



NVE

Reguleringsmyndigheten
for energi – RME

Fleksibilitet i verdens største maskin

AMS 2.0

Sommerprosjekt 2023

Forfattere: Hanna Steine, Vetle Malum, Embla Vesterdal og
William Fosdahl

Reguleringsmyndigheten for energi
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95

E-post: rme@nve.no

Internett: www.reguleringsmyndigheten.no

FORORD	V
SAMMENDRAG	VI
ABSTRACT	VI
LISTE OVER SENTRALE BEGREPER OG FORKORTELSER	VII
1 INNLEDNING	1
1.1 RAPPORTENS STRUKTUR, METODE OG AVGRENSNING	2
2 DAGENS AMS OG FRAMTIDENS BEHOV	3
2.1 KRAV TIL DAGENS AMS-MÅLER	3
2.2 AMS-INFRASTRUKTUR.....	3
2.3 JURIDISK RAMMEVERK	5
2.3.1 <i>Menneskerettighetenes rolle</i>	5
2.3.2 <i>EØS-rettens rolle</i>	6
2.4 FORVENTET UTVIKLING OG BEHOV HOS HUSHOLDNINGER	6
3 KARTLAGTE FUNKSJONER	7
3.1 REGISTRERING OG INNHENTING AV MÅLEVERDIER	8
3.1.1 <i>Lagre måleverdier med en registreringsfrekvens på maksimalt 15 minutter</i>	8
3.1.2 <i>Kunne stille om til en registreringsfrekvens på minimum 5 minutter</i>	10
3.1.3 <i>Mulighet til periodisk aktivering av hyppigere måling for nettselskapet</i>	11
3.1.4 <i>Måling av bruttoproduksjon og bruttoforbruk</i>	11
3.1.5 <i>Kommunikasjon mellom AMS og nettselskapets innsamlingsystem</i>	12
3.1.6 <i>Nasjonal innsamlingsløsning</i>	12
3.1.7 <i>Kommunikasjon med undermålere</i>	13
3.2 REGULERING AV FORBRUK OG PRODUKSJON	13
3.2.1 <i>Sentral struping og bryting av laster</i>	14
3.2.2 <i>Lokal struping og bryting av laster</i>	15
3.2.3 <i>Bruk av AMS som smart sikring</i>	15
3.2.4 <i>Redusere egen sikringskapasitet</i>	15
3.2.5 <i>Omvendt og dynamisk strupefunksjon</i>	16
3.3 UTFORMING AV AMS.....	16
3.3.1 <i>Oppgradering av AMS med ekstra moduler</i>	16
3.3.2 <i>Strømmålerens levetid og oppgraderingspotensiale</i>	18
3.3.3 <i>Regulere strømmålerens fysiske størrelse</i>	18
3.3.4 <i>Øke minstekrav om maksimal amperestyrke</i>	18
3.3.5 <i>Fjerne krav om display</i>	19
3.4 HAN-PORTEN.....	19
3.4.1 <i>Standard for HAN-porten</i>	20
3.4.2 <i>Toveisstyrt HAN-port</i>	21
3.4.3 <i>Kostnader til ekstrautstyr for å benytte HAN porten finansiert av nettselskapene</i>	21
3.4.4 <i>HAN over skyplattform</i>	21
3.5 LEVERINGSKVALITET OG NETTDRIFT.....	22
3.5.1 <i>Spenningsmål</i>	22
3.5.2 <i>Varsling av spenningsavbrudd og kritisk spenningsavvik</i>	23
3.5.3 <i>Statistisk registrering av leveringskvalitet og avbruddsstatistikk</i>	23
3.5.4 <i>Varsling av jordingsfeil</i>	24
3.6 SIKKERHETSKRAV	24
3.6.1 <i>Sikkerhetskrav for programvareoppdatering</i>	25
3.6.2 <i>Sikkerhetskrav for bryte- og strupefunksjonalitet</i>	25
3.7 DATAINNSAMLING FOR MÅLEPUNKT HVOR KOMMUNIKASJONSMODUL IKKE ER INSTALLERT	26
3.7.1 <i>Tidsavgrenset kommunikasjon av måledata</i>	26
3.7.2 <i>Nettselskap kan tilby ulike kommunikasjonsløsninger</i>	26
4 KONKLUSJON OG VEIEN VIDERE	28

REFERANSELISTE.....29

Forord

Denne rapporten er skrevet på oppdrag for Reguleringsmyndigheten for energi (RME) og ser på hvordan AMS 2.0 kan bidra til fleksibilitet i verdens største maskin, med hovedfokus på strømmålerens funksjonskrav.

Rapporten er skrevet av RMEs sommerstudenter som består av William Fosdahl, Vetle Malum, Hanna Steine og Embla Vesterdal, med studiebakgrunn fra henholdsvis rettsvitenskap, miljøfysikk og fornybar energi, industriell økonomi og samfunnsøkonomi.

Gjennom prosjektet har vi fått innspill fra BKK, Elvia, Elhub, Kamstrup, Norgesnett og NVE, som har vært til stor hjelp i kartleggingsarbeidet. Vi har satt stor pris på alle som har tatt seg tid til å svare på spørsmål, delta i møter og formulere innspill til oppgaven.

Vi vil rette en stor takk til hver og en i RME som har hjulpet med innspill, gode samtaler og ellers bidratt til en fantastisk sommer. Vi vil spesielt takke våre veiledere som har hjulpet oss hele veien, Marit Serianna Hjerpseth, Sebastian Johansen, Sigrid Moe og Mathias Bohlin, og Catharina Hovind, Øyvind Toftegaard og Fahad Jamil for nyttige kommentarer underveis i skriveprosessen.

Vi håper at denne rapporten kan være til god hjelp for neste generasjon AMS i Norge, og at den kan inspirere alle lesere til å finne gode løsninger på AMS 2.0!

Sammendrag

Rapporten ser på muligheten for å øke fleksibiliteten i kraftsystemet gjennom å utvide funksjonen til digitale strømmålere. Oppgaven starter med å belyse hovedfunksjonene til dagens digitale strømmålere (AMS 1.0), samt gjeldende regelverk. Deretter ser vi nærmere på hvilke behov som kan bli nødvendig å dekke med neste generasjons digitale strømmålere (AMS 2.0).

Hoveddelen av rapporten er en oversikt over og beskrivelse av mulige funksjoner i AMS 2.0. Funksjonene vi har identifisert knytter seg til måleverdinnsamling, forbruksregulering, AMS-design, sikkerhetskrav og løsninger for målepunkter der kommunikasjonsmodulen ikke er implementert.

Rapporten konkluderer med at AMS 2.0 kan øke fleksibiliteten og balansen i kraftsystemet. Aktuelle funksjoner for å muliggjøre fleksibilitet og balanse kan være hyppigere målinger, målinger av flere verdier, økt mulighet for styrings- og brytefunksjoner i måleren og tilrettelegging av forbrukertilpassede funksjoner. En mulig utfordring er at disse funksjonene må balanseres med hensynet til personvern. Rapporten gir derfor ingen konkrete anbefalinger, og er kun ment som et startpunkt til videre arbeid med AMS 2.0.

Abstract

The report explores the possibility of enhancing flexibility in the power system by expanding the capabilities of smart meters. The report begins by highlighting the main functions of current smart meters (AMI 1.0), as well as the applicable regulations. Then, we delve into the potential requirements for the next generation of smart meters (AMI 2.0) based on expected trends in consumer needs.

The main section of the report provides an overview and description of potential features in AMI 2.0. The identified features are categorized under themes such as meter data collection, consumption regulation, AMI design, security requirements, and solutions for meter points where the communication module is not yet implemented.

The report concludes that AMI 2.0 could enhance flexibility and balance in the power system. Relevant features to achieve this could be more frequent measurements, measurements of an increased number of values, increased potential for control and switching functions within the meter, and customization of features for different consumer segments. One potential challenge could be to strike a reasonable balance between the interests of these functions and the interest of consumer privacy. Therefore, the report does not provide specific recommendations and is intended solely as a starting point for further work on AMI 2.0.

