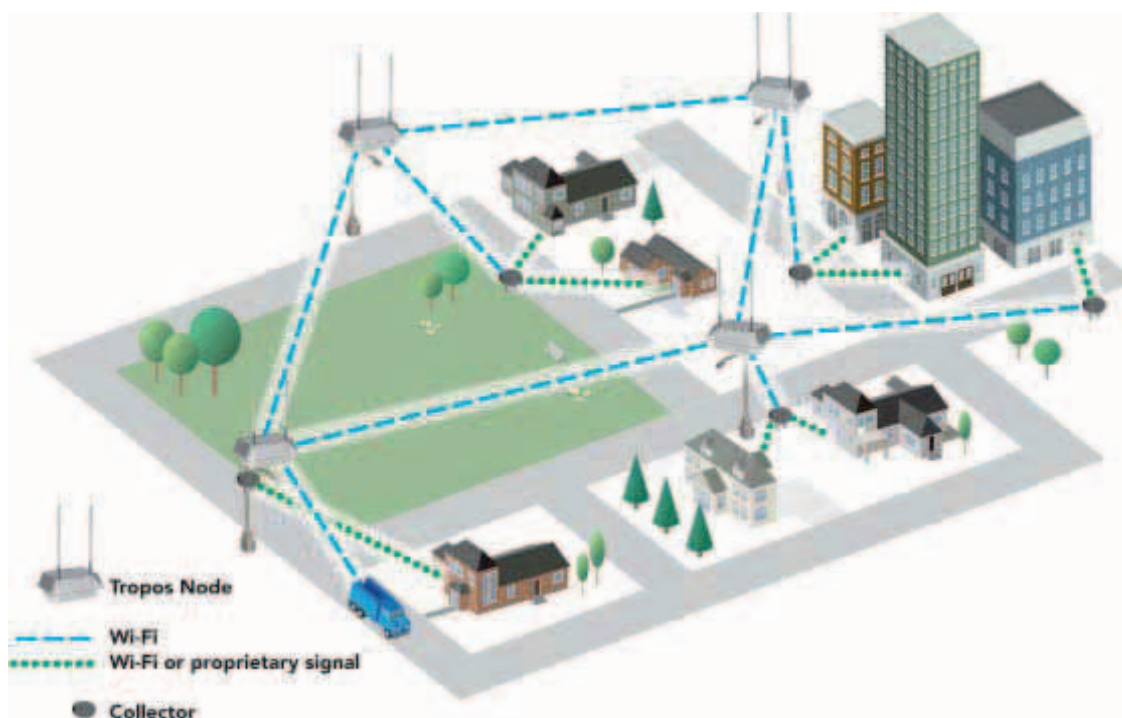


Figur 4: Bruk av kraftlinje som signalbærer

Rekkevidden er relativt kort, anslagsvis 700 meter. Dette gjør systemet uegnet ved spredt bebyggelse, men det kan være brukbart i byer der det er kort avstand mellom transformatorene. Det er rapportert om problematiske støykilder som kan gjøre avlesning umulig i større eller mindre områder. Slike forstyrrelser kan skyldes frekvensomformere som brukes til å regulere hastigheten til elektriske motorer, UPS-anlegg i datarom og også enkle lys-dimmere som er i bruk i mange hjem. Feilsøking og feilretting er vanskelig i slike tilfeller, og det er ikke uten videre slik at en industrivirksomhet vil skifte ut sine frekvensomformere fordi de gir vansker for strømavlesningen. Det vil lett bli uenighet om hvem som skal dekke kostnadene til slike endringer.

3.3.5 Dedikert nettverk

En av de første byer som satset på AMA var Corpus Christi, Texas. Her har man bygget et "community wide" nettverk som knytter et sentralt system for administrasjon av vannforsyning og avløpsbehandling med flere hundre tusen vannmålere. Kommunikasjonen er trådløs, og basert på egne noder som samler målerdata fra en rekke konsentratorer som i sin tur har samlet data fra en rekke målere i sitt nærområde. Systemet gir også bredbåndskommunikasjon for mobile vedlikeholdsarbeidere. Dette brukes bl.a. til styring av arbeidsstyrken mens de er ute i byen. Nettverksløsningen er robust for midlertidige avbrudd i kommunikasjonen, for signalene vil automatisk bli rutet i en annen retning dersom en node er satt ut av spill. Nettverket kan også brukes til andre typer kommunikasjon, for eksempel alarmer, overvåkning av prosesser, styring av trafikklys, etc.



Figur 5: Dedikert nettverk. Illustrasjon fra Tropos Inc. (2)

New York City er blant de byer som bruker et dedikert nettverk for formidling av vannmåler-avlesninger. Se eget avsnitt om New York (ref 3.7.4).

3.4 Systemløsninger hos VA-verket

For å få fullt utbytte av en omlegging til AMA er det nødvendig at man kan knytte sammen alle komponentene i en "hel-elektronisk" løype som starter med vannmåleren, formidler avlesningene til VA-verkets fagsystem der de gir et korrekt faktureringsgrunnlag som så kan dukke opp i fakturaene som sendes kunden. I økende grad vil også fakturerings- og betalingsprosessen være hel-elektroniske, men dette aspektet faller utenfor rammen av denne analysen.

3.4.1 Generelle krav til Meter Data Management System

Systemløsningen som skal motta avlesningsdataene kalles ofte Meter Data Management System (MDMS). Denne systemløsningen vil kunne være intern hos VA-verket, eller være en tjeneste som man abonnerer på. Løsningen brukes bl.a. til:

- Lagring av avlesningshistorikk på detaljert nivå for hver enkelt abonnent
- Avdekking av uvanlige forbruksmønstre, særlig med tanke på å oppdage lekkasjer
- Statistikker
- Styring av anleggsverdier, vedlikehold og utskiftingsbehov
- Tilrettelegging av data for andre systemer, f.eks. faktureringsystemet eller en kundeportal der kundene kan følge med på sitt forbruk

Effektiv håndtering av de avleste målerdataene er en betingelse for å kunne få full glede av moderne målere. De fleste systemløsninger som brukes for kommunal fakturering i dag vil kunne ta imot elektronisk innleste målerdata fra et MDMS. Men det er ikke utviklet allmenne standarder for hvordan slike data skal presenteres til faktureringsystemet, så tilpasning og utvikling må påregnes. Omfanget av slike tilpasningsarbeider vil kunne variere, og vil også omfatte en merkantil forhandling mellom VA-verket og leverandøren. Det behandles følgelig ikke videre her.

3.4.2 Eksempler på MDMS-løsninger

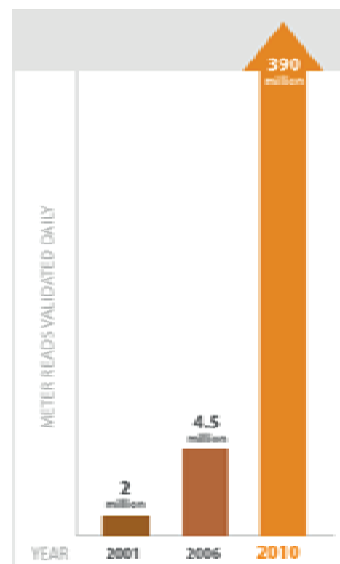
For å gi et inntrykk av hva slags leverandører som finnes på MDMS-markedet omtaler vi kort noen av dem her. Det finnes mange andre leverandører, og omtalen innebærer ikke at vi gir noen spesiell anbefaling av hva norske VA-verk bør velge. Det må avgjøres i hvert enkelt tilfelle ut fra VA-verkets krav, hvilke andre systemer MDMS'et skal spille sammen med, og de merkantile betingelsene.

Ecologic Inc.

Dette firmaet skal i følge egne tall (2) håndtere flere måler-avlesninger i USA enn alle sine konkurrenter. *Ecologic Analytics MDMS* kan knytte seg til alle vanlig forekommende teknologier for målere og fjernavlesning.

Systemet er bygget for Advanced Metering Infrastructure (AMI), slik at det legger til rette for toveis kommunikasjon med målepunktene.

En modul kalt Meter Reading Manager brukes til å overvåke avlesningene. Her kan det legges inn forretningsregler som bestemmer hvilken aksjon som skal tas i bestemte situasjoner, f.eks. ved manglende avlesningsdata. Systemet har funksjoner for å behandle avlesningsdata på alle relevante tidsoppløsninger, og vil håndtere prisforskjeller etter tid på dagen, normalforbruk og "overforbruk" med ulik pris, etc.



Figur 6: Antall daglige avlesninger (Ecologic)

Kamstrup AS

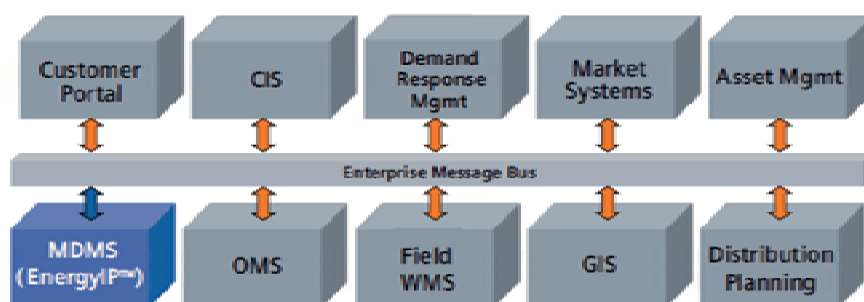
Kamstrup leverer enkle MDMS (PcBase II og PcBase III) for bruk med sine egne måler- og kommunikasjonsløsninger. Systemene skal også være i stand til å håndtere avlesninger fra andre leverandørers utstyr (3). De består av særskilte programmer for vedlikehold av kundedata (illustrert under), import fra håndholdt enheter, import av avlesningsdata fra nettet, ruteplanlegging for ambulerende avlesning, etc. Data lagres i MDMS-løsningens database, og kan eksporteres for videre bearbeiding i f.eks. faktureringssystemet.

The screenshot shows the 'Meters' window of the Kamstrup PcBase II software. It features a menu bar with options like New, Edit, Delete, Sorting, Find, Auto, Chomp, Print, Groups, and Read. The main interface is divided into several sections for data entry and management. The 'Meter' section includes fields for Meter No., Format No., Config. No., Meter type, and Readout method. The 'Log' section has fields for Date, Old time, New time, Meter reader, and Remark. The 'Customer' section contains fields for Customer No., Name, Address, Postal code/town, Telephone No., and Customer info. The 'Status' section includes fields for Status, Created, and Last edited. At the bottom right, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Figur 7: Kamstrup PcBase II Kundevedlikehold

Siemens AG

Siemens eMeter EnergyIP MDMS er en systemløsning som opprinnelig ble laget med tanke på strøm-målere, men den kan også tilpasses vannmålerdata (3). Et eksempel på en kunde som bruker denne MDMS-løsningen fra Siemens til å håndtere sine avlesningsdata fra vannmålere, er Burbank Water and Power i California, som har ca 26.000 vannabonnenter (3). Itron er leverandør av fjernavlesnings- og kommunikasjonsutstyret som brukes. Burbank Water and Power peker på lekkasjevarsling som en av fordelene dette prosjektet har gitt. Siemens har bygget MDMS-produktet på en modulstruktur som gjør at ulike behov kan dekkes med de samme data:



Figur 8: Modulær oppbygging av systemet

Gjennom kundeportalen kan forbruksdata gjøres tilgjengelig for kundene selv ("Min Side" el.l.). Kobling mot GIS-data gjør at man kan vise målepunktene i digitale kart. Asset management dreier seg om administrasjon av målere, planlegging av utskifting, osv.

Oracle Inc.

Oracle har bakgrunn som leverandør av databaseverktøy, men har gjennom mange år bygget seg opp som leverandør av mer eller mindre ferdige løsninger for en rekke bransjer. Forsyningssektoren er en av de nyeste, og Oracle har nå annonsert *Oracle Utilities Smart Meter Platform*. Her inngår *Oracle Utilities Smart Meter Data Management 2.0* som et MDMS-system (5). Løsningen har en felles portal som gir tilgang til målerdata for mange behov, både for avregningsformål, for servicefolk som skal ut i felten, for kundeservice, osv. Løsningen er modulært bygget opp, slik at kunden kan installere de moduler det er behov for, og la de andre være.

Aclara Inc.

Dette amerikanske selskapet har mange systemløsninger knyttet til forsyningssektoren, både strøm, vann og gass (6). MDMS-løsningen bygger på Oracles generelle databaseverktøy, og skal være svært tilpasningsdyktig i forhold til de krav som stilles av lokal infrastruktur, rapporteringsbehov, etc. *Aclara MDMS* kan settes opp som sentral datakilde for faktureringsdata, geografiske data (GIS), hydraulisk modellering osv. Det er lagt stor vekt på Validation, Estimation og Editing (VEE). Bildet viser et skjermbilde fra VEE-delen av systemet:



Figur 9: Aclara, VEE-funksjonen

Powel AS

Powel er en ledende leverandør av løsninger for forsyningssektoren i Norden. Omtrent 80 % av fjernavleste strømmålinger i Sverige skjer gjennom *Powel MDMS*, og man har også støtte for vannmålinger (7). Powel har lagt stor vekt på å være åpen for mange kommunikasjonsprotokoller. Det er også lagt vekt på å støtte alle aktuelle avlesningshyppigheter og -oppløsninger. Fra Powel MDMS kan man holde styr på komponentregister (asset management) og får støtte for administrasjon av vedlikehold, arbeidsordre for målerbytte, avlesing, kontroll, etc. Innsamlede og validerte måledata kan brukes videre i fakturering, men også til beregninger og rapporter. Forbruksdata kan også presenteres på web direkte for abonnenter.

Gurusoftware AS

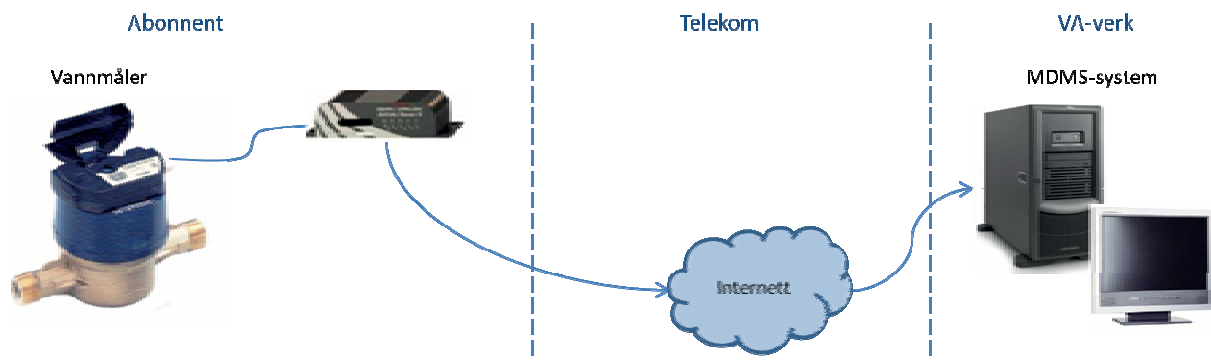
Gurusoftware Report™ er en bransjeløsning som er utviklet siden 1998, og som nå brukes av mer enn 50 norske vannverk (9). Løsningen er web-basert, og innebærer at avlesningsdata lagres hos Gurusoftware, som så kan presentere tilrettelagte rapporter eller datafiler med avlesningsdata fra fjernavleste vannmålere. Alle endringer lagres, slik at det kan lages oversikter over tidsserier. Gurusoftware kan også håndtere andre kritiske driftsdata, eksempelvis fra SCADA-systemer, laboratorier eller værdata. Det er støtte for vedlikeholdsstyring i Gurusoftware, slik at arbeidsordre kan skrives ut herfra. Løsningen har et spekter av andre virksomhetsrapporter, f.eks. avviksrapportering ut fra fastsatte grenseverdier, dokumentering av behov for tiltak, o.l.

3.5 Kombinasjoner som kan være realistiske

Formålet med AMA er å få pålitelig overføring av korrekte forbruksdata fra målerne og inn til avregningssystemet. Noen av de mulige metodene er beskrevet over. Det er et stort antall mulig kombinasjoner av utstyr langs denne signalveien. I avsnittene under omtales noen av de mer aktuelle alternativene.

3.5.1 Kabel hele veien

Den teknisk sett enkleste måten er å sende avlesningsdata gjennom kabel hele veien.

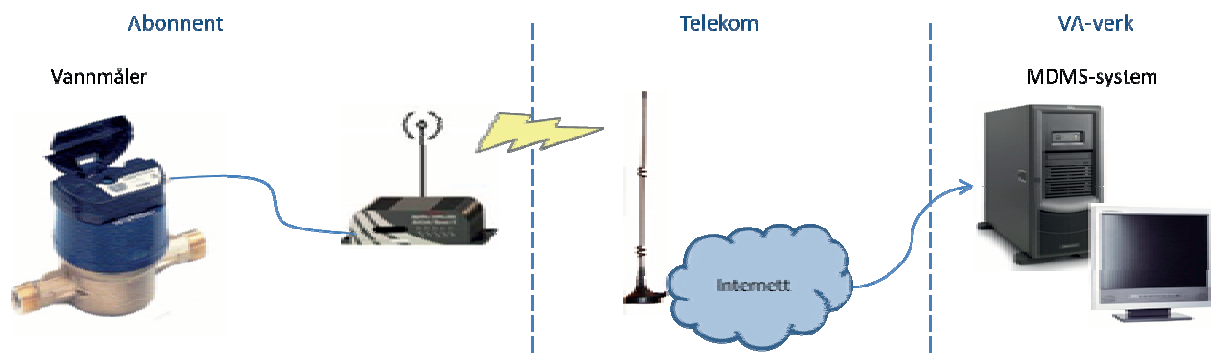


Figur 10: Kablet kommunikasjon

Det vil være ønskelig å kunne bruke eksisterende løsninger til å formidle signalene fra måler og inn til den sentrale løsningen. En slik infrastruktur for kommunikasjon finnes også, i form av telefon- og internettkabel. Men på grunn av de praktiske og juridiske problemene med å trekke kabel i andres bygninger vil det likevel være vanskelig å kunne gjøre dette hele veien. Det er spesielt de siste meterne frem til måleren som byr på utfordringer, og dette er den viktigste grunnen til at trådløse løsninger vinner frem på bekostning av kabel.