Liste over sentrale begreper og forkortelser

AMS	Avanserte måle – og styringssystemer. Digital strømmåler som registrerer og sender inn timevis strømforbruk. ¹
Avbrudd	Tilstand karakterisert ved uteblitt levering av elektrisk energi til en eller flere sluttbrukere, hvor alle forsyningsspenningsnivåene er under 5 prosent av avtalt spenningsnivå. Avbruddene klassifiseres i langvarige avbrudd (> 3 min) og kortvarige avbrudd (≤ 3 min). ²
Distribusjonsnett	Distribusjonsnettet er den delen av kraftnettet som forsyner sluttbrukere. ³
Elhub	Sentral datahub for måleverdier. Datterselskap til og heleid av Statnett. ⁴
Flimmer	Synlig variasjon i lys. Spenningen endrer seg slik at lysstyrken varierer og slik at øyet kan oppfatte det. Mulige årsaker: Lysbueovner, sveiseutstyr, store lastvariasjoner.
Harmonisk forvrenging	Overlagrede spenninger med forskjellig frekvens fra grunnfrekvensen.
Intermitterende jordfeil	Jordfeil som kommer og går.
Jordfeil	En isolasjonssvikt eller feil på det elektriske anlegget som oppstår mellom en spenningsførende del og jord, eller annen gjenstand som har jordpotensiale. ⁵
Konsentrator	Komponent i AMS-systemet som samler måledata fra AMS-målere, for deretter å sende disse videre til innsamlingssystemet hos nettselskap. Konsentratoren er ofte installert i nettselskapets nettstasjon. Andre løsninger benytter en master, som er installert hos noen kunder. Se beskrivelse for master.
Kortvarig overspenning	Kortvarig overspenning – Kan oppstå av samme grunn som spenningsprang, men spenningen overstiger 110 % av avtalt spenningsnivå (i et nett med spenningsnivå 230 V, tilsvarer 110 % 253 V). Varighet 10 ms til 60 s.
Kortvarig underspenning	Kan oppstå av samme grunn som spenningsprang, men spenningen går under 90 % av avtalt spenningsnivå (i et nett med spenningsnivå 230 V, tilsvarer 90 % 207 V). Varighet 10 ms til 60 s. Årsak: kortslutninger i nettet, store lastpåslag
Lavspenningsanlegg	Elektrisk anlegg med spenningsstyrke opp til 1000V (vekselspenning) eller 1500V (likespenning). Brukes blant annet i boliger. ⁶
Leveringskvalitetsforskriften	Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet.
Master	En konsentrator hvor AMSen til en kunde opererer som en konsentrator, og samler inn data fra flere strømmålere.
M-Bus	Er en europeisk standard for fjernavlesning av vann-, gass- eller strømmålere. Grensesnittet er laget for kablet kommunikasjon på to ledninger. ⁷
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat. Direktoratet underlagt olje- og energidepartementet med ansvar for å forvalte landets vann- og energiresurser.
Overføringsknapphet	Tilstand i kraftsystemet karakterisert ved at nettet ikke er i stand til å overføre eller transportere tilstrekkelig mengde elektrisk energi for å dekke etterspørselen i en bestemt

¹Elvia (u.d.), «AMS: Dette må du vite».

²NVE (2023), «Driften av kraftsystemet 2022».

³NVE (2023), «Nett».

⁴Statnett (2018), «Elhub».

⁵SNL (2019), «jordfeil».

⁶Jf. Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg, § 3.

⁷M-bus (u.d.), «The standards for remote reading of smart metering».

	region eller område. Dette oppstår typisk når etterspørselen etter elektrisitet overstiger kapasiteten til overføringslinjene og infrastrukturen som er tilgjengelig.
Plusskunde	En nettkunde som både forbruker og produserer elektrisk energi. ⁸
Prosumer	En prosumer er et individ som både forbruker og produserer. Begrepet er ofte brukt om plusskunder.
Reapeter	En konsentrator uten målefunksjonalitet. En repeater opererer som en forsterker ved å gjenta signalet den mottar. Disse er typisk brukt i områder med lang avstand mellom målepunkt og/eller nettstasjon.
Relé	Er en elektrisk enhet som kan åpne og lukke en strømtilførsel til spesifikke apparater eller enheter basert på elektriske signaler.
Retningsbestemt sumstrømmåling	Måling som kan detektere på hvilken side av strømlinjen jordfeilen ligger.
RME	Reguleringsmyndigheten for energi. Var inntil 2019 en avdeling i Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og som gikk under navnet EI-markedstilsynet. Etter at tredje energimarkedspakke ble innført i norske rett har RME vært en uavhengig reguleringsmyndighet og blitt organisert som en egen enhet i NVE. ⁹
Spenningsmåling fase-jord	Måling som viser jordfeil enten den er enpolet eller flerpolet.
Spenningsprang	En endring av spenningens effektivverdi innenfor $\pm 10\%$ av avtalt spenningsnivå, som skjer hurtigere enn $0,5\%$ av avtalt spenningsnivå pr. sekund. Spenningen er hele tiden innenfor intervallet $207 < U$.
Spenningsasymmetri	Når linjespenningene i et flerfaset system ikke har lik effektivverdi eller vinklene mellom dem er ulike. Spenningsasymmetri oppstår når det er skjev fordeling av lasten i kraftsystemet.
Sumstrømmåling	Måling som gir en god indikasjon på hvor jordfeilen befinner seg, men flerpolet jordfeil (jordfeil på mer enn en fase) blir ikke nødvendigvis detektert.
Termisk overbelastning	Belastning i form av varme på kabler, ledninger og transformatorer.

⁸ NVE (2023), «Plusskunder».

⁹ NVE (2021), «Hvem er reguleringsmyndigheten for energi?».

1 Innledning

En stor vekst i utbygningen av sol-¹⁰ og vindkraftverk¹¹ kombinert med en forventning om økt kraftforbruk¹² i årene fremover skaper utfordringer i det norske kraftmarkedet. Sol- og vindkraft kan, sammenlignet med vannkraft og ikke-fornybare energikilder, i liten grad reguleres eller lagres etter behov. Ved høy kraftetterspørsel er det derfor vanskelig for lokal kraftproduksjon å møte forbrukernes behov. Kraften kan isteden importeres fra andre regioner, men overføringskapasiteten i distribusjonsnettet er begrenset.

I dag bygger Statnett og nettselskapene ut nettet ved kapasitetsproblemer¹³, selv om kapasitetsproblemene kun oppstår et par timer om dagen. Utbyggingen av nettet er både omfattende og dyrt. Derfor kan økt fleksibilitet, med jevner etterspørsel og tilbud av kraft, være mer hensiktsmessig. For forbrukere er en digital strømmåler et viktig verktøy for å kunne justere forbruket etter prissignaler. Nettselskapene har også stor nytte av måledata fra strømmåler som i dag brukes i arbeid med balansering av kraftnettet.

Med dette som utgangspunkt, ønsker vi å se på løsninger for hvordan digitale strømmålere (AMS) kan bidra til økt fleksibilitet. Fra 2019 var det forskriftsfestet at AMS skulle være installert i alle målepunkt i Norge.¹⁴ Dekningsgraden er i dag på rundt 98,8 %, og utrullingene kan derfor anses som vellykket. Strømmålerne registrer hvor mye strøm hver husholdning kjøper av, og eventuelt selger til, kraftnettet på timesbasis.¹⁵

De første nettselskapene installerte AMS allerede i 2011. Etersom AMS er antatt å ha en brukstid på rundt 15-20 år,¹⁶ nærmer levetiden til enkelte av målerne seg slutten. Gjeldende funksjonskrav for AMS ble utformet i 2011¹⁷, og siden den gang har både kraftsystemet og bransjen opplevd stor teknologisk utvikling. Når vi skal undersøke hvordan AMS kan sikre fleksibilitet i energisystemet ønsker vi derfor å se på hvilke muligheter og krav som burde ligge i neste generasjon AMS (AMS 2.0).

Rapportens forskningsspørsmål kan oppsummeres som:

Hvilke muligheter kan ligge i neste generasjons AMS?

¹⁰ NVE (2023), «Plusskundestatistikk».

¹¹ NVE (2023), «Data for utbygde vindkraftverk i Norge».

¹² Statnett (2023), «Forventer kraftig vekst i kraftforbruket, avhengig av nett og mer kraftproduksjon».

¹³ NVE (2021), «Ny teknologi og forbrukerfleksibilitet».

¹⁴ NVE (2023), «Sluttrapport om innføring av avanserte måle- og styringssystemer (AMS)».

¹⁵ Jf, Forskrift om måling, avregning, fakturering av netjtjenester og elektrisk energi, § 4-2.

¹⁶ NVE (2019), «Husholdningenes strømforbruk og lastvariasjoner».

¹⁷ NVE (2011), «Avanserte måle- og styringssystemer. Høringsdokument februar 2011».

1.1 Rapportens struktur, metode og avgrensning

Denne rapporten er i stor grad basert på erfaringer og perspektiver fra ulike representanter fra AMS-selskaper, nettselskap og andre bransjeaktører. Vi har gjennomført dybde- og semistrukturerte intervjuer med disse aktørene for å få innsikt i deres synspunkter og kunnskap, og vi refererer til disse intervjuene der det er relevant under beskrivelsen av de kartlagte funksjonskravene.

Rapporten presenterer innledningsvis dagens funksjoner og funksjonskrav til AMS-måleren. I rapportens hoveddel presenteres de kartlagte funksjonskrav og andre mulige anvendelser av AMS i en liste, før de utdypes nærmere i de påfølgende delkapitlene. Avslutningsvis konkluderer vi kort om de viktigste funnene i rapporten, og anbefaler hvor videre arbeid bør fortsette.

Rapporten er avgrenset til å undersøke målepunkt hos husstander i lavspenningsanlegg.

2 Dagens AMS og framtidens behov

I dette kapittelet behandler vi hvordan AMS reguleres og målerens infrastruktur. Vi presenterer også aktuelle behov for fremtidens generasjon med smarte strømmålere.

2.1 Krav til dagens AMS-måler

Dagens AMS-målere er hovedsakelig regulert av forskrift om måling, avregning, fakturering av netjtjenester og elektrisk energi, nettselskapets nøytralitet mv. av 1999 (heretter forskrift om kraftomsetning og netjtjenester). I forskriftens § 1-3 tredje ledd defineres avanserte måle- og styringssystemer (AMS) som et «*[t]oveis informasjons- og kommunikasjonssystem fra og med elektrisitmålere som danner grunnlag for avregning av utveksling, innmating og uttak, til og med sentralsystemet hos nettselskapet eller nettselskapets leverandør*».

Forskrift om kraftomsetning og netjtjenester fastsetter også funksjons- og sikkerhetskrav for AMS-målerne og Elhubs datainnsamling- og behandling.¹⁸ Funksjonskravene for AMS i målepunkt for sluttbrukere kommer frem av forskriften § 4-2, hvor det fremgår at:

«I målepunkt for sluttbrukere i lavspenningsanlegg skal AMS:

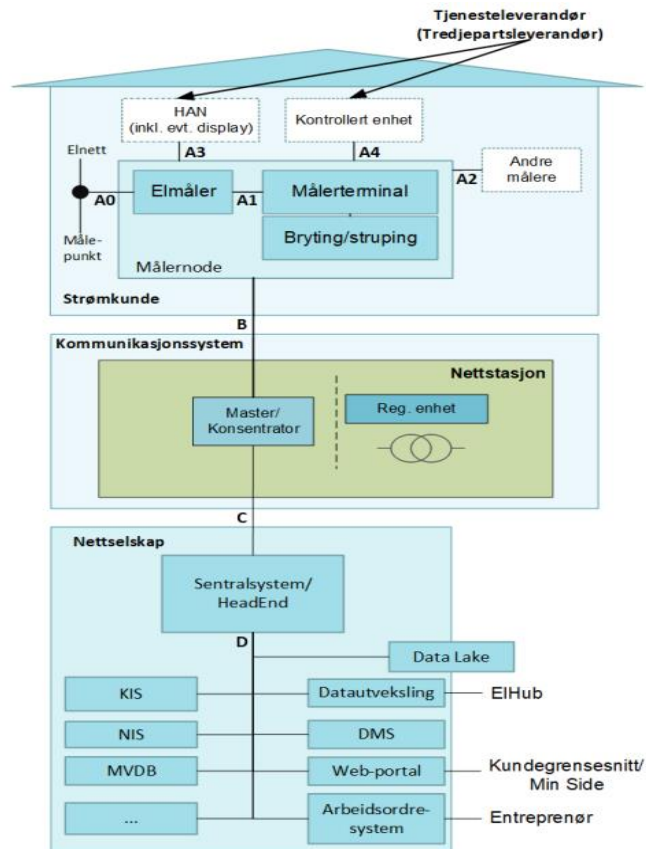
- a. lagre måleverdier med en registreringsfrekvens på maksimalt 60 minutter, og kunne stilles om til en registreringsfrekvens på minimum 15 minutter,*
- b. ha et standardisert grensesnitt som legger til rette for kommunikasjon med eksternt utstyr basert på åpne standarder,*
- c. kunne tilknyttes og kommunisere med andre typer målere,*
- d. kunne bryte og begrense effektuttaket i det enkelte målepunkt, unntatt trafomålte anlegg,*
- e. kunne sende og motta informasjon om kraftpriser og tariffer, samt kunne overføre styrings- og jordfeilsignal og*
- f. registrere flyt av aktiv og reaktiv effekt i begge retninger.»*

2.2 AMS-infrastruktur

Funksjonskravene for AMS i målepunkt hos sluttbrukere åpner for at nettselskapene kan ta i bruk ulike kommunikasjonsløsninger, så lenge løsningene oppfyller funksjonskravene spesifiser i kapittel 2.1.

Dermed er AMS infrastrukturen løst ulikt fra nettselskap til nettselskap. Figur 1 er en illustrasjon av en generell infrastruktur-løsning for kommunikasjon mellom måleren og nettselskap.

¹⁸ Jf. Forskrift om måling, avregning, fakturering av netjtjenester og elektrisk energi, nettselskapets nøytralitet mv. kap. 4 og 5.



Figur 11: Illustrasjon av generell AMS-infrastruktur. Hentet fra NVEs «Fremtidens Avanserte Måle og Styringssystem (AMS)» (2019)¹⁹.

De fleste norske nettselskap bruker radionett i kombinasjon med en konsentrator for å samle inn måledata fra flere målere, og sender deretter denne informasjonen til nettselskapets innsamlingssystem. Noen nettselskap velger å bruke en av AMS-målerne hos en kunde som en "master"-konsentrator. «Master»-konsentratoren mottar data fra flere AMS-målere og videregir dem til nettselskapet. Det finnes også tilfeller der nettselskapene velger å bruke en "repeater" som konsentrator. En «repeater» fungerer som en forsterker og gjentar signalet den mottar fra AMS-målerne, før den sender signalet videre til innsamlingssystemet. «Repeateren» brukes ofte i områder med lange avstander mellom kunde og nettstasjon. Alternativt brukes også SIM-kort-løsninger, der måledataen overføres direkte mellom målerne og innsamlingssystemet.

Praksisen for å bruke eget sentralsystem eller å benytte en tjenesteleverandør for innsamling og håndtering av måledataene varierer mellom nettselskapene. Noen selskaper velger også en kombinasjon

¹⁹ NVE (2019), «Fremtidens Avanserte Måle og Styringssystem (AMS)».

av eget sentralsystem og tjenesteleverandørens system. Valgmulighetene tillater nettselskapene å tilpasse implementeringen av AMS til ulike krav og infrastruktur.

2.3 Juridisk rammeverk

Forskrift om kraftomsetning og netjtjenester er gitt med hjemmel i energiloven av 1999 (heretter energiloven) § 10-6 første og annet ledd, jf. § 4-3 første ledd, jf. energilovforskriften av 1990 § 9-1. I tillegg bidrar forskriften med å gjennomføre elektrisitetsdirektivet av 2009 i norsk rett.²⁰ Forskriften må derfor være i tråd med energiloven og annen ufravikelig lovgivning. Dersom forskriften strider mot ufravikelig lovgivning, må den settes til side.²¹ Det er derfor interessant å undersøke om andre lover, i tillegg til energiloven, setter begrensinger for reguleringen av nye AMS-målere.

2.3.1 *Menneskerettighetenes rolle*

Den nasjonale utrulling av AMS-målere og Elhubs datalagringsmandat aktualiserer en rekke interessante menneskerettighetsspørsmål. Rettspraksis og juridisk litteratur viser at blant annet privatliv- og personvernsrettslige konsekvenser har vært drøftet i forbindelse med installering og tilgang til AMS, så vel som ved innsamling, lagring og behandling av energiinformasjonen fra måleren.²²

I norsk rett er menneskerettighetene lovfestet på flere nivåer. Norge har forankret noen rettigheter i Grunnloven av 1814, mens andre rettigheter er inkorporert gjennom lov om styrking av menneskerettighetenes stilling i norsk rett (menneskerettsloven) av 1999. Menneskerettsloven inkorporerer Europarådets konvensjon om beskyttelse av menneskerettighetene og de grunnleggende friheter av 1950 (EMK) med tilleggsprotokoller.²³ Grunnloven og bestemmelser inkorporert gjennom menneskerettsloven går ved motstrid også foran bestemmelser i annen lovgivning.²⁴

Grunnloven og EMK er i hovedsak overlappende, siden Grunnlovens rettighetsbestemmelser er utformet med inspirasjon fra EMK. Grunnlovens forarbeider uttrykker i den forbindelse at reglene skal være «egnet til å imøtekomme den rettsutvikling som skjer internasjonalt gjennom tolkning og presisering av EMK».²⁵ EMK er derfor en aktuell tolkningskilde for flere av Grunnlovens menneskerettighetsbestemmelser.

At Grunnloven er bygget opp på samme måte som EMK medfører også at reglene følger den samme fireleddete vurderingen, selv om det ikke fremgår direkte av Grunnlovens ordlyd.²⁶ I praksis innebærer

²⁰ Direktiv 2009/72/EF, 2012/27/EF.

²¹ Jf. Grunnloven § 89.

²² Lagmannsrettsdommen inntatt i LB-2021-136295 kapittel 2; Cuijpers (2013), «Smart metering and privacy in Europe: Lessons from the Dutch Case»; Sælør (2019), «Smarte strømmålere og Elhub – en personvernsrettslig analyse».

²³ Menneskerettsloven § 2 første ledd første nummer 1.

²⁴ Jf. henholdsvis Grunnloven § 89 og menneskerettsloven § 3, jf. § 2.

²⁵ Jf. Dok.nr. 16 (2011–2012) punkt 30.6.