I eksempelet over vil signalene kunne bli sendt vha. en trådbundet kommunikasjon, f.eks. *M-bus*, fra sensoren til en lokal router. Denne vil konvertere signalene til TCP/IP og sende dem via internett til en modul i avregningssystemet som er laget for å tolke disse dataene. Her vil de bli identifisert mhp. hvilken kunde dataene gjelder, når avlesningen ble foretatt osv. Avlesningsdataene blir lagret i avregningssystemets database, og blir brukt i faktureringsprosessen når tiden er inne.

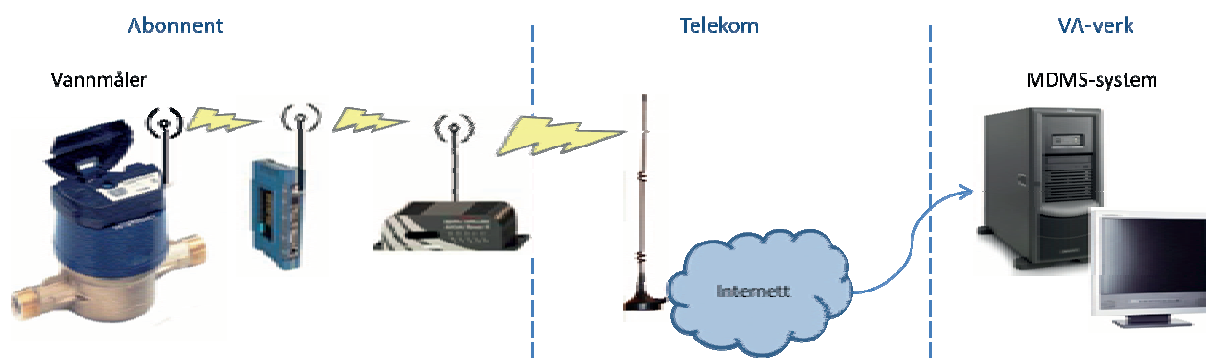
3.5.2 Kabel fra sensor, trådløst til VA



Figur 11: Trådløst fra abonnent til MDMS

Her er sendermodulen forbundet med kabel til sensoren, mens det kommuniseres trådløst inn til MDMS-systemet. I Norge vil bruk av GSM/GPRS være mest aktuelt.

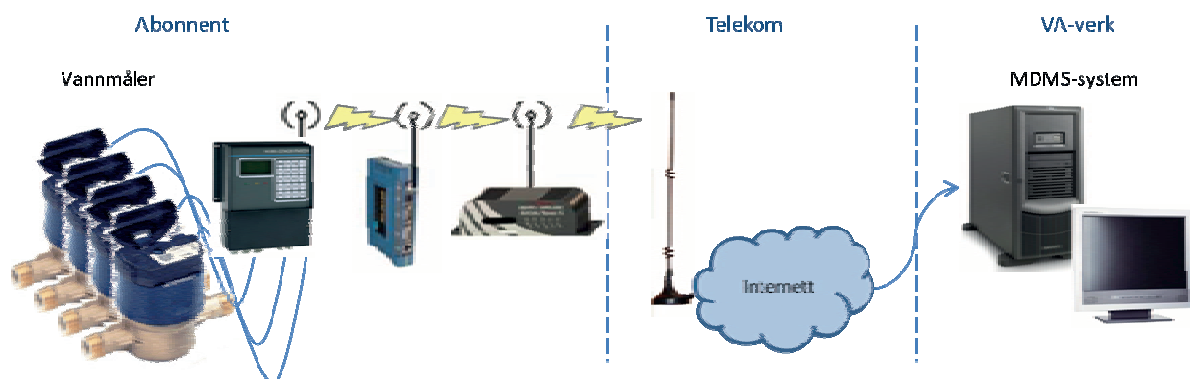
3.5.3 Trådløst hos abonnenten



Figur 12: Trådløst hos abonnenten

Trådløs kommunikasjon fra sensoren til en sendemodul er mye brukt internasjonalt. Det brukes en radiobasert kommunikasjon som bruker frekvensområder og sendestyrker som gir begrenset rekkevidde. Derfor kan det i mange tilfeller bli for dårlig signalstyrke ved mottakeren. Tykke vegger og gulv i armert betong vil svekke signalene, som i utgangspunktet har svært lav sendeeffekt. En eller flere forsterkere kan settes inn underveis. Disse forsterkerne er kombinerte mottaker- og sendeenheter som mottar RF-signaler og umiddelbart sender dem ut igjen med større effekt.

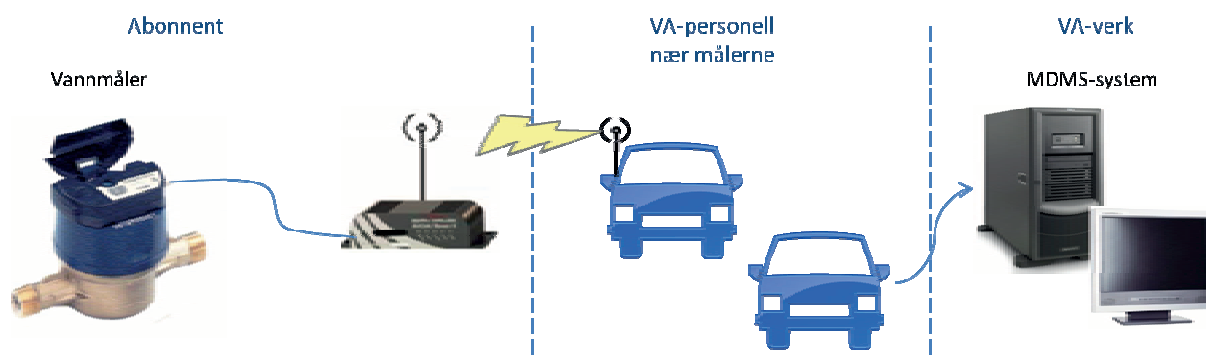
3.5.4 Parallelle målere, med forsterker



Figur 13: Parallelle målere

I dette oppsettet har man montert parallelle målere, der sensorene er kablet mot en konsentrator, som så sender avlesningsdata trådløst over GSM/GPRS til en MDMS-programvare som mottar avlesningene. Hvis målerne er montert dypt i kjelleretasjene, og med solide gulv mellom dem og sendemodulen, kan det være nødvendig med forsterkere underveis.

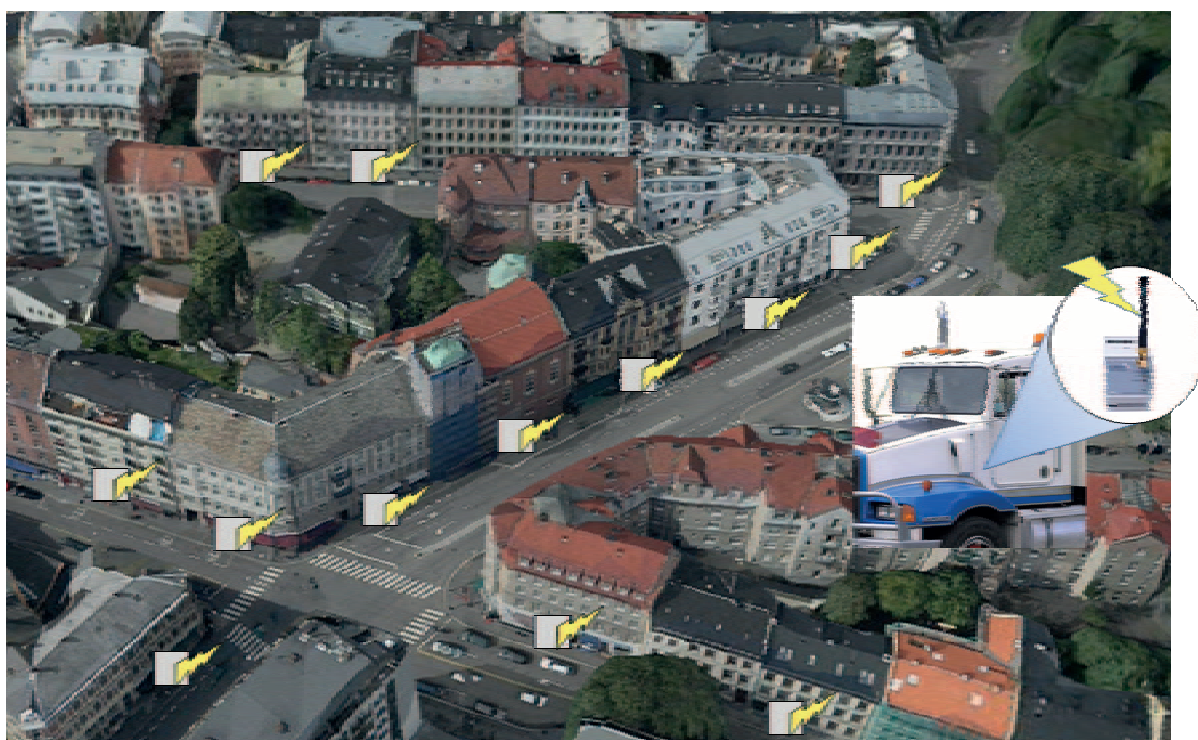
3.5.5 Ambulerende avlesning fra bil



Figur 14: Ambulerende avlesning, trådløst

Dette alternativet innebærer at det monteres mottaksutstyr i biler som kan kjøre rundt og avlese de målerne som bilen passerer. Det er flere byer som har brukt dette prinsippet (eksempelvis Las Vegas, se under).

En nærliggende mulighet er å montere avlesningsutstyret på kjøretøyer som av andre grunner beveger seg regelmessig rundt i hele byen, og renovasjonsbilene peker seg ut som aktuelle kandidater. Alle eiendommer besøkes jevnlig av renovasjonsbilene, og hvis man inngår avtale med renovatørene vil man kunne få en effektiv innsamling av data basert på dette prinsippet.



Figur 15: Avlesningsutstyr på renovasjonsbilene

Et eksempel på en by som bruker "omreisende" avlesningsbiler er Las Vegas. Her har de svært gode erfaringer med denne metoden. Signalene blir svært sjelden tapt, og hvis de blir det vil de ofte bli fanget opp ved neste passering. Man satser på 6-7.000 avlesninger per bil per dag. Så langt er 260.000 AMA-målere installert i Las Vegas, og det gjenstår ca. 125.000. Omtrent 2.500 målere installeres hver uke. Teknologien som er valgt gir mulighet for å lagre forbrukshistorikk i målerutstyret. De

er satt opp for å lagre inntil 74 dager med timebaserte avlesninger. Systemet er følgelig robust i forhold til tap av avlesninger og forstyrrelser som gjør det vanskelig å komme i nærheten av målerne. (4)

3.5.6 Ambulerende avlesning hos eller nær abonnenten



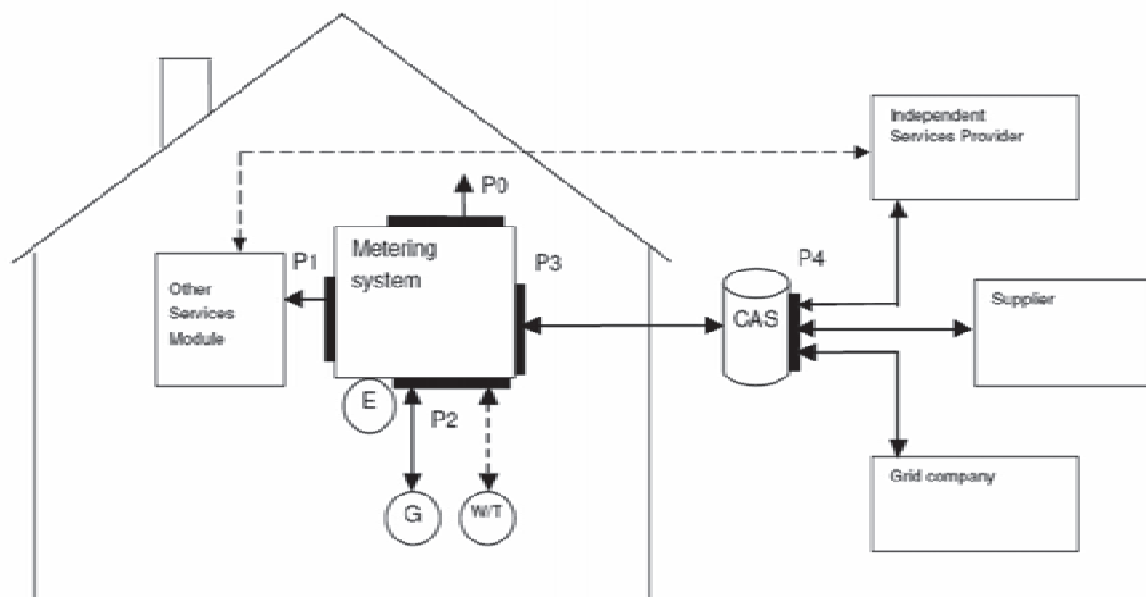
Figur 16: Ambulerende avlesning, håndholdt

Ved dette alternativet vil en representant for VA-verket besøke abonnenten eller i det minste oppholde seg nær nok til å kunne avlese RF-signalene fra sendemodulen. I forsøkene til Øystre Slidre kommune (ref 3.7.1) er det dette prinsippet som brukes. En håndholdt enhet mottar RF-signalene fra sendemodulen. Dette avleses når den håndholdte enheten plugges til MDMSsystemet (eller et forsystem for lagring og bearbeiding av avlesningsdata før de senere legges over i MDMS).

3.6 Samarbeid med andre leverandører

Det ligger godt til rette for at den infrastrukturen som settes opp for AMA vannmåling også kan brukes av andre tjenesteleverandører, i første rekke strøm og gass. I Norge er måling av gassforbruk lite aktuelt, men i resten av Europa er dette svært vanlig. Felles infrastruktur for formidling av avlesninger for vannmåling og strømforbruk er aktuelt i de fleste land, også i Norge.

I Nederland er det et lovkrav at de som opererer distribusjonsnett for elektrisitet skal installere "smarte målere" hos alle abonnenter. Dermed blir målerne en del av infrastrukturen som operatøren er pliktig til å vedlikeholde. Dette skal legge til rette for økt fleksibilitet og lave endringskostnader ved bytte av leverandør. Det er utviklet et sett med krav og standarder som skal gjøre det mulig å la andre leverandører bruke denne infrastrukturen (NTA 8130 / DSMR). Kravene innebærer at det vil være mulig å la vannmåler-sensorer sende avlesningsdata til smart-meteret. Dette skjer i en master-slave modell der smart-meteret vil kunne videresende avlesningsdata også for vann- eller gassmålere. (3)



Figur 17: Felles infrastruktur for flere typer måleravlesninger. Illustrasjon fra Radiocrafts AS (4)

Siden det er flere komponenter i signalveien som kan være felles for ulike interessenter, bør man være åpen for å samarbeide om løsningene, også i Norge. Dette er naturlig nok lettest å oppnå der det er samme leverandør innen flere områder, f.eks. Sykkylven Energi, som leverer både strøm og vann, men andre leverandøren kan også ha felles interesser.

Hensynet til abonnenten bør også veie tungt i avgjørelsen. Det vil være bedre for kunden å ha én felles kommunikasjonsboks for alle avlesningssystemer enn å ha en for hver av leverandørene.

3.7 Praktiske erfaringer

I avsnittene under beskrives enkelte AMA-prosjekter.

3.7.1 Øystre Slidre kommune (5)

Øystre Slidre kommunes vannverk på Beitostølen har 1.700 abonnenter, der 1.400 er eiere av hytter og fritidsleiligheter. Lav svarprosent ved måleravlesninger førte til mye stipulering av forbruk, og mange uklarheter. Særlig hytteeierne ønsket andre ordninger for måleravlesning enn tradisjonelle målerkort og avlesing ved årsskiftet. Fjernavlesning er et interessant alternativ.

Valdres Energi, som eies av kommunene Nord-Aurdal, Vestre Slidre og Øystre Slidre, har siden 2003 bygget ut fjernavlesning med målere fra Enermet (Landis & Gyr), og kan i dag fjernavlese nær alle sine abonnenter. Det ble fra kommunenes side vurdert fjernavlesning av vannmålere knyttet opp mot energiverkets system. Manglende ressurser i kommunene, samt at Valdres Energi mente de var kommet for langt i sin prosess, gjorde at videre samarbeid strandet.

Øystre Slidre kommune har ikke forlatt ønsket om å kunne fjernavlese kundenes vannmålere, og har brukt det kombinerte forretnings- og leilighetsbygget *Stølstunet* på Beitostølen som prøveprosjekt for montering av vannmålere for fjernavlesning. I bygget er all vannforsyning lagt i korridorhimlinger. Den enkelte kunde kan ikke foreta manuell avlesning slik vannforsyningen er lagt opp, og fjernavlesning ble valgt. Huseier ønsket å tilby spesifiserte regninger på fjernvarme og varmtvann til hver leilighet. Det var tre vannstrømmer som skulle måles:

- Forbruksmåling av kaldtvann (m³)
- Forbruksmåling av varmtvann (m³) og energiinnhold i varmtvann målt i kWh.
- Energimåling av vannbåren varme (radiatorvarme) målt i kWh.

Kommunen er eier av, og har framtidig vedlikeholdsansvar for, kaldt- og varmtvannsmålerne. Utbygger er eier av energimålerne. Kommunen bekostet innkjøpet av kaldtvannsmåleren og 50 % av varmtvannsmåleren. Utbygger bekostet 50 % av varmtvannsmåler og energimåler, og stod for all montasje.

Det ble innhentet tilbud fra tre anerkjente leverandører:

- AxFlow
- Siemens
- Kamstrup

AxFlow

AxFlows tilbud bygger på Residia Jet måler for både kaldt og varmt vann. På denne festes en radio-modul. Kommunikasjon mot den sentrale programvaren skjer gjennom et GSM-modem, med en eller flere kollektorer for å oppnå forbindelse mellom måler og modem. AxFlows opplegg for bearbeiding av målerdata er via en egen lisensiert programvare, fortrinnsvis plassert i egen server hos programvareleverandøren. Denne leverandøren tilbyr bearbeidede data, og kan tilrettelegge overføring til kommunens faktureringsystem Komtek. Det er også mulig å bruke en håndholdt PC til innsamling av data. Tilbudet fra AxFlow bygger på en velprøvd mekanisk vannmåler med en enkel radiomodul som kun teller pulser, og der all bearbeiding av data skjer i lisensbetalt programvare. Denne bindingen mot en bestemt programvare fant kommunen lite attraktiv.

Siemens

Brødrene Dahl kunne tilby vannmålere for fjernavlesing fra Siemens. Tilbudt utstyr var en tørrløper mekanisk vannmåler, men med et integrert elektronisk telleverk som hadde minne for akkumulering av vannforbruksdata og logg. Tilbudet hadde ikke tilfredsstillende beskrivelse av overføringssystem av data. Det virket som salgsapparatet for dette produktet ikke var etablert for å betjene kommunemarkedet ennå.

Kamstrup

Kamstrup tilbød vannmåler som er bygget på ultralyd-teknologi. Måleren har ingen bevegelige deler og ingen slidedeler. Siden den har tilnærmet samme rørtverrsnitt gjennom målerhuset har den ikke behov for siler. Dermed har den potensial for svært lang levetid. Måleren inneholder minnebrikke som logger målerdata.

Kamstrups fjernavleser for målerne er en enkel USB-pinne som kan lese av inntil 200 målere når den er tilkople PC eller en batterienhet.



Figur 18: Kamstrup USB avlesningsenhet

Programvare for registrering av målerdata finnes for fri nedlasting på leverandørens nettsider. Denne måten å lese av vannmålere virket svært anvendelig for Øystre Slidres formål, og både utbygger og huseier fant at systemet var velegnet.

Installasjon og bruk

198 varmt- og kaldtvannsmålere samt 106 energimålere fra Kamstrup ble montert i april 2010. Fjernavlesingssystemet basert på USB-pinnen fungerer tilfredsstillende. Fra Kamstrups programvare for

målerregistrering eksporteres det Excel-filer. Disse kan importeres til Komtek som grunnlag for faktureringen.

Vurdering av prøveprosjektet

Øystre Slidres prosjektleder trekker frem at Kamstrups løsning innebærer en teknologiutvikling, der ultralydteknologien i selve målerenheten har potensial til å være vedlikeholdsfri og ha en svært lang levetid. Her er det også brukt elektronisk telleverk med minne. Han mener det er et riktig prinsipp at måleren skal inneholde logg over avlesninger. Kamstrups elektronikkboks bør etter hvert kunne få en helt annen pris enn tilfelle er nå, og installasjonen av dette utstyret bør kunne forenkles.

Fra Øystre Slidres prosjektleder pekes det på at alle relevante data må kunne fjernavleses, slik at man unngår å oppsøke kunden for å lese spesielle logger. Ved fjernavlesing, særlig ved hyppige avlesninger, vil man ha et godt datagrunnlag for å parere spørsmål og klager fra kunden. Spørsmål om feil på måleren kan vurderes umiddelbart. Kommunen kan varsle høyt forbruk, og kan dermed avdekke vannlekkasjer. Ved lekkasjeskader kan forbruket dokumenteres i forbindelse med forsikringssaker.

Øystre Slidre kommune har besluttet å gå over til Kamstrups målere. Det er i annet halvår 2010 montert hos alle nye abonnenter (60 stk). Kommunen vil i 2011 begynne å skifte målere hos eksisterende kunder i enkelte soner av forsyningsområdet.

3.7.2 Sandnes kommune (6)

I Sandnes kommune er det gjennomført to prøveprosjekter, det første i 2000-04, og det andre i 2008.

Første prosjekt omfattet 29 målepunkter, og var preget av store problemer med pålitelighet i målingene. Programvaren *Mithra* ble brukt som sentralt system, og målerne var knyttet opp mot denne løsningen dels med bruk av fasttelefonlinjer og dels med GSM trådløs forbindelse. Prosjektet ble avsluttet i 2004. Usikkerheten i avlesningsresultatene var så stor at disse avlesningene ikke ble brukt direkte som grunnlag for faktureringen.

Andre prosjekt omfattet 14 målepunkter, og også i dette prosjektet var det innledningsvis store problemer med påliteligheten i avlesningene. Vannmålerne er fra AxFlow, og har ferdigmonterte pulstellere av reed-typen. Disse er koblet mot elektronikkaspe der det finnes GSM-basert kommunikasjonsutstyr. Det er samme type sentralt system i prosjekt 2 som i prosjekt 1: *Mithra*. Den opprinnelige sensoren viste seg uhensiktsmessig, og etter en tid ble det montert målere med sensor av typen HRI. Etter dette har avlesningene vært til å stole på for de målere som har HRI-sensor. Fra Sandnes kommunes side peker man på at *Mithra* ikke er en effektiv løsning for å følge opp avlesningene og behandle dem videre.

3.7.3 Sykkylven Energi (7)

Sykkylven Energi leverer både vann og strøm. Her har man startet installasjon av nye elektroniske kaldtvannsmålere fra Kamstrup. Utstyret skal inngå i et system for fjernavlesning av både vann og strøm. I den løsningen Sykkylven Energi har valgt vil man bruke radiobasert kommunikasjon der hver måler kan fungere som signalrouter for opp til 70 andre målere. Det gir høy driftssikkerhet, for systemet vil automatisk kunne rute signaler en annen vei dersom en enhet skulle svikte.

Sykkylven Energi fremhever lekkasjeovervåkning som en klar fordel ved de nye målere: "Vi har fått et mye mer presist bilde av vannforbruket nå, hvilket blant annet gir oss mulighet til å oppdage lekkasjer på et meget tidlig tidspunkt. Ingen av våre forbrukere kan ha en utett susterne veldig lenge uten at vi oppdager det."

Det brukes kaldtvannsmåler basert på ultralydsmåling (MULTICAL 41). Denne teknikken ble tatt i bruk av Kamstrup i 1991 og har vist seg ekstremt driftssikker. Siden enheten ikke har mekaniske slidedeler regner man med lang levetid. Med en startflow på bare 3 l/h blir også små vannmengder registrert.

3.7.4 New York City, USA

Programmet som tar sikte på å installere AMA hos alle abonnenter i løpet av 2012, er pr august 2010 i rute, med ca 417.000 abonnenter installert (7). Totalt investeres USD 252 millioner i denne løsningen, som skal omfatte 875.000 målepunkter. Prosjektet ble besluttet på grunnlag av et pilotprosjekt på bare 200 installasjoner.

I NYC brukes et særskilt trådløst nettverk til å formidle avlesningsresultatene inn til den sentrale databasen. Dette nettverket (*New York City Wireless Network*) er utviklet, og eies, av Department of Information Technology and Telecommunications. De enkelte målerne sender avlesninger trådløst til små konsentratorer som kan være montert på hustakene. Disse sender i sin tur avlesningene trådløst til "by-nettverket".

Abonentene vil få innsyn i eget forbruk gjennom egne web-løsninger. For de fleste vil det være fire avlesninger daglig, mens store forbrukere vil kunne ha avlesninger hver time. Det vises også aggregert forbruk over dager, uker, måneder og år, og abonnenten kan se hvordan utviklingen er i forhold til tidligere perioder. I følge NYC vil AMA gi innsparinger ved å eliminere behovet for manuelle avlesninger, og vil redusere antall klager.

3.7.5 Fayette County, West Virginia, USA

Her fikk de 12.000 innbyggerne i løpet av 2010 installert AMA-utstyr som også kontinuerlig lytter etter lekkasjer. Denne teknologien (continuous acoustic monitoring, CAM), vil kunne gjøre VA-verket i stand til å oppdage lekkasjer på et tidlig tidspunkt. VA-verket kan kontakte abonnenten for å sjekke om det er en plausibel forklaring på at det høres ut som om det er en vannlekkasje, for eksempel at man holder å fylle et badebasseng. Hvis det ikke er slike forklaringer kan man rykke ut for en grundigere undersøkelse. Dette vil kunne spare store kostnader ved at man unngår undergraving av hus og veier, og vil redusere sannsynligheten for mer langvarige driftsavbrudd.

Systemet skal være i drift ved slutten av 2010, og ventes å redusere vanntapet med nær en tredel. I et pilotforsøk var resultatene så lovende at man regner med at løsningen vil betale seg i løpet av bare to år. Ved å avsløre små lekkasjer før ledningene svikter fullstendig vil VA-verket bidra til å unngå store tap av vann, og ikke minst unngå svært kostbare skader på infrastruktur og tilgrensende eiendommer.

3.7.6 Oracles undersøkelse om AMA-prosjekter i USA

Oracle har undersøkt hvordan ledere for 300 amerikanske VA-verk ser på AMA (7). Det viser seg at 68 % anser AMA for å være av stor betydning, og 33 % vurderer å sette i verk AMA-prosjekter. I følge denne undersøkelsen, er 75 % av de som har vært tidlig ute med sine prosjekter bekymret for kapitalkostnadene, og 62 % har bekymringer knyttet til driftskostnadene.

Blant hele gruppen på 300 VA-verk var det 46 % som slet med å vise til målbare økonomiske gevinster ("return on investment") og 42 % som hadde problemer med å rettferdiggjøre investeringene ("up-front costs"). Dette var de to forholdene som i størst grad stod i veien for implementering av AMA.

Til tross for vanskelighetene med å vise lønnsomhet før beslutningen tas om investeringer, ser det likevel ut til at AMA kommer sterkt: En rapport i *Water World* i 2008 viser til at det da var omkring 14.000 VA-verk i USA som brukte AMA i større eller mindre grad, og dette dekket ca 28 % av de ca 83

millioner abonnenter man har totalt (12). I *The Scott Report* (2007) sies det at det er ca 10.000 AMA-prosjekter i gang, og av disse gjelder ca 4.000 prosjekter vannmålere. Videre har Howard A. Scott funnet at ca 40 % av alle vannmålere i USA nå leses av vha ulike AMA-teknikker (13).

3.7.7 Oversikt over noen andre prosjekter

I tabellen under er det satt opp en oversikt over enkelte prosjekter som VA-verk i Australia, Canada og USA har gjennomført, eller holder på med (10).

	Antall målere ved full imple- mentering	Antall målere i pilotforsøk	Leverandør	Tids- oppløsning	Knyttet til el- måler	Kommuni- kasjon	Tilknytning mot faktura- system	Innsyns- løsning for kunder
Wide Bay Water, Australia	22.000	1.500	Elster	1 time		Trådløst til mobile lesere	Foreløpig manuell behandling	Ja
South East Water, Melbourne, Australia		50	AMPY	1 min	Trådløst til felles kommunika- sjonsmodul			Ja
ActewAGL, Canberra Australia		1.000	Ikke bestemt	1 time (forslag)	Trådløst til felles kommunika- sjonsmodul		Endring av database- system	
Toronto, Canada	468.000		Elster	1 time		Trådløst til komm. noder i nabolaget		
Detroit, USA	278.000		Itron	4 timer		Trådløst til komm. noder i nabolaget		
Chicago, USA	162.000		Badger	1 time		Trådløst til mobile lesere		Ja
Atlanta, USA	150.000	493	Neptune			Trådløst til mobile lesere		
Philadelphia, USA	472.000		Itron			Trådløst til mobile lesere		
San Marcos, USA	30.000	500	EKA Systems	30 min	Trådløst til felles kommunika- sjonsmodul	Trådløst		Ja

3.8 Løsninger for norske forhold

På bakgrunn av de teknologiske mulighetene som foreligger i dag, de erfaringer som er trukket i Norge og i andre land, kan det se ut til at en innføring av AMA-målere basert på trådløs kommunikasjon er å foretrekke, både internt hos abonnenten og fra abonnenten og inn til den sentrale løsningen. Det er kommunikasjonsløsningen som er avgjørende, ikke prinsippene bak selve målerenheten.

3.8.1 Generelle råd for valg av løsning

Komponent i løsningen	Anbefaling	Begrunnelse
Måler	Velg et anerkjent merke. Det er ikke viktig hvilket måleprinsipp måleren bruker. Må ha innebygget eller være forberedt for, trådløs sendemodul	Det bør velges modulære enheter (måler, sensor, kommunikasjons-enhet) som passer sammen i et velprøvd system. Derfor bør man ha samme leverandør for alt utstyr som står hos abonnenten, slik at leverandøren får tilby en "pakke" som omfatter mest mulig av signal-veien. Den sentrale administrasjonsløsningen (MDMS) kan evt. velges fra annen leverandør.
Sensor	Velg den løsning som måler-leverandøren anbefaler i Norge	
Forsterker	Brukes ved behov. Velg den rimeligste løsningen som er god nok for de lokale forholdene, men heller ikke mer	
Kommunikasjon hos abonnent	Velg helst modulære kommunikasjons-enheter. De må passe sammen med sensor og evt. forsterker	
Kommunikasjon fra abonnent til sentral	<u>Områder med god GSM-dekning:</u> - GSM/GPRS -basert kommunikasjon <u>Områder med dårlig GSM-dekning, men med brukbar tilgjengelighet:</u> - Ambulerende avlesning basert på ZigBee eller Wireless M-bus kortholdskommunikasjon <u>Områder med dårlig GSM-dekning og dårlig tilgjengelighet:</u> - Kundens egenavlesning	GSM/GPRS har god dekning i det meste av landet og relativt lave priser. Bør brukes der det er mulig. Ambulerende avlesning kan brukes der man enkelt kan komme innen ca 500 meter fra abonnentene, (f.eks. hyttefelt). Ved spredt bebyggelse med dårlig GSM-dekning er fjernavlesning neppe å anbefale.
Sentral løsning (MDMS)	<u>VA-verket ønsker kontroll over løsningen, og har egen IT-kompetanse:</u> - Velg en løsning som VA-verket kan videreutvikle og integrere med gebyrberegnings- og fakturasystem. <u>VA-verket ønsker outsourcing av IT-løsningene sine, og kjøp av tjenester:</u> - Velg en tjenesteleverandør som f.eks. Gurusoft.	Eierskap til løsningene er viktig for noen VA-verk, og forutsetningene er også forskjellige. Retten til tilgang til egne data er essensielt i begge tilfeller.

Det er mange produsenter som har målere, kommunikasjonsutstyr og erfaring på dette feltet, og en del av disse er godt representert i Norge - selv om det meste av erfaringen gjelder installasjoner i andre land.

Denne rapporten kan ikke gi svar på hvilken leverandør det enkelte VA-verk bør velge. Valget vil være avhengig av bl.a:

- Lokal tilgjengelighet og leveringsdyktighet
- Pris, som igjen er avhengig av VA-verkets forhandlingsstyrke
- Standardiseringsønsker

For en mer omfattende liste av kriterier, se avsnitt 5.3.7 under.

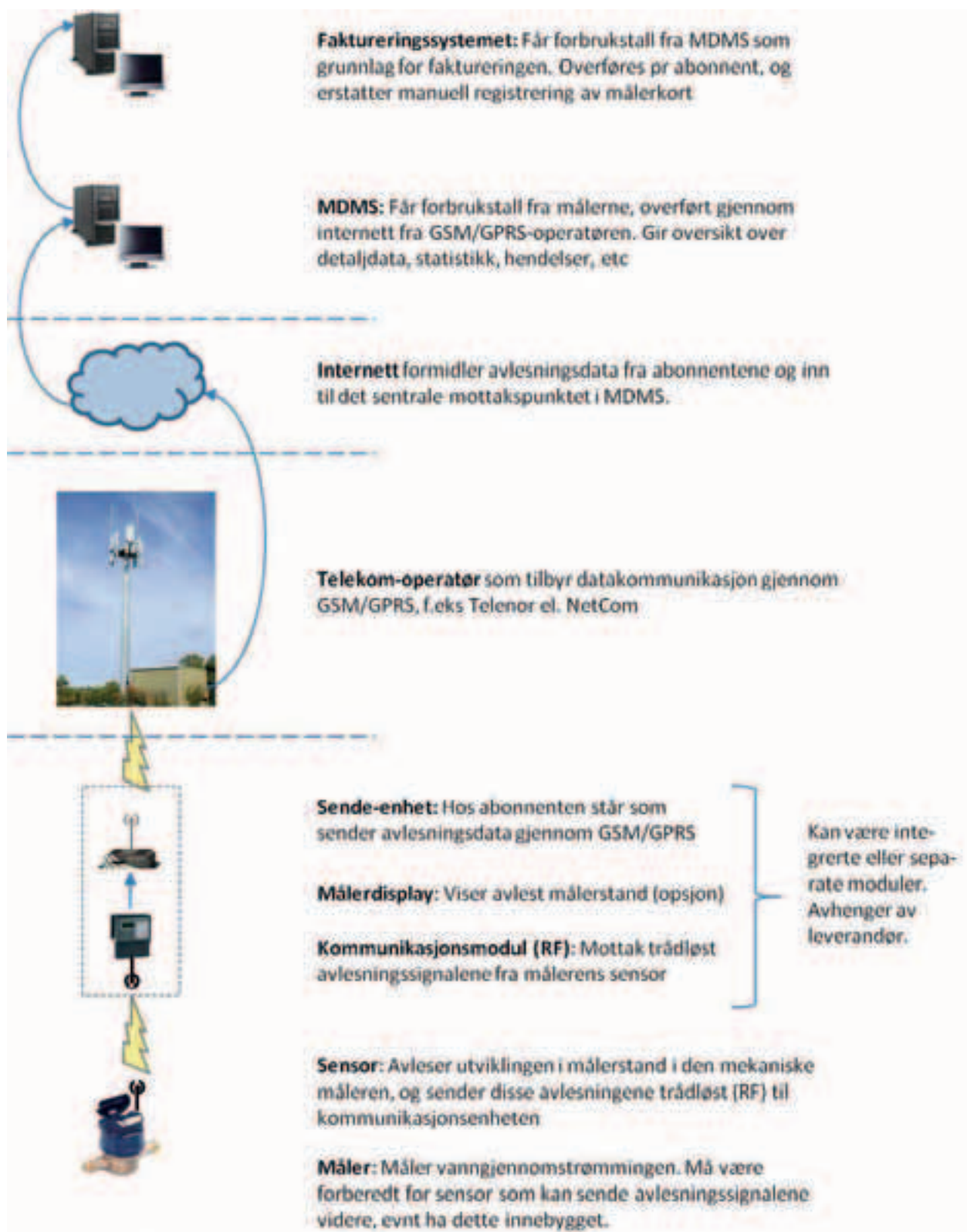
Større anskaffelser vil være underlagt lov og forskrift om offentlige anskaffelser, noe som skal legge til rette for en effektiv konkurranse mellom leverandørene. Her er det viktig at VA-verket tilrettelegger konkurransebetingelsene slik at leverandørene kan spille ut sine beste kort uten for sterke føringer.