²⁶ Rt. 2014 s. 1105 avsnitt 28.

det at man 1) skal vurdere om det foreligger et inngrep i en rettighet, og deretter eventuelt om inngrepet 2) har hjemmel i lov, 3) ivaretar et legitimt formål og 4) er forholdsmessig.²⁷

2.3.2 EØS-rettens rolle

EØS-retten spiller en stadig større rolle i norsk rett, og går ved motstrid foran andre bestemmelser som regulerer samme forhold.²⁸ Utrullingen av AMS 2.0 vil derfor måtte forholde seg til EØS-rettens rammeverk. I dag bidrar dagens AMS-regelverk med å implementere to EØS-direktiver, men andre rettsakter kan også få betydning for reguleringen av AMS.²⁹ Et eksempel er personvernforordningen av 2016 (GDPR), som oppstiller vern for fysiske personer i forbindelse med behandling av personopplysninger.³⁰ Personvernforordningen kan være relevant siden informasjonen fra AMS-målerne potensielt kan brukes til å kartlegge sensitiv informasjon som husholdningers ferievaner og beboeres religiøse tilhørighet.³¹ Vi behandler GDPR og andre aktuelle rettsakter fra EØS forløpende ettersom vi finner det interessant.

2.4 Forventet utvikling og behov hos husholdninger

Norske husholdninger blir stadig mer komplekse, som følge av teknologisk utvikling. Det har blitt vanlig med elektriske kjøretøy, og dermed også økende interesse for ladestasjon i husstanden.³² Samtidig ønsker flere å produsere sin egen strøm. På kun fire år har antall sluttbrukere som både forbruker og produserer elektrisk energi blitt åttedoblet.³³

Den teknologiske utviklingen fører til at nettselskapene må drifte et kraftnett med stadig mer begrenset kapasitet, økende kraftetterspørsel og toveis kraftoverføring. Til sammen gir utviklingen større usikkerheter, som det må tas hensyn til i planlegging og dimensjonering av distribusjonsnettet.³⁴ For eksempel kan effektkrevende utstyr og innmating av kraft fra solcelleanlegg forårsake hurtigere variasjoner i effektflyt og spenning innad i hver driftstime i lavspenningkretser. Denne utviklingen øker behovet for forbrukerfleksibilitet, energilagring og lastflytting. Det er også mulig at husholdninger tar del i lokale og sentrale fleksibilitetsmarkeder.³⁵

²⁷ Ibid.

²⁸ EØS-loven § 2, jf. § 1.

²⁹ 2009/72/EF og 2012/27/EF.

³⁰ GDPR er implementert i norsk rett gjennom personopplysningsloven av 2018.

³¹ Eibl, G., et. al. (2017), "Unsupervised Holiday Detection from Low-resolution Smart Metering Data"; Cleemput, S. (2018), "Secure and privacy-friendly smart electricity metering".

³² Valle, M. (2021). «Så mye strøm brukte vi i fjor». Teknisk Ukeblad.

³³ NVE (2023), «Plusskundestatistikk».

³⁴ NVE (2020), «Prosumenter innvirkning på lavspenning distribusjonsnett».

³⁵ Statnett (2022), «Lokale fleksibilitetsløsninger testes i Statnetts reguleringsmarked».

3 Kartlagte funksjoner

Kapittelet presenterer funksjonene vi har kartlagt og ansett som relevante for neste generasjons AMS. Det er verdt å merke seg at vi ikke skiller mellom funksjoner som kan forskriftsfestets og de som kan fremgå av andre retningslinjer eller føringer. Alle kartlagte funksjonskrav er inkludert i listen, og noen av punktene i listen kan derfor være motstridende. De påfølgende delkapitlene inneholder en beskrivelse av hver enkelt funksjon. Vi har også valgt å diskutere nytten og utfordringer ved noen av funksjonene.

Tabell 1: Funksjonskrav

Tema	Kartlagt funksjonskrav
3.1 Registrering og innhenting av måleverdier	Lagre måleverdier med en registeringsfrekvens på maksimalt 15 minutter
	Kunne stille om til en registeringsfrekvens på minimum 5 minutter
	Mulighet til periodisk aktivering av hyppigere måling for nettselskapet
	Måling av bruttoproduksjon og bruttoforbruk
	Kommunikasjonsløsning mellom AMS og nettselskapets innsamlingsystem
	Nasjonal innsamlingsløsning
	Kommunikasjon med undermålere
3.2 Regulering av forbruk og produksjon	Sentral struping og bryting av laster
	Lokal struping og bryting av laster
	Bruk av AMS som smart sikring
	Redusere egen sikringskapasitet
	Omvendt og dynamisk strudefunksjon
3.3 Utforming av AMS	Oppgradering av AMS med ekstra moduler
	Strømmålerens levetid og oppgraderingspotensiale
	Regulere strømmålerens fysiske størrelse
	Øke minstekrav om maksimal amperestyrke
	Fjerne krav om display
3.4 HAN-porten	Standard for HAN-porten
	Toveisstyrt HAN-port
	Kostnader til ekstrautstyr for å benytte HAN porten finansiert av nettselskapene
	HAN over skyplattform
3.5 Leveringskvalitet og nettdrift	Spenningsmål
	Varsling av spenningsavbrudd og kritisk spenningsavvik
	Statistisk registrering av leveringskvalitet og avbruddsstatistikk
	Varsling av jordingsfeil
3.6 Sikkerhetskrav	Sikkerhetskrav for programvareoppdatering
	Sikkerhetskrav for bryte- og strudefunksjonalitet

3.7 Datainnnsamling for målepunkt hvor kommunikasjonsmodul ikke er installert	Tidsavgrenset kommunikasjon av måledata
	Nettselskap kan tilby ulike kommunikasjonsløsninger

3.1 Registrering og innhenting av måleverdier

I dette kapittelet kartlegger vi funksjoner tilknyttet registrering av måleverdier, herunder registreringsfrekvenser og kommunikasjonsløsninger. I tillegg undersøker vi spørsmål tilknyttet hvorvidt AMS 2.0 bør innhente detaljerte måleverdier for totalt forbruk og produksjon fra prosumenter.

3.1.1 Lagre måleverdier med en registreringsfrekvens på maksimalt 15 minutter

Ettersom det europeiske kraftmarked skal gå over til en 15 minutters avregningsperiode, kan det være logisk at registreringsfrekvensen endres fra 60 minutter til 15 minutter. I dag er det allerede mulig å handle hvert kvarter i intradagmarkedet. Intradagmarkedet er et marked hvor kraft handles kontinuerlig nær driftstimen. Planen er at døgnetmarkedet, hvor kraft handles hver time for påfølgende dag, også går over til et kvarters avregningsperiode i januar 2025.³⁶

Høyere registreringsfrekvens kan tilrettelegge for økt forbrukerfleksibilitet, ved at kunden får høyere oppløsning på forbruksdata, og dermed mulighet til å justere forbruket etter det faktiske tilbudet. I tillegg vil hyppigere lagring av data gi et bedre grunnlag for å kartlegge forbruks- og produksjonsmønster, og dermed bidra til å planlegge og vurdere nye løsninger for energibesparing.

Høyere målefrekvens gir også mer detaljert informasjon om en husholdning, og aktualiserer derfor spørsmål om personvern og privatliv etter Grunnloven § 102, EMK artikkel 8 og personvernforordningen.³⁷ Vi går nå over til å skissere noen av disse vurderingene.

Grunnloven § 102 og EMK artikkel 8 bygger, som nevnt i kapittel 2.2.3, på en fireleddet vurdering. Det første spørsmålet er om innhenting, behandling og lagring av energidata fra AMS-måleren utgjør et inngrep i «privatlivet».³⁸ I EMDs praksis er det uttalt at «the concept of «private life» is a broad term not susceptible to exhaustive definition»», og videre at «[t]he mere storing of data relating to the private life

³⁶ Statnett (2022), «15 minutters avregning og energimarkeder».

³⁷ Eibl, G., et. al. (2017), “Unsupervised Holiday Detection from Low-resolution Smart Metering Data”; Cleemput, S. (2018), “Secure and privacy-friendly smart electricity metering”.

³⁸ Jf. Grunnloven § 102 og EMK artikkel 8 første ledd.

of an individual amounts to an interference within the meaning of Article 8».³⁹ EMDs brede forståelse av «privatliv», sett i lys av informasjonspotensialet til en AMS-måler med høy målefrekvens, taler derfor for at innhenting, behandling og lagring av energidata utgjør et inngrep i «privatlivet». Den samme forståelsen er lagt til grunn i juridisk litteratur.⁴⁰ Det neste som kan vurderes er om inngrepet likevel er lovlig.⁴¹

I juridisk litteratur er det tatt til orde for at innhenting, behandling og lagring av energidata fra AMS-måleren som hovedregel er 1) «samsvar med loven» og 2) ivaretar et legitimt formål.⁴² Kravet til at inngrepet skal være 3) «nødvendig i et demokratisk samfunn» (forholdsmessig) har imidlertid vært diskuteres i noe større grad.⁴³ At inngrepet skal være forholdsmessig innebærer at jo større inngrepet er, desto mer skal til for å rettferdiggjøre det. I den forbindelse kan det være aktuelt å vurdere nytten av høyere registreringsfrekvens.