Mange leverandører har tilrettelagt brosjyrer og installasjonsveiledninger på nettet. Her er det god informasjon å finne for den som vil vite mer om de ulike leverandørenes løsninger.



I de følgende avsnittene er det illustrert et par "komplette systemer" som vil kunne formidle avlesningsdata fra måler til faktureringsystem. Men av de grunner som er nevnt over er det ikke konkretisert til bestemte leverandører.

3.8.2 Områder med god GSM/GPRS-dekning



Figur 19: Foreslått struktur for områder med god GSM/GPRS-dekning

3.8.3 Områder med dårlig GSM/GPRS-dekning



Figur 20: Foreslått struktur for områder med dårlig GSM/GPRS-dekning, men med brukbar tilgjengelighet

4 Fordeler, ulemper og økonomiske effekter

4.1 Oversikt over fordeler ved noen realiserte AMA-prosjekter

I tabellen under er det satt opp en oversikt over enkelte fordeler (økonomiske og kvalitative) noen VA-verk i Australia, Canada og USA påberoper seg som en konsekvens av AMA-prosjektene de har gjennomført (10). Som man vil se er det ikke så mye som er kvantifisert.

Prosjekt	Svinn		Styring av ressurser	Reduserte kostnader		Fordeler for kunden			
	Avsløre lekkasjer	Redusere ikke-målt forbruk		Avlesning	Administrasjon	Redusert forbruk	Økt tilfredshet	Innsikt i forbruk	Nye tariffer
Wide Bay Water, Australia	Ja: Ned 182 mill liter/år		Ja			Ja: Ned 914 mill liter/år	Ja		Ja
South East Water, Australia	Ja		Ja			Ja: Ned 11 %	Ja	Ja	
ActewAGL, Australia	Ja		Ja	Ja	Ja	Ja		Ja	Ja
Toronto, Canada		Ja: Ned 28 MCAD/år	Ja	Ja: Ned 5 MCAD/år					Ja
Detroit, USA				Ja	Ja				
Chicago, USA	Ja	Ja		Ja	Ja	Ja	Ja		
Atlanta, USA	Ja	Ja		Ja	Ja			Ja	
Philadelphia, USA		Ja		Ja: Ned 2,75 MUSD/år	Ja		Ja: Ned 20 % henv på telefon	Ja	
San Marcos, USA	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		Ja	

4.2 Effekter hos VA-leverandør

Internasjonalt ser det ut til at den viktigste driveren for innføring av AMA er at man sparer personell-kostnader til avlesning av målerne. Det vanligste er at man har folk som besøker den ene abonnenten etter den andre for å lese av målerne. Egenavlesning er normalt i Norge, men sjelden internasjonalt. Derfor blir potensialet for å spare kostnader lavere i Norge enn andre steder. Men det er andre effekter som kan ha betydning:

4.2.1 Kontrolloppgaver

Det varierer hvor ofte VA-verkene kontrollerer installerte vannmålere. Behovet for kontroll av vannmålere vil kunne reduseres noe ved overgang til AMA-målere.

- Noen AMA-målere kan gi automatisk varslinger av vedlikeholdsbehov
- Innføring av AMA vil normalt skje sammen med innføring av et MDMS, som gir grunnlag for bedre styring av vedlikeholdsrutiner
- AMA og MDMS gir også mulighet for automatisk varslings av lekkasjer
- Ved noen typer AMA kan man "kalle opp" vannmåleren for å sjekke status, gjøre avlesning, etc. ("Smart Metering")
- AMA gir innsikt i forbruket på detaljert nivå, og kan gi muligheter for å avsløre uberettiget forbruk

4.2.2 HMS-hensyn

En del eksisterende vannmålere er plassert på steder som er vanskelig tilgjengelige, og som det kan være risikabelt å avlese. Det dreier seg særlig om kummer, der trafikk, gassfare, fuktighet og rotter innebærer risiko og ubehag. I tillegg krever HMS- og arbeidsreglement at minst to personer er til stede ved avlesningen på slike steder. Det vil følgelig være attraktivt å installere AMA-målere på slike steder.

4.2.3 Redusert antall kundeserviser

Mange VA-verk får henvendelser som dreier seg om hvordan vannavgiftene er beregnet. Ved innføring av vannmålere vil det bli lettere å forklare hvordan gebyret blir til, men dette gjelder både ved tradisjonelle målere og AMA-målere. Ved innføringen av nye vannmålere i Gävle ble det en uvesentlig endring i kundeserviser. I en endringsfase kan det uansett ventes økt pågang. Ved bruk av AMA vil ventelig det totale antallet henvendelser i stabil driftsfase være noe lavere enn dersom tradisjonelle vannmålere ble brukt, siden abonnenten i mindre grad behøver å engasjere seg i vannmåleravlesning. Alt i alt ventes effekten å være liten, men her er usikkerheten stor.

4.2.4 Redusert kundekreditt

Denne effekten er viktig for mange VA-verk som innkrever betaling etterskuddsvis. Ved AMA-måling kan man få pålitelige avlesningstall uten å være avhengig av andre. Faktureringsfrekvensen kan også gjøres kortere.

4.2.5 Redusert behov for purring

Ved AMA behøver man ikke purre på avlesningene. Ofte brukes stipulering av forbruket som alternativ til avlesninger der hvor avlesninger til tross for purringer ikke foreligger i tide, og det er én av grunnene til avvik mellom budsjett og realitet. Ved fjernavlesninger vil behovet for slike purringer bli borte, og budsjettavviket vil kunne reduseres.

4.2.6 Redusert behov for avregningskjøringer

Ved løpende avlesninger vil behovet bli borte for avregningsfakturerings. Eventuelle endringsfaktureringer vil kunne tas i forbindelse med neste ordinære fakturerings, for avvikene vil normalt ikke bli store.

Dersom det er installert AMA-måler, vil det ved eierskifte være vesentlig enklere å fastslå hva henholdsvis gammel og ny eier skal betale for vann og avløp. Dette kan fastslås nøyaktig, basert på daglige avlesninger.

4.2.7 Lavere investeringsnivå på grunn av flatere forbrukskurve

VA-systemene må dimensjoneres etter maksimalt forbruk. Dette maksimalnivået kan være noe lavere ved flatere forbrukskurve. Dermed kan også investeringsnivået være noe lavere enn dersom profilen holdes som i dag. Det finnes erfaringer i andre land som viser at dette faktisk kan skje.

Blant annet har Wide Bay Water i Australia vist til utsatte investeringer. Begrunnelsen er at den informasjonen de får gjennom AMA-systemene gjør dem i stand til å få mer nøyaktig hydraulisk modellering av sitt forsyningssystem. Dette gir mer nøyaktige resultater enn beregning vha standard-modeller. Der hvor standardmodellene viser flaskehalsproblemer som normalt ville gitt signal om investeringer i økt kapasitet, viser den AMA-baserte modellen at dette ikke er nødvendig (16).

4.2.8 Mer detaljert forbruksstatistikk (også mulighet for tilleggsdata, f.eks. trykk)

Enkelte VA-verk bruker detaljert forbruksstatistikk til å forbedre sine hydrauliske modeller. Det er mulig å supplere enkelte AMA-målere med sensorer for bl.a. trykk og temperatur.

4.2.9 Informasjonsbehov

Ved endringer i hvordan VA-avgiftene skal beregnes kreves det informasjon. Det forligger ikke gode erfaringstall for innsatsen som må påregnes, men Oslo kommune har anledning til å bruke faktureringskjøringene for kommunale eiendomsavgifter til å distribuere tilleggsmateriale til abonnentene. Dette kan om nødvendig styres ned til hver enkelt abonnent.

4.2.10 Mulighet for varsling av tilbakestrømming, lekkasjer, sabotasje, etc

AMA-teknologien gir muligheter for varsling av tilbakestrømminger og andre driftsforstyrrelser. Det er et åpent spørsmål om behovet for dette er stort eller lite. Ved å innføre muligheter for å følge med på slike hendelser pådrar etaten seg også et implisitt ansvar for å gjøre noe med de som måtte oppstå. Her kan det komme inn juridiske konsekvenser dersom skader oppstår, og VA-verket hadde muligheter for å oppdage hendelsen, men ikke gjorde noe med den.

4.2.11 Redusert forbruk av innsatsfaktorer i produksjonen

Det er observert at vannforbruket vanligvis synker når man går over til målt forbruk. Det gjelder både i Norge og i andre land. AMA vil ikke i seg selv påvirke vannforbruket i større grad enn vannmålere av tradisjonell type. Derfor er ikke besparelser i forbruket av innsatsfaktorer et argument for innføring av AMA spesielt, men det er et argument for innføring av forbruksmåling generelt. For norske VA-verk som vurderer overgang fra arealberegnet forbruk til målt forbruk vil denne effekten være viktig, og den vil kunne telle med i vurderingen av om satsing på AMA kan være regningsvarende.

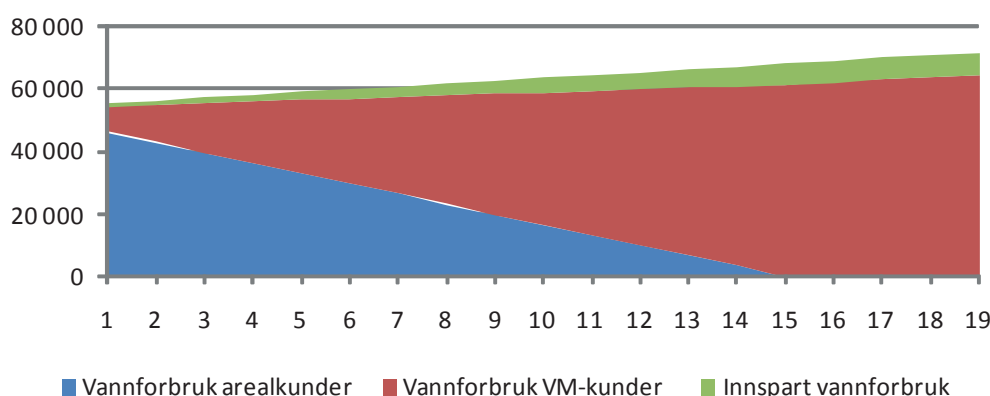
Reduksjonen ved overgang til målt forbruk varierer, men er typisk i området 10-15 %. For norske forhold vil vi også anta at vi får en slik effekt, men at denne reduksjonen vil være i det nedre området. Dette skyldes at vann er relativt billig i Norge, og at det økonomiske incentivet til å spare er mindre enn i mange andre land. Det hører med i dette bildet at det ikke først og fremst er utsikten til reduserte utgifter som gir reduksjon i vannforbruket, men vel så mye oppmerksomheten og

bevisstheten man får ved å se et objektivt mål for forbruket. Dette er tydelig vist ved undersøkelser i Australia, selv om vannet der er svært kostbart sammenlignet med norske forhold. (7)

Eksempelet under illustrerer hva innføring av vannmåling vil kunne bety i Oslo dersom man skulle bestemme seg for å innføre vannmålere for alle (men vi understreker at det ikke er fattet noen beslutning om dette). Vi legger til grunn et forsiktig anslag på 10 % reduksjon i forbruket ved overgang til vannmålere, sammenlignet med hva forbruket ville ha vært ellers.

	År 0	År 1	År 2	År 3	År 4	År 18	År 19	År 20
Produsert vannvolum, som i dag 1000m ³	54 060	54 968	55 875	56 782	57 689	70 391	71 299	72 206
Vannforbruk arealkunder		45 941	42 659	39 378	36 096	0	0	0
Vannforbruk VM-kunder		8 124	11 894	15 664	19 434	63 352	64 169	64 985
Sum vannforbruk med VM og sparing		54 065	54 553	55 042	55 530	63 352	64 169	64 985
Innspart vannforbruk		903	1 322	1 740	2 159	7 039	7 130	7 221

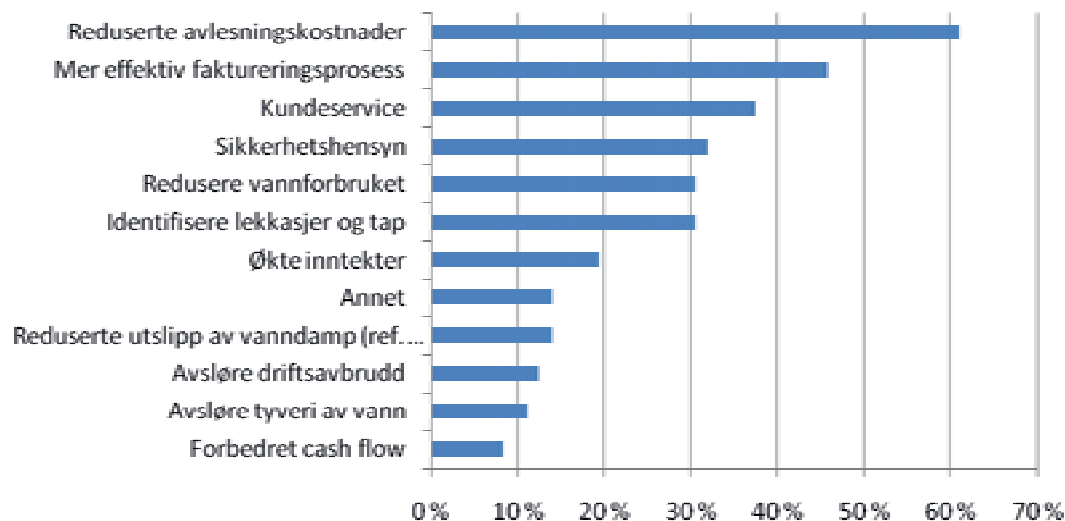
Dette gir en årlig innsparing i produsert vann som øker fra ca 900.000m³ i starten til 7.200.000m³ etter 20 år. På dette tidspunkt er det etter forutsetningene ingen flere arealberegnete abonnenter, men alle har vannmålere, og innsparingseffekten øker etter hvert som andelen vannmåler-abbonnenter øker.



Økt bevissthet om eget forbruk ute hos abonnentene, sammen med mulighetene AMA gir for findelt forbruksmåling, kan gi grunnlag for pris-incentiver som gjør forbruk i periodene med størst belastning noe dyrere enn forbruk ellers. Eksempelvis kan man ta høyere pris om morgenen, når alle skal dusje samtidig, enn om kvelden. I dag er ikke dette aktuelt i Norge, men for mange VA-verk i andre land er dette en av årsakene til at man satser på AMA-målere og en findelt avlesning av disse. Ved eventuelle fremtidige endringer i norske forskrifter på VA-området vil tilgangen til gode forbruksdata kunne være avgjørende for om VA-verket blir i stand til raskt å tilpasse seg slike endringer.

4.2.12 Hvilke fordeler regner andre VA-verk med å oppnå ved sine prosjekter?

I en undersøkelse av pågående AMA-prosjekter i California, ble en rekke VA-verk spurt om hva de regnet med å oppnå av fordeler ved sine prosjekter. Det var 72 respondenter, og disse la vekt på disse effektene (16):

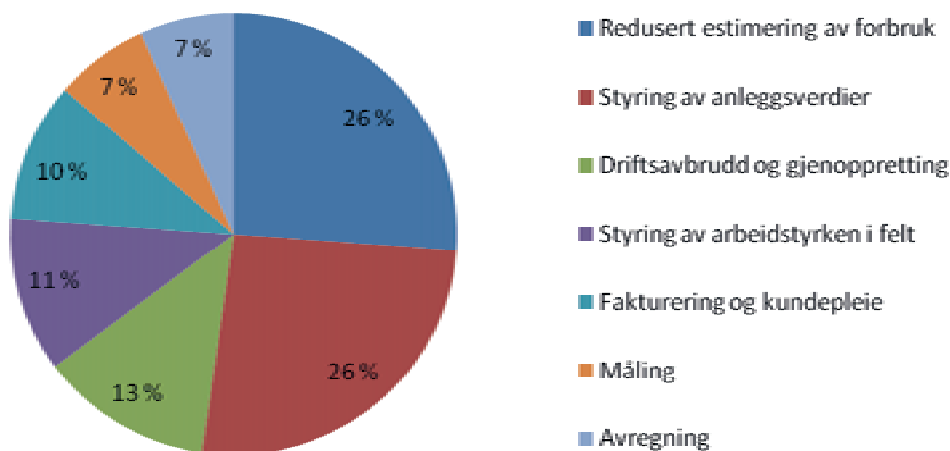


Figur 21: Forventede fordeler (California)

CapGemini har gjort en intervjuundersøkelse hos en rekke amerikanske kraftselskaper som har implementert AMA, og har samlet følgende oversikt over besparelser som er realisert (det er her forutsatt full implementering hos de som er i innføringsfasen) (8):

Område for innsparing	Lavt anslag %	Høyt anslag %	Relevant for VA-verket?
Standardisering av utstyr (investering)	15	20	Lite relevant, utstyret er godt standardisert i dag
Innfordring	15	25	Ikke relevant, foretas av KEM
Styring av arbeidsstyrken i felt	3	7	Relevant
Sikkerhet	2	5	Gjelder el-målere, lite relevant for vannmålere
Estimering av forbruk	9	14	Relevant
Måling	2	4	Relevant
Etterspørselsstyring	2	22	Ikke relevant, ulovlig å stenge av vannet og ulovlig å prisdiskriminere
"Vegetation Management" ?	3	7	Lite relevant i Norge. Gjelder finstyring av vanningsanlegg iht plantenes behov.
Driftsavbrudd og gjenoppretting	3	8	Relevant
Tariff og regulatoriske forhold	1	4	Lite relevant, ikke ventet regulatoriske endringer
Styring av anleggsverdier	4	19	Relevant
Fakturering og kundepleie	2	7	Relevant
Systemstyring	4	11	Relevant, men økt kompleksitet vil være negativt
Avregning	2	4	Relevant

Hvis vi tar med oss de punktene som virker relevante for norske VA-verk, og lar disse utgjøre 100 %, vil dette gi oss denne fordelingen dem imellom:



Figur 22: Fordeler iht. CapGemini's undersøkelse

Disse effektene er forholdsvis generelle, og knyttet til automatisering av måleravlesninger som sådan. De er i liten grad preget av at det er snakk om el-målere i denne undersøkelsen, og ikke vann-målere. Før vi godtar at slike effekter også er relevante for norske VA-verk, bør vi likevel vurdere størrelsen på dem ut fra lokale forhold:

Redusert estimering av forbruk: 26 prosent

Denne effekten vil uten tvil være til stede for norske VA-verk som bruker tradisjonelle vannmålere. En av dagens utfordringer er at estimert forbruk gir betydelig avvik ved avregningstidspunktet. Forskjellen er ikke så stor i prosent, men rammer VA-verket ved at avregnet forbruk sammenlignes med et budsjettert forbruk som bygger på estimater som ble laget lang tid i forveien, typisk ca halvannet år tidligere. Avviket kan utgjøre store beløp, og gjør at det kan stilles spørsmålsteget ved VA-verkets økonomistyring. Derfor vil det kunne ha stor betydning for VA-verket å minimere avviket mellom estimerte og reelle forbrukstall.

Styring av anleggsverdier: 26 prosent

Effekten skriver seg hovedsaklig fra to forhold: dels at man får mer detaljert innsikt i forbruksmønstre hos kundene, og dels at utstyret selv kan melde fra om behov for ettersyn eller reparasjoner.

- Mer detaljert innsikt i forbruksmønstre hos kundene. Dette bidrar til bedre tilpasning til reelt behov når man skal prosjektere nye eller oppgraderte anlegg i forsyningskjeden. Mer detaljert innsikt i trykkforhold kunne være av betydning. Trykk- og forbruksmålingene som skjer i dag gir et bilde som så langt har vært tilstrekkelig, selv om det ikke kan utelukkes at mer finmasket overvåking kunnet hatt positive virkninger.
- Utstyret selv kan melde fra om behov for ettersyn eller reparasjoner. Dermed kan det skjæres ned på preventivt vedlikehold, som ofte går ut på å skifte ut målere og annet utstyr før det har gått i stykker, og til dels lenge før det ville ha gått i stykker. Ved å vente til det faktisk opptrer unormal drift vil utstyret stå lenger i drift, noe som isolert sett gir en økonomisk og miljømessig gevinst. Men det vil også kunne føre til flere driftsavbrudd enn tidligere, for det er ikke sikkert at AMA-utstyret varsler om behov for vedlikehold før det faktisk svikter så mye at det gir driftsstans.

Alt i alt virker det usannsynlig at denne gevinsten vil være av stor betydning for de fleste VA-verk.

Driftsavbrudd og gjenoppretting: 13 prosent

Effekten skyldes i hovedsak at man raskt oppdager driftsavbrudd eller unormale forbruk. For VA-verkets del vil dette for eksempel kunne være lekkasjer (måleren går unormalt fort), feil på måleren (måleren står stille) eller tilbakestrømming (måleren går baklengs). Dette vil ha betydning for korrekt fakturering, men også for driftsregulariteten, for de økonomiske følgeskader av lekkasjer og for de helsemessige konsekvensene tilbakestrømming kan ha.

Styring av arbeidstyrken i felt: 11 prosent

Denne effekten er nært knyttet til egenskapene AMA-utstyret har for å kunne melde fra selv ved behov for feilretting eller ettersyn. Dermed kan arbeidsstyrken brukes der behovet til enhver tid er størst. Den største effekten vil man få dersom man ved innføring av AMA kan kutte ut omreisende kontrollører som bare gjør avlesninger. Det er i liten grad tilfellet i norske VA-verk, slik at effekten ventelig vil være beskjeden.

Fakturering og kundepleie: 10 prosent

Abonnentene blir minnet på VA-verket og de kommunale eiendomsavgiftene hver gang kommunale avgifter faktureres, og når man blir bedt om å lese av og rapportere målerstand. Det er ved disse anledningene at de fleste henvendelsene fra abonnentene kommer inn. Ved overgang til AMA vil ventelig antall henvendelser gå noe ned, dels fordi forbruket blir objektivt målt og ikke stipulert ut fra boligareal, og dels fordi man ikke behøver å lese av selv.

Måling: 7 prosent

Der hvor måling erstatter estimert forbruk, eller stipulert forbruk basert på areal eller andre kriterier, vil man få et mer objektivt og udiskutabelt faktureringsgrunnlag.

Avregning: 7 prosent

Redusert behov for avregninger sparer kostnader, både administrativt og i produksjons- og distribusjonskostnader.

4.2.13 Oppsummering av effekter hos leverandøren

Effekt	Øko- nomisk	Kvali- tativ	Bør inngå i økonomisk kalkyle?
Redusert behov for å oppsøke målere for kontroll og avlesning	x		Ja. Vi regner med lavere bruk av personell til slikt arbeid dersom AMA blir valgt fremfor tradisjonelle målere.
Redusert antall kundesveinendelser	x		Ja. Deler av personellbehovet i kontroll dreier seg om henvendelser som ventelig blir redusert ved innføring av AMA.
Redusert kundekreditt		x	Ikke relevant for de kommuner som har forskuddsbetaling.
Redusert behov for purring		x	Nei. Behovet for purring blir redusert, men effekten er alt i alt nokså begrenset.
Redusert behov for avregningskjøringer		x	Nei. Behovet blir borte ved innføring av AMA, men først når det er oppnådd full dekning. Det vil ligge langt inn i fremtiden, og effekten tas derfor ikke med.

Lavere investeringsnivå pga flatere forbrukskurve		x	Nei. Det krever dypere analyse for å avgjøre om de hydrauliske modellene kan forbedres så mye at de vil gi andre resultater enn nå. Krever differensierte priser for å få noen særlig effekt.
Mer detaljert forbruksstatistikk		x	Kanskje. De fleste VA-verk har foreløpig ikke noe presserende behov for dette.
Mulighet for varslings av tilbakestrømming, lekkasjer, sabotasje, etc		x	Nei. Effekten er vanskelig å sette tall på.
Redusert forbruk av innsatsfaktorer i produksjonen	x		Ja. Dette er en sentral effekt. Erfaringene andre steder er at vannmåler gir lavere forbruk. Men dette gjelder både tradisjonell måler og AMA-måler!
Annet		x	Nei. Erfaringene fra andre AMA-prosjekter støtter opp om valget av de viktigste effektene.

4.3 Effekter hos abonnenten

4.3.1 Redusert forbruk

Større innsikt i eget forbruk kan gi grunnlag for endret forbruksmønster. I mange byer er det observert at vannforbruket synker når man går over til målt forbruk. Det er ikke først og fremst utsikten til reduserte utgifter som gir reduksjon i vannforbruket, men vel så mye oppmerksomheten og bevisstheten man får ved å se et objektivt mål for forbruket. Spørsmålet er da om AMA-vannmåler gir enda bedre innsikt i eget forbruk - og dermed endret forbruksadferd - enn det man vil få med tradisjonell vannmåler. Vi har ikke grunnlag for å hevde at AMA-målere i seg selv gir større effekt i form av lavere forbruk enn vanlige målere, og legger derfor til grunn et forsiktig anslag på 10 % lavere forbruk enn det ellers ville ha vært ved arealbasert gebyr.

4.3.2 Kvalitet i faktureringen

Feil i faktureringen kan forekomme ved alle beregningsmetoder, men antallet sannsynlige feilkilder er noe lavere ved AMA enn ved manuell innlesning av målerstand. Typiske feil kan være:

- feil avlesning (kanskje i et dårlig belyst kjellerlokale)
- feil notering av målerstanden
- feil inntasting av målerstand i web, SMS eller telefon

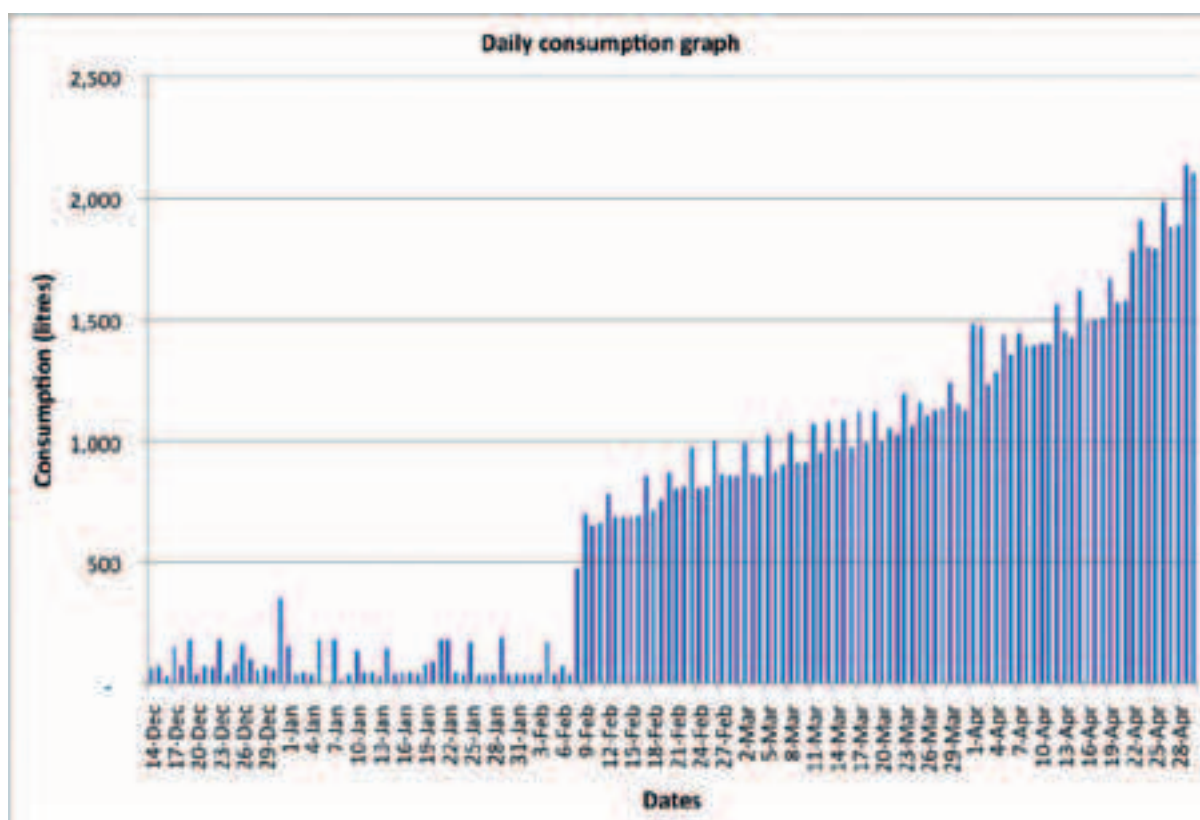
Ved en hel-elektronisk signalvei fra måler til MDMS vil disse feilkildene bli borte. Men det kan tenkes at andre feilkilder kommer i stedet - feilkilder som bare gjelder for AMA. Et godt MDMS vil ha egenskaper som avslører en del typer feil, og en slik løsning vil uansett måtte ha funksjoner for unntaksvis estimering av forbruk i situasjoner der avlesningene ikke er kommet inn eller er upålitelige.

Feilsituasjoner knyttet til avlesninger og estimerte forbruk gir grunnlag for en del henvendelser fra kunde til leverandør. Dette vil ventelig kunne reduseres ved overgang til målt forbruk med automatisk avlesning. Det er grunn til å tro at folk vil ha tillit til måleresultater på samme måte som de normalt stoler på strømmåleren.

I overgangsfasen fra gammel til ny avlesningsordning vil det kunne ventes en økning i henvendelsene, men dette vil være forbigående.

4.3.3 Bedre service

Tradisjonell avlesning gir små muligheter for å bruke avlesningsdata til noe mer enn å fakturere. Ved AMA kan en mer finmasket avlesning av forbruket gi VA-verket grunnlag for bedre service til kundene, for eksempel ved å avsløre lekkasjer. Diagrammet under viser forbruksdata (daglig) for en kunde hos Wide Bay Water (12). Dette er en reell fremstilling av forbruket hos en kunde som tok kontakt etter å ha reagert på en uvanlig høy vannregning. Wide Bay Water kunne peke på at vannforbruket steg brått fra 8. februar, og at det stadig økte. Dette ble undersøkt, og kunden kunne senere bekrefte at det var en lekkasje.

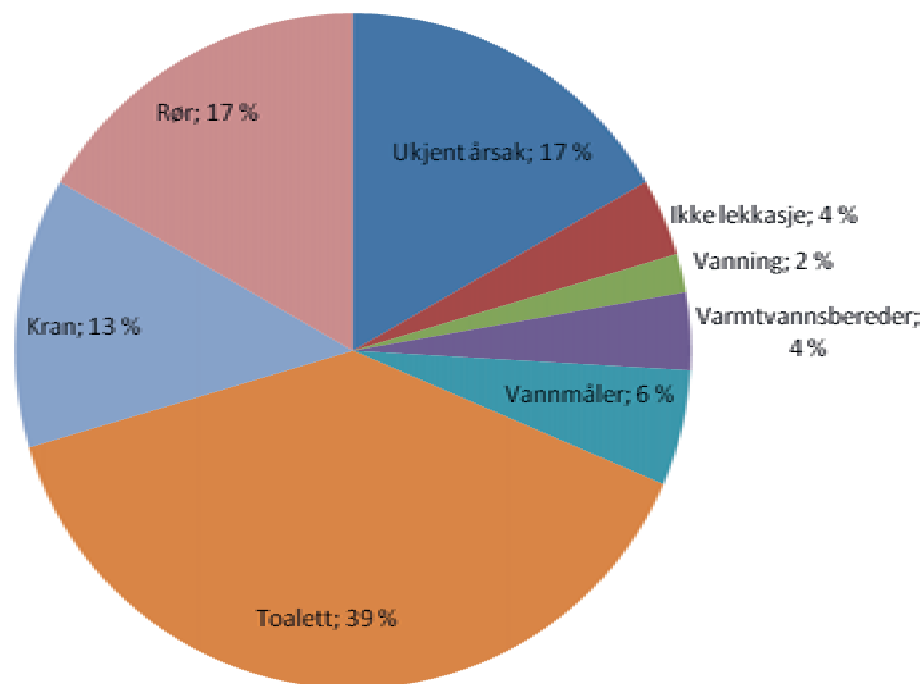


Figur 23: Avsløring av lekkasje

Wide Bay Water har også innført en såkalt "trickle alarm". Dette er et varsel som det sentrale avlesningssystemet gir dersom en abonnent ikke har noen avlesningsperioder med null forbruk. Antakelsen er da at det kan være en vannlekkasje hos abonnenten. Avlesningene skjer med en oppløsning på 1 time. Dette er altså en "alarm" som i første omgang ikke innebærer noen spesiell installasjon eller undersøkelse hos abonnenten. Det er utelukkende basert på analyse av de ordinære avlesningsdataene som hentes inn til VA-verkets sentrale systemløsning.

Man tar kontakt med abonnentene som har fått en "trickle alarm", og vil i mange tilfeller kunne avsløre at det faktisk er en større eller mindre lekkasje på eiendommen. I noen tilfeller er det naturligvis gode grunner til at det alltid brukes en viss mengde vann, og da er det ikke grunnlag for å gå videre.

Diagrammet under viser fordelingen mellom de ulike resultatene av slike undersøkelser (12):



Figur 24: Årsak til lekkasjer og tap

Enkelte typer smarte målere har innebygget funksjon for lekkasjelytting (11), men dette behandles ikke videre her. Slike målere har ikke blitt vanlige ennå, og erfaringsgrunnlaget er tynt.