Personvernforordningen er også relevant, ettersom informasjon om strømbruk er å anse som personopplysninger.⁴⁴ I forordningens artikkel 5 bokstav a til f står prinsippene for behandling av personopplysninger. Her fremgår det at opplysningene blant annet skal a) behandles på en lovlig måte b) samles inn for lovlige formål og c) være adekvate, relevante og begrenset til det som er nødvendig for formålene de behandles for (dataminimering).⁴⁵

Spørsmålet om personvernforordningen betydning for innhenting, behandling og lagring av energidata fra AMS har vært drøftet både nasjonalt og internasjonalt.⁴⁶ I 2012 uttalte EU-kommisjonen at «[t]he general consensus is that an update rate of every 15 minutes is needed at least». Til dette svarte det europeiske datatilsynet (EDPS) det same året at «in the absence of informed consent for a very specific value-added service requiring more frequent readings - readings should not be done more frequently than once every half an hour or hour».⁴⁷ Det virker derfor som at det var noe uenighet i EU om valg av

³⁹ Jf. henholdsvis Niemietz mot Tyskland (1992) avsnitt 29 og S. and Marper v. the United Kingdom avsnitt 66 og 67.

⁴⁰ Cuijpers (2013), «Smart metering and privacy in Europe: Lessons from the Dutch Case»; Sælør (2019), «Smarte strømmålere og Elhub – en personvernsrettslig analyse».

⁴¹ Jf. EMK artikkel 8 annet ledd og Rt. 2014 s. 1105 avsnitt 28

⁴² Cuijpers (2013), «Smart metering and privacy in Europe: Lessons from the Dutch Case », side 10.

⁴³ Cuijpers (2013), «Smart metering and privacy in Europe: Lessons from the Dutch Case»; Sælør (2019), «Smarte strømmålere og Elhub – en personvernsrettslig analyse».

⁴⁴ Jf. GDPR artikkel 1, jf. artikkel 4 nummer 1. Se også Datatilsynet, «Automatisk strøm- og vannmåling» (2018) og EU direktiv 2019/944 artikkel 20 første ledd bokstav c, som riktignok ikke er implementert i norsk rett, men som viser at smartmålere skal beskytte sluttbrukere i samsvar med regler om personvern og databeskyttelse.

⁴⁵ Jf. GDPR artikkel 5 første ledd.

⁴⁶ Sælør (2019), «Smarte strømmålere og Elhub – en personvernsrettslig analyse»; Cuijpers (2013), «Smart metering and privacy in Europe: Lessons from the Dutch Case»; EU-kommisjonens forslag av 2012/148/EU i punkt 42 bokstav b (2012), med svar fra EDPS s.12 (2012).

⁴⁷ EU-kommisjonens forslag av 2012/148/EU i punkt 42 bokstav b (2012), med svar fra EDPS s.12 (2012).

målefrekvens. Siden 2012 har samfunnet imidlertid gått igjennom store endringer, som har medført et stadig større behov for og ønsker om fleksibilitet i energimarkedet. EU har derfor utviklet nye funksjonskrav til AMS-måleren for å balansere nye energibehov opp mot hensynet til personvern.⁴⁸ Direktivet er riktignok ikke implementert i norsk rett, men det gir uttrykk for EUs vurderinger og kan være retningsgivende for utviklingen av AMS 2.0.⁴⁹

Personvernsforordningen artikkel 35 fastsetter at det også skal foretas en personvernkonsekvensanalyse dersom behandling medfører høy risiko for fysiske personers rettigheter og friheter. Videre oppstiller artikkelen flere kriterier for analysen. Vi har ikke vurdert om utrulling av AMS 2.0 krever en konsekvensanalyse etter GDPR artikkel 35. Likevel oppfordrer vi, på bakgrunn av personvernsdiskusjoner rundt AMS og nye energibehov, til at det blir foretatt en konsekvensanalyse i tråd med artikkel 35. I analysen er det en fordel om forholdet til Grunnloven § 102 og EMK artikkel 8 blir drøftet

3.1.2 Kunne stille om til en registeringsfrekvens på minimum 5 minutter

I dagens forskrift står det at AMS måleren skal kunne lagre og sende måleverdier med en registeringsfrekvens på 15 minutter. Det er aktuelt å vurdere et tilsvarende krav med registeringsfrekvens på 5 minutter. En mulighet er å kreve at måleren kan måle på 5-minutters frekvenser, uten at funksjon er aktivert, for å ta høyde for framtidige behov.

Hvorvidt det er nødvendig å ha en hyppigere registeringsfrekvens enn 15 minutter avhenger i stor grad av utviklingen i det europeiske markedet. Det som taler for at markedet på lengre sikt går mot en kortere avregningsperiode enn 15 minutter, er at markedsprosessene i større grad blir automatisert⁵⁰. En økning i andel ikke-regulerbar fornybar energi kan også gi et større behov for kortere tidsintervaller, siden tilbudet av energi blir mer uforutsigbart. I samtale med Statnett ble vi informert om at kortere oppløsning kan kreve mer sentral drift av kraftverk. I tillegg kan det være vanskelig å beregne priser på veldig korte intervaller. Statnett mener at det europeiske markedene ikke planlegger å gå over til kortere tidsoppløsning enn 15 minutter

Etter vår oppfatning er det få som forventer at det vil bli nødvendig med lavere registreingsfrekvens enn 15 minutter. Vi anbefaler derfor at det, i lys av personvern hensynet som nevnt i kapittel 3.1.1., blir vurdert hvorvidt det er nødvendig med mulighet til målefrekvens under 15 minutter i AMS 2.0.

⁴⁸ Direktiv 2019/944/EU, artikkel 20 bokstav b.

⁴⁹ EDPS (2022), «EDPS Formal comments on the draft Commission Implementing Regulation on interoperability requirements and non-discriminatory and transparent procedures for access to metering and consumption data».

⁵⁰ Statnett (2023), «Nytt automatisert mFRR-marked».

3.1.3 Mulighet til periodisk aktivering av hyppigere måling for nettselskapet

Kravet til periodisk aktivering av hyppigere målinger innebærer at nettselskapet skal kunne aktivere hyppigere frekvens på forbruksmål hos strømkunder. For eksempel med en målingsfrekvens lik en måling per 5 sekund over en time. Forslaget vil innebære at nettselskapet kan få tilgang til nær sanntidsdata fra forbrukerne uten å spesifikt kreve samtykke, men at tidsintervallet er begrenset til en gitt tidsperiode og at aktiveringen har et tydelig driftsmessig formål. Dette kan for eksempel brukes til feilsøking.

3.1.4 Måling av bruttoproduksjon og bruttoforbruk

Elhub og NVE har i møter med oss uttrykt at de ønsker å få mer informasjon om hva som skjer bak målepunktet hos prosumenter. I dag har man ikke konkrete tall for produksjon og forbruk hos husholdningene, siden en stor del av egenprodusert strøm går til å dekke eget forbruk. Nettselskapene uttrykker derimot at data for forbruk og produksjon bak målepunktene ikke er viktig for dem.

Gitt at det er ønskelig å få mer informasjon om hva som skjer bak målepunktet, finnes det flere alternativer til hvilke verdier man kan måle. En løsning er å kun måle egenproduksjon hos husholdningene, for eksempel produksjon fra et solcellepanel. Måling av egenproduksjon kan imidlertid gi et feil bilde av forbruksmønsteret, ettersom strømmen som brukes i en gitt time kan lagres i batterier. Målingene vil heller ikke gi informasjon om det kommer strøm fra en ekstern kilde. Ved å benytte toveislading på elbilen, kan noe av strømmen husholdningen bruker for eksempel komme fra et industribygg eller kontorlokale hvor elbilen har ladet.

Ved å måle batterilagring (inn- og utmating på batteri), herunder opplading av elbil, vil man få et mer nøyaktig bilde av hvordan strømmen beveger seg bak målepunktet. Strømmen som går til opplading av batteri og elbil er mer fleksibel. Måleverdiene kan brukes til smartstyring av apparater som for eksempel stopper å lade bilen når prisen er høy, og starter igjen ved et lavere prisnivå.

Eksempler på løsninger for måling av bruttoproduksjon og bruttoforbruk

a) Flere kanaler i AMS

Flere kanaler i AMS-måleren kan benyttes til å skille forskjellige målinger fra hverandre, f.eks. kraftproduksjon, energi fra batterier, forbruk fra nettet eller andre enheter. Dette kan gi verdifull data om strømbruk man tidligere ikke har hatt.

b) Måling av last på sikringene

En annen løsning er at målerne tilkobles spesifikke sikringer, for å måle energiflyt til apparatene på sikringen.

c) Lagring og sending av verdier som kommer fra submålere

Et annet alternativ er at AMS skal kommunisere med submålere, ved å ta imot, lagre og videresende måledata til nettselskapet. Submålere kan produseres av AMS-produsentene eller tredjepartaktører.

d) Måling og sending utenfor AMS

Til slutt ønsker vi å påpeke at måling, lagring og sending av bruttoverdier også kan gjøres utenfor AMS måleren. I 2022 ble det utarbeidet en rapport for Elhub, som undersøkte «[h]åndtering av måleverdier fra undermålere»⁵¹. Rapportens anbefaling var at måleverdier fra submålere sendes direkte til Elhub, og ikke via strømmåleren.⁵²

3.1.5 Kommunikasjon mellom AMS og nettselskapets innsamlingsssystem

Nettselskapene sender timesoppløste målinger til Elhub daglig.⁵³ For å sende timesoppløste målinger har nettselskapene valgt å installere et kommunikasjonssystem mellom alle AMS-målere i sine målepunkt og innsamlingssystemer.⁵⁴ Kommunikasjonssystemet gjør det mulig å overføre måleverdier automatisk til nettselskapene. Nettselskapene står fritt til å selv velge hvilken kommunikasjonsløsning de vil benytte seg av, og det eksisterer mange ulike muligheter.