4.3.4 Mindre behov for å ta kontakt med VA-leverandøren

Hvor store er kostnadene for kunden dersom vedkommende finner det nødvendig å ta kontakt med leverandøren? Her er det vanskelig å anslå verdien, men det er ikke tvil om at det å bruke tid til å være til rådighet for å kontakte leverandøren innebærer en kostnad selv om det ikke nødvendigvis innebærer noen vesentlige utgifter. Kostnaden ligger i at kunden må bruke sin tid til noe som alternativt kunne vært brukt til noe annet. Tapet av dette alternativet innebærer en kostnad, men det er neppe av vesentlig betydning dersom det dreier seg om å ta en telefon eller sende en e-post til leverandøren.

4.3.5 Mindre behov for å være hjemme pga målerkontroll

Selv om det stadig installeres flere vannmålere hos private forbrukere, er det i dag hovedsak næringslivsabonnenter som har vannmåler. Disse vil normalt ha personell til stede i tidsrom hvor vannmålerkontroll er aktuelt. Hvis VA-verket satser på å legge til rette for økt bruk av vannmålere, vil innføring av AMA innebære mindre behov for at kunden må være hjemme fra jobb på grunn av at måleren skal kontrolleres enn dersom man hadde brukt tradisjonelle vannmålere. Verdien av det å bruke tid til å være til rådighet for å slippe inn en kontrollør innebærer en kostnad selv om det ikke nødvendigvis innebærer noen vesentlige direkte utgifter. I dette tilfelle kan kostnaden være påtakelig, nemlig ved at man må ta fri fra jobben, og at man derfor taper lønnsinntekt.

4.3.6 Slipper å lese av måler selv

I dag er det få private abonnenter som har måler, men ved generell innføring av målere vil det ved tradisjonelle målere være mest aktuelt med egenavlesning, eventuelt supplert med kontroll-

avlesninger fra VA-verkets side. Avlesningen innebærer at man må finne frem til måleren, og lese av telleverket. Måleren vil ofte være plassert på et lite tilgjengelig sted, og vil kanskje være gjemt bak gjenstander som må flyttes. Fordi måleren er bortgjemt vil mange ha behov for å ha med lommelykt for å kunne lese av målerstanden. Når målerstanden er notert må den overføres til VA-verket ved hjelp av svarkort, SMS eller internett. Alt i alt er dette en hel del bryderi for abonnenten. Dette bortfaller ved innføring av AMA.

4.3.7 Følelsen av å bli overvåket

Det er rapportert i britiske undersøkelser (ref MacDonald) at enkelte kunder føler et visst tap av velferd og autonomi ved at man overvåkes i stadig større grad. Det kan også hevdes at det er et potensial for misbruk ved at "avlyttede" avlesninger kan si noe om hvorvidt abonnenten er hjemme eller ikke. Dette ville i så fall kunne være interessant for innbruddstyver. Problemet virker ikke særlig stort, og det er vanskelig å sette tall på slike effekter. Vi utelater derfor disse fra analysen.

4.3.8 Oppsummering av effekter hos abonnenten

Effekt	Økono- misk	Kvali- tativ	Bør inngå i økonomisk kalkyle?
Redusert forbruk	x		Ja. Redusert forbruk gir mindre utgifter for kunden, og lavere kostnader i produksjon av vann, samt reduserte kostnader i avløpsbehandlingen. Inngår i kalkylen sett fra VA-verkets side, dvs. i form av lavere produksjonskostnad.
Kvalitet i faktureringen		x	Nei. Faktureringskvalitet begynner med riktige avlesninger. Neppe grunnlag for å sette kvantitative mål på dette.
Bedre service		x	Nei. Muligheten til å avsløre lekkasjer kan spare kostnader for kunden og for andre. Det foreligger en del erfaringstall for den økonomiske effekten, men usikkerheten er stor, og beløpene er uansett relativt begrensede.
Mindre behov for å ta kontakt med VA-leverandøren		x	Nei. Det er fortsatt behov for en viss kontakt, og ikke faste holdepunkter for å kunne si at nettoen blir særlig mye lavere.
Mindre behov for å være hjemme pga målerkontroll		x	Nei. Kostnaden ved å måtte være hjemme kan være betydelig for den det rammer, men usikkerheten er stor, og beløpene er uansett relativt begrensede.
Slipper å lese av måler selv		x	Nei. Subjektivt er det en forbedring for abonnenten, men av liten betydning alt i alt.
Følelsen av å bli overvåket		x	Nei. Ikke grunnlag for å legge vekt på dette.

5 Elementer i en analyse av cost/benefit

Når et VA-verk vurderer innføring av AMA vil det være naturlig å sette sammen tall for kostnader og inntekter (evt. sparte kostnader) og legger dette ut i tid. Et godt bilde av hvilke økonomiske konsekvenser som kan følge av en beslutning er nødvendig før man forplikter seg til et større utviklingsarbeid, og en forutsetning for effektiv kontroll mens prosjektet pågår. Ved slike analyser er det viktig å være bevisst hvilke forutsetninger som legges til grunn, og - ikke minst - å kommunisere disse forutsetningene klart til beslutningstakerne.

Andre forutsetninger for produktpriser, inflasjon, rentenivå osv., vil gi andre resultater i kalkylen. Ingen kan i dag si noe sikkert om hvordan disse vil være i fremtiden.

Analysen bør skille mellom kostnader og utgifter. Kostnader kan ligge i at man må bruke sin tid til noe som alternativt kunne vært brukt til noe annet. Det er tapet av dette alternativet som innebærer kostnaden.

Utgifter dreier seg om betalbare mer-kostnader. Eksempel: Å bruke en arbeidstime i uken til en ny oppgave gir en kostnad på én time (for denne timen kunne vært brukt til noe annet av verdi). Hvis den ansatte som skal utføre dette timeverket fortsatt kan gjøre alle andre oppgaver innenfor ordinær arbeidstid, vil det ikke gi økte utgifter. Men hvis den nye oppgaven kommer på toppen av en sprengt arbeidsdag, slik at det blir nødvendig med overtid, så vil det gi økte utgifter.

5.1 Investeringsbehov

Det er lite tilgjengelig materiale om kostnadene ved AMA-prosjekter. Årsaken er sannsynligvis at leverandørene av kommersielle grunner ikke vil synliggjøre sine priser, og at kundene er bundet av konfidensialitetsbestemmelser i kontraktene som inngås. De prisene som kan oppnås i et AMA-prosjekt er avhengig av kundens forhandlingsstyrke, noe som igjen bl.a. vil være avhengig av prosjektets størrelse.

5.1.1 IT-løsninger for AMA: MDMS

For VA-verk som ønsker stor kontroll med systemløsning og data, må det utvikles eller anskaffes et system for kommunikasjon med AMA-målerne, administrasjon av avlesningsresultater og videreformidling av disse til faktureringsystemet. Norske VA-verk har i liten grad slike løsninger etablert i dag.

For VA-verk som ønsker stor kontroll med systemløsning og data, må det utvikles løsninger som knytter avlesningssystemet til faktureringsystemet. Kostnadene for dette er ukjente, og vil først kunne fastslås etter at en kravspesifikasjon er laget, og en anbudsprosess er gjennomført basert på denne spesifikasjonen.

VA-verk som har lavere krav til egenkontroll med systemutvikling og -forvaltning kan vurdere å kjøpe MDMS-tjenesten fra en ekstern leverandør.

Kostnader til utvikling, forvaltning og drift av systemløsningene vil påløpe uansett om man bestemmer seg for et stort eller mindre antall AMA-abonnenter (gitt at man i det hele tatt skal ha noen systemløsning utover f.eks. regneark). Slike systemer er ikke enklere å utvikle for få kunder enn for mange kunder. Det er derfor relativt mer kostbart for en begrenset utrulling av AMA-målere, siden det blir færre abonnenter å fordele kostnaden på.

5.1.2 Vannmålere, kommunikasjonsutstyr og installasjon

Anskaffelse av vannmålere i den skala vi snakker om her vil kunne være gjenstand for offentlig anbud, og store innkjøp kan presse prisen. Det enkelte VA-verk må vurdere hvilke priser som kan oppnås i markedet. Basert på hvilke priser vi har kunnet finne referanser på, ser det ut til at VA-verket kan anslå kostnaden for vannmålere til NOK 3.000 pr stykk (høst 2010). Kommunikasjonsutstyret kommer i tillegg, og kostnaden vil her være svært avhengig av om det blir behov for forsterkere eller andre spesielle løsninger. Vi anbefaler en forsiktig kalkyle, og anslår NOK 6.000 per målepunkt.

Til sammenligning er kostnadene pr målepunkt i New York City på ca NOK 1.760, basert på 875.000 målepunkter, totalkost på USD 252 millioner og en valutakurs på 6,1 NOK/USD. Her inngår kostnadene til målere, kommunikasjonsløsninger og installasjon. Vår kalkyle bør derfor være på den konservative siden, selv om forholdene i Norge er mindre, og prisnivået høyere.

Installasjon av vannmålere er en relativt stor kostnad. Det er usikkert i hvilken grad det enkelte VA-verk kan oppnå stordriftsfordeler ved å legge ut installasjonsjobben på anbud. I kalkylene må det anslås priser basert på lokale forhold. Typisk vil kostnaden i Norge kunne ligge i området NOK 4-7.000 for å installere AMA-måler og tilhørende utstyr. Tilgangen på kompetent personell og lokale konkurranseforhold vil avgjøre hva man må ut med. Det advares mot å regne inn "stordriftsfordeler" ved installasjon. Erfaringer fra f.eks. Sverige antyder at det er vanskelig å få tilgang til mange eiendommer samtidig eller i en rekkefølge som passer installatøren. Hver enkelt installasjon må gjerne avtales separat, og dette innebærer mange reiser, og dermed en lav produktivitet.

Vedlikeholdsbehovet vil kunne melde seg i løpet av kalkyleperioden. Det vil ventelig være batterienes levetid som avgjør når behovet oppstår. Vi kan anta at det er behov for utskiftninger etter 12 år, og at kostnadene til utskiftning ligger på samme nivå som ved nyinstallasjon.

5.2 Drift

En overgang til AMA-målere vil ikke fjerne behovet for kontroll, men vil gi til dels andre oppgaver. Ved innføring av AMA vil det være naturlig å prioritere målere som er montert på steder som er lite tilgjengelige, siden inspeksjon av disse kan binde opp mye ressurser.

Eventuelle innsparinger er avhengig av i hvilken grad VA-verket lykkes i å utnytte potensialet i AMA og eventuelt i "Smart Metering". Hvis man ikke er fleksibel og innovativ i måten å løse oppgavene på vil man neppe kunne utnytte potensialet fullt ut. Innsparte årsverk i målerkontroll vil kunne være en betydelig bidragsyter til økonomien i et AMA-prosjekt.

5.3 Risiko

5.3.1 Teknologirisiko

Manglende standarder

Generelt vil det være best å satse på "åpne standarder" for å unngå å bli låst til en bestemt leverandør. På AMA-feltet er det foreløpig ikke klart hva som skal utgjøre den åpne standarden. I beste fall kan vi snakke om "industristandarder" på enkelte elementer i totalløsningen, men også der kan vi se endringer. Investeringer i AMA kan derfor vise seg å ende opp i tekniske blindgater, noe som kan gi kostbar binding til én leverandør, og en ny stor utskifting på et senere tidspunkt.

Teknisk foreldelse

Vannmålere for AMA kan enkelt byttes fra et fabrikat til et annet, på samme måte som en AMA-måler kan settes inn i stedet for en tradisjonell, mekanisk måler. Men det betyr ikke at AMA-

egenskapene til den nye måleren uten videre tilsvarer den utskiftede måleren. På grunn av manglende standardisering på dette feltet vil det kunne være avhengigheter til leverandørspesifikke kommunikasjonsløsninger i hele signalkjeden fra måler til faktureringsystem.

Batterilevetid

Vannmålere med AMA-utstyr vil normalt bli installert på steder der det i praksis ikke er mulig å knytte seg til ekstern strømforsyning. Batteridrift er følgelig normalt for slike installasjoner, og derfor blir batteriets levetid en viktig parameter, både for kalkylene før man starter, og ved senere vedlikehold av målerne. De fleste typer utstyr vil være laget for lange perioder med dvale, og korte aktive perioder der data blir overført. Levetiden for batteriene blir avhengig av hyppighet for oppkobling, hvor mye data som sendes, signalstyrken som kreves og temperaturen på stedet der enheten er installert.

De fleste leverandører garanterer en levetid på 12-15 år på batteriet, men det er foreløpig ikke erfaringsdata som kan si om dette holder stikk i praksis. Utskifting av batteriet er en kostbar operasjon. Det innebærer at det må avtales tid for besøk, en tekniker må ut til abonnenten, og for mange av produktene må hele sende-enheten skiftes ut, siden batteriet er støpt inn i enheten selv. Faktisk batterilevetid er foreløpig en ukjent størrelse, og innebærer derfor en risiko for økonomien i prosjektet.

5.3.2 Leverandørrisiko

Det er en rekke veletablerte leverandører innen vannmåling. I tillegg er det en del nyere leverandører, som ofte bruker ny teknologi i sine løsninger. I de fleste bransjer er det slik at de mest kreative løsninger kommer fra små og nystartede selskaper. Noen av disse vil lykkes, men mange bukker under i konkurransen. I slike tilfeller vil noen ganger eksisterende leverandører kjøpe opp patenter og løsninger, for så å videreføre disse. Selv om AMA inneholder enkelte nye tekniske komponenter, er vannmålerbransjen en moden bransje, der det vil være svært vanskelig for nystartede selskaper å klare seg. Man bør derfor satse på produkter fra en allerede veletablert leverandør. Slik kan VA-verket minimalisere risikoen for å bli sittende med en produktlinje som ikke lenger har leverandøren bak seg.

5.3.3 Prosjektrisiko

Alle utviklingsprosjekter innebærer risiko for at man sprekker på tid, kostnad eller leveransens kvalitet. Det virker nærmest som en lovmessighet at dersom man prioriterer tid og kost, så lider kvaliteten. Hvis man prioriterer kostnad og kvalitet, så sprekker man på tid, osv.

Erfaringsmessig vil alle som er involvert ha en tendens til å regne med de mest opplagte kostnadselementer, mens de kostnadsdrivende forsinkelser, ventetid, møter, samarbeidsvansker o.l. ikke blir regnet med. Dermed vil estimatene normalt bli for knappe. En britisk undersøkelse setter tall på dette, og angir følgende spennvidde fra høy til lav feilestimering av henholdsvis tidsforbruk og kostnader til ulike typer prosjektarbeid (16):

Prosjekttype	OU Tid		OU Kostnad	
	Høy	Lav	Høy	Lav
Ikke standard bygninger	39	2	51	4
Standard bygninger	4	1	24	2
Ikke-standard entreprenørarbeid	25	3	66	6
Standard entreprenørarbeid	20	1	44	3
Utviklingsarbeid	54	10	200	10

Montering av vannmålere og installasjon av AMA-utstyr regnes som "Ikke-standard entreprenør-arbeid", og her har vi et spenn på 6-66 % optimistisk undervurdering av kostnadene. For utviklings-arbeid har vi et spenn fra 10-200 % i optimistisk undervurdering av kostnadene.

Prosjektarbeidet knyttet til innføring av AMA kan ha nytte av disse erfaringstallene. Tabellen under viser en skisse av hvordan ulike komponenter i prosjektet kan justeres for slike typiske optimistiske feilvurderinger. "Faktor for risikoreduksjon" gir uttrykk for i hvilken grad man kan kompensere for dette. Faktor på 0,5 indikerer da at man kan fjerne halvparten av effekten ved bestemte tiltak (som da må identifiseres). "Justert kostnadsestimat" gir graden av undervurdering som kan bruke til å anslå mulig overforbruk i forhold til leverandørens og egne prosjektestimater:

Risiko-område	Faktor for risiko-reduksjon	OU Kostnad Høy	OU Kostnad Lav	Justert kostnads-estimat	Kommentar
Målings- og rapporteringsutstyr					
Montering av "Klikk på" sensor	0,7	66	6	20	Montør har ikke med måleren
Montering av måler med integrert sensor	0,8	66	6	13	Montør har med alt utstyr selv
Kommunikasjonsutstyr					
Forsterker	0,5	66	6	33	Behovet er ikke klart uten test
Sender	0,7	66	6	20	Standardisert montering
Systemløsninger sentralt					
Tilpasse eksisterende fakturløsninger	0,5	200	10	100	Lett å utelate kostnader
Tilpasse løsning for administrasjon (MDMS)	0,8	200	10	40	Kan standardiseres, må akseptere leverandørens løsning

Innføring av AMA er et stort løft for et VA-verk, og en kritisk vurdering av eventuell "optimistisk undervurdering" av kostnadene kan anbefales.

5.3.4 Sikkerhet

Både vannmålere, strømmålere og andre typer instrumenter har tradisjonelt vært sikret med plombering. Med Smart Metering kan man ikke lenger stole på at dette er tilstrekkelig sikring. Dagens målere har fortsatt fysisk sikring mot åpning, og en del har i tillegg sabotasjevarsling dersom måleren blir åpnet, men det er muligheten til å komme inn gjennom den elektroniske kanalen som innebærer noe nytt. Slik urettmessig tilgang kan ta flere former, bl.a:

- Sabotasje av måleverket slik at det ikke registrerer forbruk
- Omprogrammering av elektronikken slik at den ikke registrerer det reelle forbruket
- Endring av målerstanden
- Sending av falske måleravlesninger inn til faktureringsystemet

Det anbefales å bruke kryptert kommunikasjon i forbindelse med Smart Metering. For at dette skal være verifiserbart bør det brukes anerkjente krypteringsmetoder, og ikke leverandørspefikke løsninger.

5.3.5 Personvern

Smart Metering som bare omfatter vannforbruk er ikke blant de mest følsomme opplysninger, men mønstre for vannforbruk kan inngå som et ledd i en kartlegging av enkeltmenneskers livsførsel som ikke er uproblematisk. Kombinasjonsløsninger der Smart Metering også omfatter strømmåling, vil gjøre dette aspektet enda viktigere. Det anbefales derfor at data om forbruksmønstre behandles med omhu, slik at faren for misbruk blir minimal.

5.3.6 Pålitelighet i avlesningene

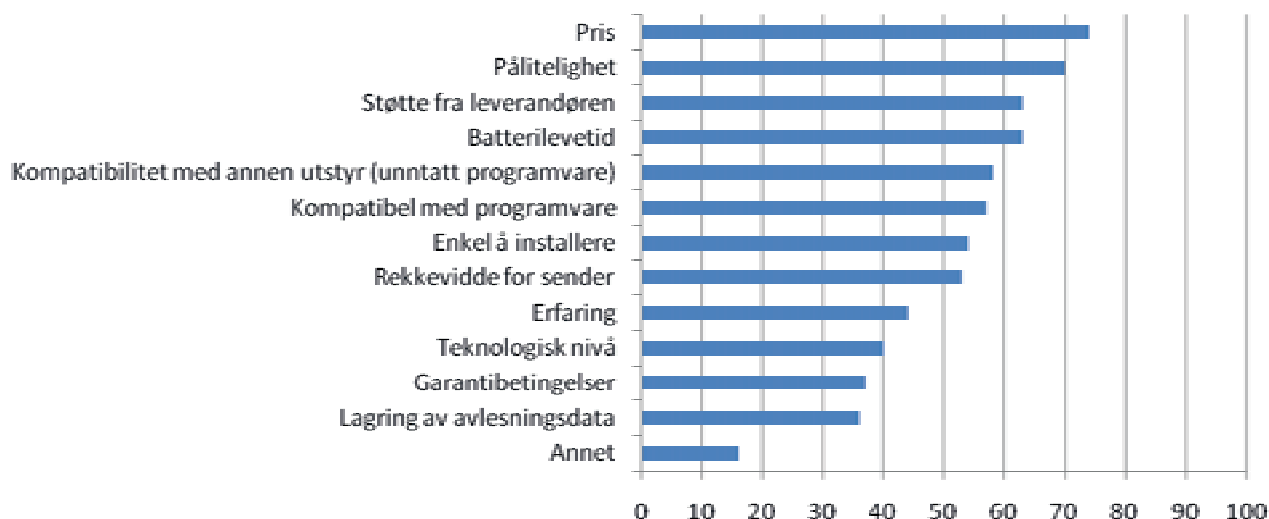
Det kan ikke ventes 100 % tilgjengelighet for avlesninger. Det er mange muligheter for å miste avlesninger, både ved tilfeldige hendelser og ved aktiv sabotasje. Kabler kan kuttes ved uhell, uforsiktighet eller ved sabotasje, og det finnes potensielle støykilder som kan sperre for GSM- og GPRS-signaler. Også her er det et spekter av muligheter, fra det ufrivillige som for eksempel frekvensomformere og over til det kriminelle, for eksempel støysendere som bevisst blokkerer lovlig radiosamband. Behovet for

- revisjon av målere,
- kontroll av avlesningsresultatene mot fysisk telleverk, og
- sammenligning av avlesningene mot de normale forbruksmønstrene

blir ikke borte med innføring av Smart Metering.

5.3.7 Noen kriterier for valg av leverandør

Grafen under viser hvordan en del VA-verk i California legger vekt på ulike faktorer ved valg av leverandør til sine AMA-prosjekter. Av de som svarte på Association of California Water Agencies' spørreundersøkelse, hadde 74 % pris som et kriterium for valg, mens 70 % la vekt på pålitelighet. Resten av kriteriene hadde da lavere score (18):



Figur 25: Kriterier for valg av leverandør

Innføring av AMA i større skala vil være et stort løft for VA-verket, og det vil være viktig å bruke leverandører som er i stand til å levere gode produkter og systemløsninger. Men det er installert millioner av AMA-målepunkter i verden i dag, og teknologien ser ut til å være i ferd med å modnes. Ved å velge anerkjente leverandører vil risikoen være begrenset. Kriteriene som VA-verk i California har brukt ser ut til å være like relevant i Europa.

5.3.8 Den ideelle vannmåleren

De teknologiske komponentene som brukes i AMA-vannmålere og i signalveien fra måler til MDMS er kjent fra andre anvendelser, og etter hvert også i forbindelse med store praktiske installasjoner av AMA. Likevel kan man ønske at det ble laget produkter som kombinerte slike egenskaper og komponenter i en bedre pakkeløsning. Dette ville kunne gjort beslutningen om storstilt satsing på AMA enklere enn i dag. En arbeidsgruppe i Norsk Vann har formulert følgende krav til en ideell målerløsning for norske forhold:

- Målerprinsippet bør være elektromagnetisk eller ultralyd-basert. Dette vil bidra til lang levetid og minimal fare for driftsforstyrrelser
- Måleren skal ha sensorer for trykk og temperatur integrert i enheten, altså ikke som separate moduler som øker byggelengden
- Måleren skal måle nøyaktig også ved små volumer
- Måleren skal måle tilbakestrømming, og skal selv slå alarm ved tilbakestrømming
- Måleren skal ikke være følsom for turbulens og skal ikke stille krav om rettstrekning
- Byggelengden skal være slik at enheten lett kan settes inn i stedet for en eksisterende måler, eventuelt mindre enn dagens målere, og supplert med mellomstykker
- Samme enhet skal kunne monteres både horisontalt og vertikalt
- Eventuelt display skal kunne monteres separat fra måleren
- Kommunikasjonsenheten skal selv melde behov for vedlikehold, batteriskifte, etc
- Kommunikasjonsenheten skal lagre avlesningsdata slik at disse kan avleses etterskuddsvis ved eventuelle utfall
- Max og min forbruk skal lagres sammen med forbruket
- Trådløse kommunikasjonsfunksjoner skal være integrert i måleren, både kortholds RF-kommunikasjon (eksempelvis ZigBee) og langdistanse kommunikasjon (GSM / GPRS)
- Kommunikasjonsenheten skal gi godt signal/støy-forhold, og skal være i stand til å justere seg selv ved dårlig signal/støy-forhold
- Avlesningsresultater skal kunne sendes via annen infrastruktur for målere, f.eks. strømmåler
- Eventuelt batteri skal være enkelt å skifte for beboeren selv
- Enheten skal varsle ved eventuelle forsøk på å åpne måleren, ved "elektroniske innbrudd" eller andre sabotasjeforsøk
- Avlesningsdata skal rapporteres i en form som ikke låser VA-verket til en bestemt leverandør av MDMS-løsning.

Så vidt vi har sett finnes det ikke noen måler som i dag kombinerer alle disse egenskapene. Men de forskjellige egenskapene som er nevnt her er alle sammen eksisterende egenskaper ved en eller flere målere som faktisk finnes, eller som finnes i andre produkter. Det som mangler er en kombinasjon av disse egenskapene i en og samme enhet.

Arbeidsgruppen i Norsk Vann vurderer å utfordre bransjen til å lage produkter som imøtekommer disse ønskene i størst mulig grad. Hvis denne "ideal-måleren" ble realisert er det grunn til å tro at innføring av automatisk måleravlesning vil kunne skje langt raskere enn med dagens løsninger.

6 Referanser

1. **Kim, Hiesik og Ayurzana, Odgerel.** *Improvement of Data Receive Ratio in Remote Water Meter System by Upgrading Sensors.* s.l. : International Journal of Control, Automation, and Systems, 2009.
2. **Ecologic Analytics LLC.** [Internett] <http://www.ecologicanalytics.com/>.
3. **Kamstrup.com.** [Internett] <http://www.kamstrup.com/media/6033/file.pdf>.
4. **Siemens.com.** [Internett] <http://www.energy.siemens.com/us/pool/us/services/power-transmission-distribution/mdms/downloads/MDMS-overview.pdf>.
5. **Waterworld.com.** [Internett] <http://www.waterworld.com/index/display/article-display/2230314568/articles/waterworld/volume-27/issue-1/editorial-features/project-brings-hourly-water-data-to-california-utility.html>.
6. **Oracle.com.** [Internett] <http://www.oracle.com/us/corporate/press/168469>.
7. **Aclara.com.** [Internett] <http://www.aclara.com/AclaraSoft/pages/default.aspx>.
8. **Powel.no.** [Internett] <http://powel.no/no/Produkter/Smart-Metering/MDMS/>.
9. **Gurusoftware.no.** [Internett] http://www.gurusoftware.no/getfile.php/Filer/Produktark_Report.pdf.
10. **Kercher, Andy.** *CASE STUDY: LAS VEGAS VALLEY WATER DISTRICT.* s.l. : Datamatic, Inc.
11. **Keemink, Sander og Roos, Bart.** *Security analysis of Dutch smart metering systems.* Amsterdam : Universiteit van Amsterdam, 2008.
12. **Syversen, Hans Kristian.** *Vannmålere for fjernavlesning - Øystre Slidre kommune.* 2010.
13. **Sigmundsen, Gaute.** *Fjernavlesning av vassmålarar i Sandnes kommune.* Sandnes : s.n., 2010.
14. **Bedre forbrukerservice med Kamstrups kaldtvannsmåler MULTICAL 41.** [Internett] Kamstrup. [Siteret: 23 september 2010.] <http://kamstrup.no/9185/case-sykkylven-energi>.
15. **Digital Communities.** Half of New York City Has Smart Water Meters, Official Says. [Internett] 10 August 2010. <http://www.digitalcommunities.com/articles/Half-of-New-York-City-Has.html>.
16. **Nichols, Russell.** Can a Smart Water Grid Save States from Looming Water Shortage? [Internett] 31 Mars 2010. <http://www.digitalcommunities.com/articles/Can-a-Smart-Water-Grid-Save.html?page=2>.
17. *The Successful AMI Marriage: When Water AMR and Electric AMI Converge.* **Abbot, Ralph.** s.l. : Water World, 2008.
18. **Scott, Howard A.** The Scott Report. Referert i: "Smart Meters and California Water Agencies: Overview and Status". [Internett] 2007. <http://www.thescottreport.com/>.
19. **Marchmont Hill Consulting Pty.** *Smart Water Metering Cost Benefit Study.* Melbourne, Australia : Victorian Water Trust, 2010.
20. **Turner A., Retamal M., White S., Palfreeman L. and Panikkar A.** *Third Party Evaluation of Wide Bay Water Smart Metering and Sustainable Water Pricing Initiative Project.* Canberra, Australia : Report prepared by the Snowy Mountains Engineering Corporation in association with the Institute for Sustainable Futures, UTS, for the Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, 2010.
21. **House, Lon W.** *Smart Meters and California Water Agencies: Overview and Status, Pier Interim Project Report.* Cameron Park, CA : California Energy Commission, Public Interest Energy Research Program, 2010.
22. **Houseman, Doug.** *Smart Metering: The holy grail of demand-side energy management?* s.l. : Capgemini, 2005.
23. **MacDonald, Mott.** *Appraisal of Cost & Benefits of Smart Meter Roll Out Options.* Brighton : BERR, 2007.
24. **Tropos, Inc.** <http://www.tropos.com/pdf/solutions/WaterAMR.pdf>. [PDF]
25. **Moholdt, Hallvard og Nottveit, Ørjan.** *Open wireless standards, Wireless M-Bus, KNX RF, ZigBee, 6LoWPAN.* [PPT] Barcelona : Radiocrafts AS, 2009.

26. *Grønn bypuls*. **Dagbladet Søndag**. 3. oktober, Oslo : Dagbladet, 2010, Vol. 2010.
27. Peter Gleick: Smart Water Meters, Dumb Meters, No Meters. [Internett] Circle of Blue Water News, 28 April 2010. <http://www.circleofblue.org/waternews/2010/world/the-price-of-water-a-comparison-of-water-rates-usage-in-30-u-s-cities/>.

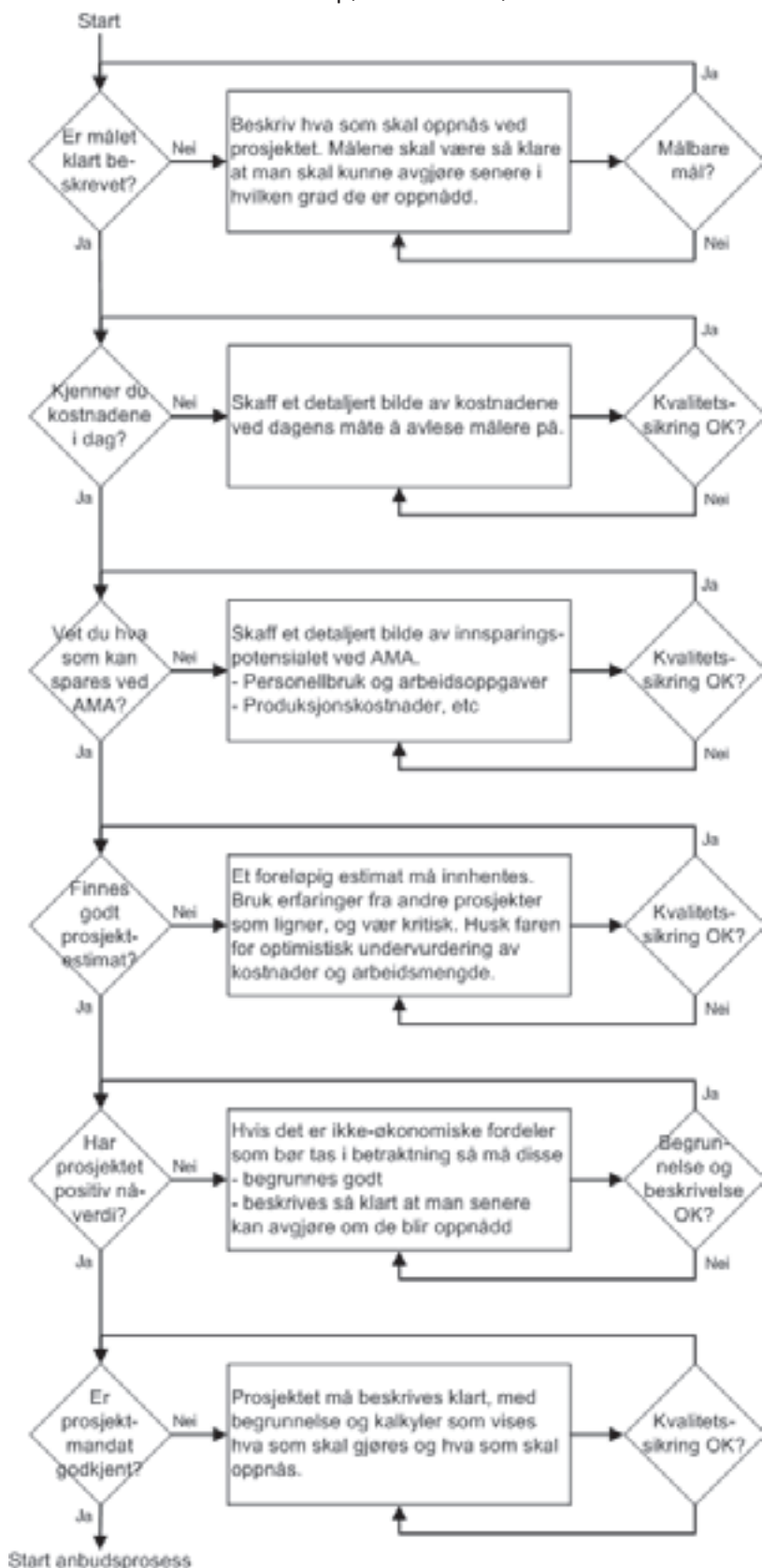
7 Vedlegg A: Ord og uttrykk som brukes i denne rapporten

AMA	Automatisk MålerAvlesning
Cyble	Sensorer basert på cyble-prinsippet registrerer rotasjonen i en liten viser ("Cyble Target") i en giver
Elektromagnetiske givere	En måte å overføre en målerimpuls fra et telleverk og til en sensor som skal viderebehandle signalet uten å bruke en mekanisk kobling. Det er en bevegelig magnet som registreres ved at den passerer en spole som fanger opp induksjonen som skyldes av magnetfeltet.
GPRS	General Packet Radio Service, en standard for datakommunikasjon gjennom mobilnettet. Gir høyere hastighet enn GSM
GSM	GSM-nettet har i seg selv støtte for datatrafikk, men hastigheten er ikke særlig høy
Hjemmenettverk	En del av kommunikasjonsutstyret. Knytter sammen enheter innenfor hjemmets vegger, f.eks. slik at flere PC'er kan dele en skriver
Kommunikasjonsutstyr	Utstyr som sørger for å bringe avlesningsresultatene fra måleren og frem til VAV
Logging	En enhet som tar regelmessige observasjoner av bestemte forhold, eksempelvis trykk og temperatur
Magnetoresistiv teller	Tellere basert på "anisotropisk magnetoresistans" (MR) bruker en sensor som inneholder et element som får endret elektrisk motstand når de utsettes for et varierende magnetfelt
M-Bus (Meter-Bus)	M-Bus (Meter-Bus) er en standard for kommunikasjon av måleresultater fra det fysiske måleinstrumentet til en løsning for presentasjon av måleresultatene eller styring av målerne (kontrolleren).
Meter Data Management System (MDMS)	Systemløsningen som mottar avlesningsdataene. Kan også brukes til administrasjon av kundedata, oppfølging av anleggsressurser, vedlikeholdsplanlegging, m.m
Modem	Et modem oversetter de digitale signalene fra elektronikken til et analogt "lydsignal" som kan sendes gjennom det ordinære fasttelefonnettet. I mottakende ende står det også et modem. Her vil lydsignalene bli oversatt tilbake til digitale signaler for videre behandling.
OCR-lesing	Maskinell lesing av tegn, tall og bokstaver papir, eller fra andre maskiner
Radio Frequency (RF)	I denne sammenheng tenker vi på bruk av radiosignaler til å formidle avlesningene til neste ledd i kommunikasjonskjeden.
Reed-bryter	En giver som fungerer ved at en roterende magnet trekker til seg en tynn metallfjær, som kommer i kontakt med en fast del. Dermed sluttes en strømkrets, og telleverket får en impuls for hver gang magneten roterer forbi metallfjæren
Sensor	En enhet som fanger opp målerimpulsene, og sender dem videre gjennom et kommunikasjonssystem

Smart Water Metering	Fellesnavn for avanserte kombinasjoner av målere og infrastruktur som i tillegg til vanlige avlesninger innebærer at målerne kan utføre fjernstyrte operasjoner, som f.eks. å stenge av vannet. Toveis kommunikasjon er et sentralt kjennetegn.
Ultralyd	Lyd med så høy frekvens at øret ikke kan oppfatte lyden. Kan brukes til å måle strømming av væsker. Prinsippet bygger på at når lyd sendes gjennom vannet, vil lydbølgene bruke forskjellig tid fra sender til mottaker avhengig av om vannet strømmer mot eller med lyden.
Wireless M-Bus	Standard for M-Bus protokollen kan brukes trådløst
ZigBee	En standard for trådløs kommunikasjon mellom enheter som skal kunne operere uten tilsyn og med minimalt strømforbruk. ZigBee organiserer selv et nettverk mellom nærliggende enheter, og bruker dette til å gi feiltoleranse.