Som vi har sett på tidligere i dette kapittelet, kan det bli satt krav til AMS som gjør at en økende datamengde skal bli lagret i og sendt fra AMS til nettselskapene. I regulering av AMS 2.0 må man derfor sikre at strømmåleren er kompatibel med kommunikasjonssystemer tilrettelagt for en høy datamengde.

3.1.6 Nasjonal innsamlingsløsning

I dag samler hvert nettselskap inn data fra eget nettområdet, gjennom et selvvalgt system. Istedenfor å benytte et selvvalgt system, kan det innføres en standardisert nasjonal innsamlingsløsning for måledata. Dataen kan samles inn til en datahub, som behandler og distribuerer dataen til nettselskap og eventuelt andre aktører. Spørsmålet blir hvem som skal ha ansvar for kommunikasjonsteknologien og løsningen, samt valget av teknologi.

⁵¹ Elhub (2023), «Utredning – Håndtering av måleverdier fra undermålere i Elhub og eSett»

⁵² Elhub (2023), «Utredning – Håndtering av måleverdier fra undermålere i Elhub og eSett» side 12

⁵³ Elhub (2022), «Hva gjør vi?»

⁵⁴ NVE (2019), «Fremtidens Avanserte Måle og Styringssystem (AMS)»

3.1.7 Kommunikasjon med undermålere

I forskrift for kraftomsetning og nettjenester §4-2 bokstav b og c står det at AMS skal ha et standardisert grensesnitt for kommunikasjon med eksternt utstyr og andre typer målere. M-Bus er et standardisert europeisk grensesnitt, som brukes i dag for kommunikasjon med undermålere.⁵⁵

M-bus kan brukes til å gjøre fjernavlesninger av undermålere for vann, strøm og gass. Hvis man ønsker å integrere flere undermålere med AMS (for eksempel til solcelleanlegg), kan det være behov for et annet kommunikasjonssystem, hvor målet er å sikre mer effektiv datainnsamling og rapportering fra undermålere. Flere potensielle kommunikasjonsløsninger kan vurderes, som LoRaWAN-nettverk og IoT over 5G.

3.2 Regulering av forbruk og produksjon

Behov for økt fleksibilitet i kraftmarkedet kan gjøre det nødvendig å ha løsninger for mer effektiv regulering av produksjon og forbruk. Hvis nettselskapet kan regulere ulike laster har de bedre forutsetning for å balansere kraftnettet. Det kan for eksempel gjennomføres ved å begrense (senke) eller bryte (kutte strømtilførselen) forbruket. Funksjonene er spesielt gunstig ved rasjoneringsbehov eller ved ubalanse i kraftnettet. For forbrukere kan økt mulighet til å regulere ulike laster gjøre det enklere å redusere strømbruken ved høy pris og å lagre energi ved lav pris.

I dag fremgår det av forskrift om kraftomsetning og nettjenester (§4-2) bokstav d at AMS skal «kunne bryte og begrense effektuttaket i det enkelte målepunkt». Til tross for kravet, er det mange nettselskap som enda ikke har klargjort denne funksjonaliteten.⁵⁶ Regelen gjelder ikke for trafomålte anlegg.

Regulering av effekt er et omdiskutert tema, av hensyn til forsyningssikkerhet og inngrep i privatliv. Blant annet har Norsk Elektroteknisk Komite (NEK) uttalt at fleksibilitet i kraftmarkedet må løses gjennom prismekanismer, ikke gjennom at nettselskapene benytter AMS-måleren til å strupe og bryte.⁵⁷ NEK nevner videre at regulering av effekt er «unødvendig komplisert, skaper det en rekke juridiske utfordringer – og kan også skape sikkerhetsmessige utfordringer.»⁵⁸

Til tross for at effektregulering har møtt motstand, vil vi i dette kapitlet kartlegge forslag til funksjonalitetskrav som omhandler strupe og brytefunksjoner i AMS 2.0.

⁵⁵ M-bus (u.d), «The Standard for Remote Reading of Smart Meters».

⁵⁶ NVE (2023), «Sluttrapport for innføringen av avanserte måle- og styringssystemer (AMS)»

⁵⁷ NEK (2015), «AMS+HAN»

⁵⁸ *ibid.* s.15

3.2.1 Sentral struping og bryting av laster

Sentral styring av spesifikke laster kan være en viktig brikke i et fleksibelt kraftsystem. Bryting og begrensning av spesifikke laster kan for eksempel være relevant hvis sluttbruker ønsker å ta del i et fremtidig fleksibilitetsmarked. Sentral styring kan tillate nettselskapet å strupe eller bryte strøm til effektkrevende laster, som varmtvannsbereder eller elbillader. Bruk av sentral styring vil kreve gode varslingsystem, slik at kunder kan reagere på prissignaler eller varsel om ubalanse i kraftsystemet. Ved sentralstyring kan det også være aktuelt å lage en løsning der kunden kan prioritere ulike laster. Kunden kan da skille mellom nødvendige laster, som det ikke er ønskelig at kobles ut, og mindre nødvendige laster, som kan være nyttige å koble ut ved høy pris.

Dagens krav fra forskrift om kraftomsetning og netjtjenester (§4-2) bokstav d, tillater kun å strupe/bryte overordnede laster, derav all krets bak målepunktet. Det har tidligere blitt foreslått at AMS skal kunne strupe og bryte spesifikke laster, men det ble nedstemt i et høringsnotat fra NVE.⁵⁹ Forslaget ble nedstemt med begrunnelse om at det ikke er nødvendig å stille krav til struping eller bryting av spesifikke laster. Istedenfor kan den enkelte sluttbruker selv avtale regulering av spesifikke laster. I neste generasjons AMS kan det være aktuelt å revurdere konklusjonen fra høringsnotatet og undersøke om funksjonen bør forskriftsfestes. Vi mener likevel at det er viktig at kunden samtykker før nettselskapet styrer spesifikke laster.

Eksempel på styringsteknologi - reléstyring

Sentral styring av spesifikke laster kan løses ved bruk av reléstyring. Nettselskapene kan bruke reléstyringen til å styre strømforbruket eksternt. Det kan også brukes automatiserte styringssystemer, slik at det blir lettere for forbrukere å kontrollere strømforbruket sitt.

For at reléstyring skal fungere effektivt, er man avhengig av et pålitelig og robust kommunikasjonsnettverk. Ved feil eller svikt i kommunikasjonssystemet, kan det oppstå problemer med å sende og motta styringskommandoer. Det er derfor viktig å iverksette nødvendige sikkerhetstiltak for å sikre pålitelig drift av styringssystemet.

Massetilkobling av reléer på store effektlukere kan etableres og benyttes til fleksibelt forbruk. I Sintefs rapport ble det konkludert at fortjenestemuligheten var vanskelig å dokumentere, spesielt i testprosjekter hvor det var høy utstyrs kostnad.⁶⁰ Fortjenestemuligheter for utkobling av store laster bør vurderes på nytt, siden strømprisene og variasjonene i kraftmarkedet er i stadig endring.

⁵⁹ NVE (2011), «Avanserte måle- og styringssystemer (AMS) – Oppsummering av høringsuttalelser og endelig forskriftekst.»

⁶⁰ SINTEF Energi (2018), «Muliggjørende teknologi og rammebetingelser».

Flere prosjekter har forsket på muligheten til å bruke relestyring. Prosjektet «EcoGrid EU» har brukt en skybasert løsning. EcoGrid EU utviklet en applikasjon hvor prissignaler speiler ubalanssekostnader i nettet med 5 minutters tidsoppløsning. Teknologileverandører med tilgang til dataene sendte videre styringssignaler til kunder med fleksibelt forbruk.⁶¹ New Zealand har forsøkt å bruke masseutsending av et signal for ut- og innkobling av varmtvannsberedere. Signalet ble sendt ut på strømmettet og koblet ut enheter tilknyttet systemet. Utkoblingene varte i gjennomsnitt under 3 timer. Forsøket viste at dette ikke påfører flesteparten av kundene ulemper med kaldt vann.⁶²

3.2.2 Lokal struping og bryting av laster

I AMS 2.0 kan det være aktuelt å åpne for lokal styring av laster, slik at kunden selv kan styre hvordan og når ulike laster skal kobles ut og inn. I den forbindelse kan det være interessant å undersøke muligheten for toveisstyrt løsning, hvor man kan sende informasjon til måleren for bruk av styring. Ved innebygd smartstyring i AMS-måleren vil den automatisk kunne bryte og strupe, basert på prissignaler, varsel fra nettselskap, effekttopper eller den generelle balansen i kraftnettet.