8 Vedlegg B: Hvordan komme i gang med et lokalt AMA-prosjekt

Skissen under viser sentrale spørsmål som bør besvares som ledd i et prosjekt for AMA. Følg pilen!



Utgitte Norsk Vann Rapporter

(Tidligere kalt NORVAR-rapporter)

20. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Sluttrapport
- 20a. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Aerob og anaerob behandling
- 20b. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Kalking. Kompostering
- 20c. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Slamavvanning
- 20d. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Termisk behandling av kloakkslam
21. NORVAR's årsberetning 1991
22. EDB i VAR-teknikken. Fase 1 - kravspesifikasjoner m.m. Status-beskrivelse og forslag til videre arbeid (*Utgått*)
- 23a. Internkontroll for VA-anlegg. Mal for internkontroll-håndbok for VA-anlegg.
- 23b. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for avløpsanlegg. Eksempel fra Fredrikstad og omegn avløpsanlegg
- 23c. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for vannverk. Eksempel fra Vansjø vannverk
- 23d. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg. Informasjon, avvik og tiltak, verne- og sikkerhetsarbeid, opplæring
- 23e. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg. HMS ved vannbehandlingsanlegg
- 23f. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg. HMS ved avløpsrenseanlegg
- 23g. Interkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks Oltedalen kloakkrenseanlegg
- 23h. Internkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks Smøla vannverk
- 23i. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontroll for VA-transportsystemet. Eksempel fra Nedre Eiker kommune
24. NRV-prosjekt. Korrosjonskontroll ved vannbehandling med mikronisert marmor
25. Mal for prosessoppfølging av anlegg for stabilisering og hygienisering av slam
26. Installasjon av gassmotor for strømproduksjon ved rensanlegg
27. Mottak og behandling av avvannet råslam ved rensanlegg som hygieniserer og stabiliserer slam i væskeform
28. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt
29. Regnvannsoverløp
30. Utvikling og uttesting av datasystem for informasjonsflyt i VA-sektoren (*Utgått*)
31. PRO-VA, Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. Oversikt pr.1993. Leverandører, produkter, konsulenter (*Utgått*)
32. Bruk av statiske metoder (kjemometri) for å finne sammenhenger i analyseresultater for avløpsvann
33. Evaluering av enkle rensemetoder. Slamavskillere
34. Evaluering av enkle rensemetoder. Siler/finnister
35. Kravspesifikasjon og kontrollprogram for VA-kjemikalier (*Utgått*)
36. Filter som hygienisk barriere
37. EU/EØS, konsekvenser for Norges vannforsyning
38. NORVAR-prosjekter 1992/93 (*Utgått*)
39. Implementering av EDB-basert vedlikeholdssystem. Erfaringer fra referanseprosjekt knyttet til pilot-prosjekt ved Bekkelaget rensanlegg (*Utgått*)
40. Driftsassistanter for avløp. Utredning om rolle og funksjon fremover
41. Metri-tel. Kommunikasjonsmedium for VA-installasjoner. Erfaringer fra prøveprosjekt i Sandefjord kommune (*Utgått*)
42. Industriavløp til kommunalt nett. Evaluering av utførte industrikartleggingsprosjekt.
43. Korrosjonskontroll ved Hamar vannverk
44. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. Vekstsesongen 1994
45. Forsøk med forfelling og felling i 2 trinn med polyaluminium-klorid høsten 1993 Kartlegging av slam- slamvannsstrømmer med og uten forfelling 1993-94
46. Renovering av avløpsledninger. Retningslinjer for dokumentasjon og kvalitetskontroll
47. Strategidokument for industrikontroll
48. NORVAR og miljøteknologi. Forprosjekt
49. Grunnundersøkelser for infiltrasjon - små avløpsanlegg. Forundersøkelse, områdebefaring og detaljundersøkelse ved planlegging og separate avløpsanlegg (*Erstattet av 178/10*)
50. Rørinspeksjon i avløpsledninger. Rapporteringshåndbok (*Erstattet av 145/05*)
51. Slambehandling
52. Bruk av slam i jordbruket
53. Bruk av slam på grøntarealer
54. Rørinspeksjon av avløpsledninger. Veileder (*Erstattet av 145/05*)
55. Vannbehandling og innvendig korrosjonskontroll i vannledninger
56. Vannforsyning til næringsmiddelindustrien. Krav til kvalitet. Vannverkenes erstatningsansvar ved svikt i vannleveransen
57. Trykkreduksjon. Håndbok og veileder
58. Karbonatisering på alkaliske filter
59. Veileder ved utarbeidelse av prosessgarantier
60. Avløp fra bilvaskeanlegg til kommunalt rensanlegg
61. Veileder i planlegging av fornyelse av vannledningsnett
62. Veileder i planlegging av spyling og pluggkjøring av vannledningsnett
63. Mal for godkjenning av vannverk
64. Driftserfaringer fra anlegg for stabilisering og hygienisering av slam i Norge
65. Forslag til veileder for fettavskillere til kommunalt avløpsnett
66. EØS-regelverket brukt på anskaffelser i VA-sektoren
67. Filter som hygienisk barriere - fase 3
68. Korrosjonskontroll ved Stange vannverk
69. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Siler/finnister
70. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Store slamavskillere samt underlag for veileder
71. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 3. Veileder for valg av rensemetode ved utslipp til gode sjøresipienter
72. Utviklingstrekk og utfordringer innen VA-teknikken. Sammenstilling av resultatet fra arbeidet i NORVARs gruppe for langtidsplanlegging i VA-sektoren
73. Etablering av NORVARs VA-infotorg. Bruk av internett som kommunikasjonsverktøy (*Utgått*)
74. Informasjon fra NORVARs faggruppe for EDB og IT. Spesialrapport - 5. Utgave Beskrivelse av 34 EDB-programmer/Moduler for bruk i VA-teknikken (*Erstattet av 133/03*)
75. NORVARs faggruppe for EDB og IT. IT-strategi i VA-sektoren. (*Erstattet av 133/03*)
76. Dataflyt-klassifisering av avløpsledninger. (*Erstattet av 150/07*)
77. Alternative områder for bruk av slam utenom jordbruket. Forprosjekt
78. Alternative behandlingsmetoder for fettslam fra fettavskillere
79. Informasjonssystem fordrikkevann, forprosjekt
80. Sjekkliste/veiledninger for prosjektering og utførelse av VA-hoved og stikkledninger - sanitærinstallasjoner
81. Veileder. Kontrahering av VA-tekniske prosessanlegg i totalentreprise
82. Veileder for prøvetaking av avløpsvann
83. Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering (*Erstattet av 145/05*)
84. Forfall og fornyelse av ledningsnett
85. Effektiv partikkelseparasjon innen avløpsteknikken
86. Behandling og disponering av vannverksslam. Forprosjekt
87. Kalsiumkarbonatfilter for korrosjonskontroll. Utprøving av forskjellige marmormasser
88. Vannglass som korrosjonsinhibitor. Resultater fra pilotforsøk i Orkdal kommune
89. VA-ledningsanlegg etter revidert plan- og bygningslov
90. Actiflo-prosjektet ved Flesland ra
91. Vurdering av "slamfabrikk" for Østfold
92. Informasjon om VA-sektoren - forprosjekt
93. Videreutvikling av NORVAR. Resultatet av strategisk prosess 1997/98
94. Nettverksamarbeid mellom NORVAR, driftsassistanter og kommuner
95. Veileder for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken

96. Rist- og silgods - karakterisering, behandlings- og disponeringsløsninger
 97. Slamforbrenning (VA-forsk 1999-11). (Samarbeidsprosjekt med VAV)
 98. Kvalitetssystemer for VA-ledninger. Mal for prosessen for å komme fram til kvalitetssystem som tilfredsstiller kravene i revidert plan- og bygningslov
 99. Veiledning i dokumentasjon av utslipp
 100. Kvalitet, service og pris på kommunale vann- og avløpstjenester
 101. Status og strategi for VA-opplæringen
 102. Oppsummering av resultater og erfaringer fra forsøk og drift av nitrogenfjerning ved norske avløpsrenseanlegg
 103. Returstrømmer i renseanlegg. Karakterisering og håndtering
 104. Nordisk konferanse om nitrogenfjerning og biologisk fosforfjerning 1999
 105. Sjekkliste plan- og byggeprosess for silanlegg
 106. Effektiv bruk av driftsinformasjon på renseanlegg/mal for rapportering
 107. Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Teknisk veiledning. Foreløpig utgave
 108. Data for dokumentasjon av VA-sektorens infrastruktur og resultater
 109. Resultatindikatorer som styringsverktøy for VA-ledelsen
 110. Veileder i konkurranseutsetting. Avtaler for drift og vedlikehold av VA-anlegg
 111. Eksempel på driftsinstruks for silanlegg. Cap Clara i Molde kommune
 112. Erfaringer med nye rensløsninger for mindre utslipp
 113. Nødvendig kompetanse for drift av avløpsrenseanlegg. Læreplan for driftsoperatør avløp
 114. Nødvendig kompetanse for drift av vannbehandlingsanlegg. Læreplan for driftsoperatør vann
 115. Pumping av avløpsslam. Pumpetyper, erfaringer og tikk
 116. Scenarier for VA-sektoren år 2010
 117. VA-juss. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (*Erstattet av 134/03*)
 118. Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR- teknikk (*Erstattet av 138/04*)
 119. Omstruktureringer i VA-sektoren i Norge En kartlegging og sammenstilling
 120. Strategi for norske vann- og avløpsverk. Rapport fra strategiprosess 2000/2001
 121. Kjøkkenavfallskverner for håndtering av matavfall. Erfaringer og vurderinger
 122. Prosessen ved utarbeidelse av miljømål for vannforekomster. Erfaringer og råd fra noen kommuner
 123. Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Veiledning for utarbeidelse av lokale forskrifter
 124. Nødvendig kompetanse for legging av VA-ledninger. Læreplan for ADK 1
 125. Mal for forenklet VA-norm
 126. Organisering og effektivisering av VA-sektoren. En mulighetsstudie
 127. Vassdragsforbund for Mjøsa og tilløpselvene - en samarbeidsmodell
 128. Bruk av resultatindikatorer og benchmarking i effektivitetsmåling av kommunale VA-virksomheter. Erfaringer og anbefalinger fra et prøveprosjekt
 129. Røriinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering hovedledninger
 130. Gjenanskaffelseskostnadene for norske VA-anlegg
 131. Effektivisering av avløpssektoren
 132. Forslag til nytt system for prosjektvirksomheten i NORVAR
 133. IT-strategi for VA-sektoren. Veiledning
 134. VA-JUS. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (*Oppdateres årlig på www.norskvann.no*)
 135. Vannledningsrør i Norge. Historisk utvikling. 26 dimensjonstabeller
 136. Hygienisk barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?
 137. Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng (*erstattet av 181/2011*)
 138. Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR-teknikk. Revidert utgave
 139. Erfaringar med klorering og UV-stråling av drikkevatt
 140. NORVARs videre arbeid med slam. Strategisk plan for prosjektvirksomhet, informasjon og kommunikasjon. Forprosjekt
 141. Trenger Norge en VA-lov? Drøfting av behovet for en egen sektorlov for vann og avløp
 142. NORVARs benchmarkingsprosjekt 2004 Presentasjon av målesystem og resultater for 2003 ed analyse av datamaterialet
 143. Kartlegging av mulig helserisiko for abonnenter berørt av trykkløs vannledning ved arbeid på ledningsnettet
 144. Veiledning i overvannshåndtering (*Erstattet av 162/08*)
 145. Inspeksjonsmanual for avløpssystemer. Del 1 – Ledninger
 146. Bærekraftig vedlikehold. Betrakninger av utvalgte problemstillinger knyttet til langsiktig forvaltning av vannledningsnett
 147. Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann
 148. Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsprogrammer for drikkevann
 149. Tilførsel av industrielt avløpsvann til kommunalt nett. Veiledning
 150. Dataflyt – Klassifisering av avløpsledninger
 151. Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)
 152. Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren
 153. Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren
 154. Norm for tagkoding i VA-anlegg
 155. Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren
 156. Veiledning for oljeutskilleranlegg
 157. Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07
 158. Termoplastrør i Norge – før og nå
 159. Håndbok i kildeprobing i avløpssystemet
 160. Driftserfaringer med membranfiltrering
 161. Helsemessig sikkert vannledningsnett
 162. Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering
 163. Veiledning for innhenting og evaluering av tilbud på analyseoppdrag
 164. Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann
 165. Innsamlingsverktøy for vedlikeholdsdata
 166. Tiltak for å bedre fosforfjerningen på kjemiske renseanlegg
 167. Veiledning for kjøp av VA-kjemikalier
 168. Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg
 169. Optimal desinfeksjonspraksis fase 2
 170. Veileder til god desinfeksjonspraksis
 171. Erfaringer med lekkasjekontroll
 172. Trykktap i avløpsnett
 173. Veiledning for bruk av støpejernsrør
 174. Hygienisering av avløpsslam. Langtidslagring og enkel rankekompostering. Resultater fra 3 års valideringstesting
 175. Vann og avløp for nye i bransjen – læreplan E-læring og samlinger
 176. Statlige gebyrer og avgifter på de kommunale VAR-tjenestene
 177. Drikkevannskvalitet og kommende utfordringer – problemoversikt og status
 178. Grunnundersøkelser for infiltrasjon – mindre avløpsanlegg
 179. Veiledning i utarbeidelse av kommunale gebyrforskrifter for vann og avløp
 180. Fjernavlesning av vannmålere
 181. Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng
 182. Prøvetaking av avløpsvann og slam
- Rapportserie B:
- B1: Effektive VA-organisasjoner og tilfredse brukere. Forprosjekt
 - B2: PressurePuls for deteksjon av lekkasje på vannledninger.
 - B3: Kvalitetsheving av nye VA-ledningsanlegg. Kartlegging og tiltaksforslag
 - B4: Vannkvalitet i ledningsnett – Problemoversikt og status. Forprosjekt.
 - B5: Utslipp fra bilvaskehaller
 - B6: Kommunikasjonsstrategi for NORVAR og norske vann og avløpsverk
 - B7: Sandnesmodellen. Eksempel på system for kommunikasjon og virksomhetsstyring
 - B8: Forprosjekt energinettverk i VA-sektoren
 - B9: Utvikling av et system for spørreundersøkelser blant VA-kundene
 - B10: Vannkilden som hygienisk barriere
 - B11: Økonomiske forhold i interkommunalt VA-samarbeid – praksis og kjøregregler
 - B12: Drikkevatt i media
 - B13: Silslam – mengder, behandlingsløsninger og bruksområder. Forprosjekt.
 - B14: Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren - forprosjekt
- Rapportserie C:
- C1: Sårbarhet i vannforsyningen
 - C2: Stoff for stoff – kilde for kilde. Kvikksløv i avløpsnettet
 - C3: Samarbeid om økt bruk av avløpsslam på grøntarealer
 - C4: Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling
 - C5: Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen - veiledning

De mest aktuelle rapportene ligger som PDF-filer på www.norskvann.no



- 💧 Norsk Vann er en ikke-kommersiell interesseorganisasjon for vann- og avløpssektoren (VA-sektoren). Organisasjonen skal bidra til å oppfylle visjonen om rent vann ved å sikre VA-sektoren funksjonelle rammevilkår og legge til rette for kunnskapsutvikling og kunnskapsdeling.
- 💧 Norsk Vann eies av norske kommuner, kommunalt eide VA-selskaper, kommunenes driftsassistanser for VA og noen private andelsvannverk. Norsk Vann representerer ca 360 kommuner med over 95 % av landets innbyggere. Virksomheten finansieres i hovedsak gjennom kontingenter fra medlemmene.
- 💧 Norsk Vann styres av eierne gjennom årsmøtet og av et styre sammensatt av representanter fra eierne.

- 💧 I Norsk Vanns prosjektsystem gjennomføres hvert år prosjekter for ca. 6 mill. kroner
- 💧 Det er praktiske og aktuelle spørsmål innenfor vann- og avløp som utredes
- 💧 Deltakerne foreslår prosjekter, styrer gjennomføringen og får full tilgang til alle resultater