3.2.3 Bruk av AMS som smart sikring

Ved å integrere styringsfunksjoner i AMS-måleren, kan man oppnå en form for smart sikring. Måledata fra AMS gjør det mulig å identifisere og overvåke belastningsmønstre i sanntid, og dermed effektivt koble ut spesifikke laster/sikringer som forårsaker feil eller overbelastning i strømmettet. Sikringsfunksjonen i AMS gir muligheten til fjernstyring og automatisering. AMS kan sende varsler eller alarmer når det oppdages unormale verdier f.eks. unormalt høyt strømforbruk eller spenningsavvik. Smart sikring kan dermed bidra til en tryggere og smartere strømforsyning. En slik løsning vil føre til flere og hyppigere utkoblinger, da systemet vil kunne reagere raskt på unormale hendelser og mulige feil i strømmettet.

3.2.4 Redusere egen sikringskapasitet

Sluttkunder som ikke har behovet for høy sikringskapasitet, kan også ved bruk av smart sikring få tilbud om å redusere sikringskapasiteten mot kompensasjon. Redusert sikringskapasitet vil gjøre at en forbruker kan bruke mindre kraft samtidig. Dette kan friggi kapasitet på nettet og gi nettselskapene økt forutsigbarhet for fremtidig forbruk. Salget av redusert sikringskapasitet kan også bli en del av et fremtidig fleksibilitetsmarked. Det eksisterer allerede flere prosjekter for fleksibilitetsmarkeder hvor det blir handlet mellom nettselskapet og aggregatorer.⁶³ Handel av maksimal sikringskapasitet kan for eksempel bli en del av markedet ved at aggregatorer gir kompensasjon til kunder som setter ned kapasiteten, og deretter selge den samlede ekstrakapasiteten til nettselskapene.

⁶¹ ECOGrid EU (2016), «A prototype for European Smart Grids».

⁶² Lectra (u.d.), «Hot water load management FAQ's».

⁶³ Statnett (2022), «Lokale fleksibilitetsløsninger testes i Statnetts reguler kraftmarked».

3.2.5 Omvendt og dynamisk strupefunksjon

Omvendt strupefunksjon betegner muligheten til å begrense/bryte innmating av egenprodusert kraft til strømmettet. Når det er høyt tilbud og lav etterspørsel av energi kan strupefunksjonen hindre at husstander med egenproduksjon mater strøm inn på nettet. Dette kan være fordelaktig for husstandene, ved at de unngår å betale for egenprodusert strøm i tilfeller med negativ pris.

Et eksempel på dynamisk struping er begrensnig av produksjon fra solcelleanlegg. Da styres strupingen etter målt spenning i kundens tilknytningspunkt.⁶⁴ Strupingen vil kunne forebygge utkoblinger av solcelleanlegg når spenningen på tilknytningspunktet blir for høy. En ulempe med dynamisk struping som kun reagerer på spenning, er at den ikke tar hensyn til eventuelt termisk overbelastning på strømmettet.

Tyskland har tidligere operert med en grense på at produsenter maksimalt kan mate inn 70 % av maksimal kapasitet for anlegget.⁶⁵ Nå oppdaterer Tyskland reguleringen og innfører krav til at alle solcelleanlegg med installert effekt over 25 kW og nettilknytning, må ha tekniske innretninger som tillater nettopperatøren å redusere eller bryte innmatingseffekten fra solceller.⁶⁶

I møter med nettselskap fikk vi inntrykk at omvendt strupefunksjon kan være verdifullt for dem. Strupefunksjon kan bidra til å unngå ubalanser i kraftmarkedet, som kommer av innmatingen av egenprodusert kraft, spesifikt solceller. En ulempe med omvendt struping er at mulig produsert energi ikke blir benyttet dersom den ikke lagres ved bruk av batteri.

3.3 Utforming av AMS

I dette kapittelet ønsker vi å tydeliggjøre muligheter og begrensninger ved utformingen av AMS 2.0.

3.3.1 Oppgradering av AMS med ekstra moduler

Forskjellige målepunkt har behov for ulike funksjoner i en smart strømmåler. Smarthusutstyr, produksjon og batterilagring er eksempler på løsninger som krever mer avansert måling- og styringsfunksjoner. Det vil være dyrt å investere i avansert utstyr i alle målepunkt. AMS kan derfor isteden oppgraderes gjennom tilleggsmoduler. Minimumskravet kan være at alle målepunkt har installert en obligatorisk hovedmodul. Hovedmodulen kan deretter bygges på med andre moduler avhengig av behov og ønske.

Modulløsningen fjerner noen av begrensningene ved tradisjonelle smartmålere, som at det kan være vanskelig og kostbart å tilpasse funksjonene etter brukernes behov. Modulløsningen gjør det enkelt å

⁶⁴ Energi Norge (2022), «Hvordan få solkraft fra Norges hustak inn i kraftsystemet?».

⁶⁵ DZ4 (2023), «70-PROZENT-REGELUNG BEI PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN».

⁶⁶ Bundesministerium der Justiz (2023), «Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023), § 9 Technische Vorgaben».

differensiere hvilke måleverdier som er nødvendige å innhente, lagre og kommunisere hos ulike sluttbrukere. Man kan for eksempel differensiere slik at husstander uten egenproduksjon har en strømmåler som kun måler forbruk, mens husstander med egenproduksjon er pålagt en måler som også gir verdier om produksjon. Det kan også kobles opp ekstra moduler, som tilrettelegger for bruk av kommunikasjonssystemer, kontrollsystemer, bryterfunksjoner eller lignende. Vi antar at tilleggsmoduler bidrar til å øke AMS-målerens levetid, ved å oppgradere eller skifte ut enkeltstående, utdaterte funksjoner, fremfor hele måleren.

Det må avklares om kostnaden for modulene skal falle på sluttbruker eller på nettselskapet. Vurderingen av kostnads plasseringen kan avhenge av om sluttbrukeren installerer tilleggsmodulen etter krav fra myndighetene eller etter eget ønske.

Ved innføring av AMS 2.0 kan et mål være å unngå utvidelse og utskiftning av sikringsskap hos kundene. Om AMS skal kunne oppgraderes med tilleggsmoduler, bør derfor modulenes størrelse passe med sikringsskapets utforming.

Eksempler på modulløsning for AMS

I dag finnes det flere eksempler på mulige modulløsninger for AMS, også kalt Unbundled Smart Meters (USM).

a) Next-Generation Open Real-Time Smart Meter (NORM)

Next-Generation Open Real-Time Smart Meter (NORM) er utviklet basert på USM.⁶⁷ NORM støtter standardfunksjoner, som konvensjonell smartmåling og fakturering. Den åpner også for avanserte bruksområder som automatisk effektstyring, balansering av aktiv og reaktiv effekt, inverter kontroll ved egenproduksjon og muligheter for å tilpasse forbrukerens behov.

b) Qubino smartmåler

Firmaet Qubino tilbyr en smartmåler med mulighet for å koble på to enheter.⁶⁸ Mens selve måleren fungerer som en «standard» AMS måler, kan man bruke tilleggsenheter til å måle og styre enkeltenheter i huset. Forbrukeren bestemmer dermed selv hvor avanserte funksjoner dem trenger i strømmåleren.

c) Landis+Gyr E360

⁶⁷ MDPI (2022), «Implementation of Dynamic Controls for Grid-Tied-Inverters through Next-Generation Smart Meters and Its application in Modernized Grid».

⁶⁸ Qubino (2020), «Smart Meter User Manual».

Landis+Gyr smartmåler modell E360 har også en modulløsning.⁶⁹ Til forskjell fra Qubinos smartmåler har Landis+Gyr valgt en modulærløsning i programvaren som ligger fast i enheten.⁷⁰ Med en modulløsning trenger ikke en programvareoppdatering å påvirke hele smartmåleren. I smartmåleren til Landis+Gyr ligger det også en ekstra modul som kan oppdateres når nye funksjoner blir nødvendige.

3.3.2 Strømmålerens levetid og oppgraderingspotensiale

I neste generasjons AMS kan det være viktig å sørge for at regelverket tilrettelegger for måleren har lengst mulig levetid. En viktig faktor som påvirker strømmålerens levetid, er hvorvidt man kan oppgradere måleren til å møte fremtidige behov. Se også delkapittel 3.3.1.

Man bør foreta en samfunnsøkonomisk analyse av førstegenerasjons AMS for å estimere hvor lang levetid AMS 2.0 bør ha. Man kan spesifikt se på hvor lang levetid AMS måleren må ha for at nytten med smartmålere er større enn kostnaden. Det kan deretter vurderes om det burde stilles et krav til minimum levetid for AMS.

3.3.3 Regulere strømmålerens fysiske størrelse

Nye funksjonskrav kan gjøre det nødvendig å endre størrelsen på AMS-måleren. Hvis måleren blir for stor, kan dette skape merkostnader, ved at man for eksempel blir nødt til å bytte ut sikringsskapet. En utfordring ved å regulere størrelsen på AMS-måleren i Norge, er at det kan hindre utenlandske aktører fra å tilby produktet sitt i Norge. Størrelsesreguleringen kan dermed få betydninger for EØS-avtalens artikkel 8 om kravet til «fritt varebytte» mellom landene, ved at det påvirker kvantiteten av varer som importeres. Vi anbefaler derfor å undersøke om størrelsesreguleringen kan anses for å ha tilsvarende virkning som en kvantitativ importrestriksjon etter EØS-avtalen artikkel 11, og i så fall om reguleringen oppfyller vilkårene i EØS-avtalen artikkel 13.

3.3.4 Øke minstekrav om maksimal amperestyrke

Husstander med mer effektkrevende apparater har en høyere strømmengde som passerer måleren. Om amperestyrken går over strømmålerens øvre grense, kan det ødelegge måleren. Et tiltak for å hindre skade på strømmåler er å øke den maksimale amperestyrken, slik at den kan tåle effektkrevende husstander.

Gjennom våre samtaler med bransjeaktører er har vi blitt fortalt at bransjestandard for AMS skal tåle en maksimal styrke på 80 ampere. Det kan likevel variere avhengig av produsent og modell. Ved å øke maksimal amperestyrke må måleren trolig dimensjoneres for mer kjøling og mindre overgangsmotstand. Nettselskap har uttrykt at de ønsker at måleren blir dimensjonert annerledes, ettersom det vil medføre høyere kostnader for alle målerne. Nettselskapet påpekte også at kun et fåtall av anlegg i deres nettområde

⁶⁹ LandisGyr (2020), «E360's New Modular Firmware Design».

⁷⁰ NAOB (u.d), «Fastvare».

har en maksimal amperestyrke på mellom 80 amper og 100 amper. Ettersom nettselskapene selv ikke ser nytten av tiltaket, foreslår vi å videreføre praksisen i dag ved å putte en liten trafo i sikringsskapet før og etter måleren for større anlegg. Trafoen vil bidra til at strømmen som passerer AMS er lavere.

3.3.5 Fjerne krav om display

I forskrift om krav til elektrisitetsmålere står det at elektrisitetmåleren skal være utstyrt med et display.⁷¹ Det kan være aktuelt å se nærmere på om man skal fjerne displaykravet.

Sluttbrukernes ønske om hvordan informasjon skal presenteres vil variere. For mange er det mest hensiktsmessig at informasjonen er tilgjengelig på andre informasjonsmedier, som f.eks. håndholdte enheter og mobil. Ved utrulling av første generasjon AMS foreslo RME at nettselskapene skulle tilby separat display dersom sluttbruker ønsker det.⁷²

Etter å ha vært i samtale med bransjeaktører erfarer vi at displayet hovedsakelig brukes til vedlikehold, og i liten grad av forbrukere. Nettselskaper fortalte blant annet at det er enket å forholde seg til displayet ute i felten. Vi har derfor et todelt forslag for å dekke vedlikehold- og forbrukerbehov. For det første foreslår vi å videreføre displayet, med mindre bedre løsninger tilbys vedlikeholdsarbeidere. For det andre anbefaler vi å videreutvikle HAN-porten, slik at sluttbrukere får enklere tilgang til forbruks- og produksjonsdata. Les mer om HAN-porten i kapittel 3.4.

Før man velger en informasjonsløsning for sluttbrukeren, kan det også være lurt å undersøke betydningen av universell utforming i norsk rett. «[U]niversell utforming» er legaldefinert i lov om likestilling og forbud mot diskriminering av 2017 (likestillings- og diskrimineringsloven) § 17, som «utforming eller tilrettelegging av (...) de fysiske forholdene, slik at [de] alminnelige funksjoner kan benyttes av flest mulig, uavhengig av funksjonsnedsettelse». Målet med universell utforming for AMS er dermed at flest mulig, uavhengig av funksjonsforutsetninger, kan få nytte av informasjonen fra måleren. Kravet til universell utforming kan også være relevant i lys av konvensjonen om rettighetene til mennesker med nedsatt funksjonsevne (CRPD).⁷³

3.4 HAN-porten

De fleste smarte strømmålere i Norge har en HAN-port. HAN står for Home Area Network, og er en fysisk utgang på AMS-måleren hvor man kan koble til utstyr for å hente ut forbruksdata i sanntid.⁷⁴ HAN-

⁷¹ Forskrift om krav til elektrisitetsmålere.

⁷² NVE (2011), «Avanserte måle- og styringssystemer (AMS) – Høringsdokument februar 2011».

⁷³ Se særlig likestillings- og diskrimineringsloven kapittel 3.

⁷⁴ TIBBER (2022), «Dette er HAN-porten».

porten er som standardinnstilling stengt, men man kan åpne den ved å kontakte nettselskapet. Det er gratis å åpne HAN-porten, men man trenger ekstraustyr fra tredjeparter for å hente ut dataen.⁷⁵

Hvilke data kunden får fra HAN-porten vil avhenge av hvilken leverandør og hvilket utstyr man velger. Strømlleverandøren Tibber tilbyr for eksempel en løsning hvor kunden kan se strømforbruk i sanntid, lade elbilen smartere og få varsel hvis hovedsikringen overbelastes.⁷⁶ HAN-porten kan i tillegg støtte visning av flere andre tekniske verdier, som aktiv effekt, reaktiv effekt og spenning.⁷⁷

Rundt 160 000 sluttbrukerkunder har valgt å åpne HAN-porten, noe som utgjør litt under 5% av totale målepunkter for sluttbrukere i lavspenningsanlegg.⁷⁸ Vi mener at mulighetene som ligger i HAN-porten er interessante, siden forbruksinformasjon i sanntid gjør det enklere for kunden å tilpasse forbruket til markedet. HAN-porten kan derfor bidra til et mer fleksibelt forbruk, og dermed gi lavere effekttopper i kraftmarkedet. Samtidig tror vi at RME og nettselskapene burde vurdere alternativer til dagens HAN-port for å utnytte potensialet som ligger i smartmåleren. Vi vil i dette delkapittelet presentere noen mulige løsninger.

3.4.1 Standard for HAN-porten

Utrullingen av AMS i Norge var en betydelig milepæl internasjonalt, da det var en av de første nasjonale fullskala utrullingene av smarte strømmålere⁷⁹. Funksjonskrav og -spesifikasjoner til HAN-porten ble utarbeidet etter anbefalinger fra EUs standardiseringsorganer, og resulterte i dagens norske NVE-HAN-standard. Siden 2011 har EUs anbefalinger blitt oppdatert, og det kan derfor også være aktuelt å oppdatere den norske standarden.

I henhold til høringsdokumentet «Avanserte måle- og styringssystemer», er et av de overordnede kriteriene for AMS at det ikke skal stilles krav til særnorske løsninger.⁸⁰ Særløsninger kan gi økte kostnader for sluttbrukere, ved at produsenter av AMS utvikler egne, dyrere produkter for å oppfylle de norske kravene. Vi vurderer det derfor som gunstig å oppdatere den norske standarden for HAN-porten i AMS 2.0. Vi anbefaler å opprettholde god dialog med de europeiske standardiseringsorganene, samtidig som man holder et øye med annet europeisk arbeid. Parallelt anbefaler vi å undersøke hvilke parametere og informasjon forbrukere trenger fra HAN-porten, og hvilke utstyr HAN-porten bør være kompatibel med. I den vurderingen er det særlig interessant å se på utviklingen av smarthusutstyr.

⁷⁵ NEK (u.d.), «Informasjon til AMS-HAN brukere».

⁷⁶ TIBBER (u.d.), «Pulse».

⁷⁷ NEK (u.d.), «Informasjon til AMS-HAN brukere».

⁷⁸ NVE (2023), «Sluttrapport for innføringen av avanserte måle- og styringssystemer (AMS)».

⁷⁹ NVE (2011), «Avanserte måle- og styringssystemer (AMS) – Høringsdokument februar 2011» s. 13.

⁸⁰ NVE (2011), «Avanserte måle- og styringssystemer (AMS) – Oppsummering av høringsuttalelser og endelig forskriftekst».

3.4.2 Toveisstyrt HAN-port

I neste generasjon AMS kan det være aktuelt å legge til rette for toveisstyring i HAN-porten.

Toveisstyring gir mulighet til å sende informasjon fra sluttbruker til strømmåleren, i tillegg til at man kan motta data fra måleren. Denne toveisstyrte funksjonaliteten åpner opp for flere spennende anvendelsesområder, herunder lokal styring av elektriske laster. Se kapittel 3.2.2.

Ved bruk av toveisstyrt HAN-port kan sluttbruker aktivt administrere energiforbruket til ulike apparater. Strømmåleren kan slå av eller dempe strømtilførselen til visse apparater i perioder med høy strømpris. Toveisstyrt HAN vil dermed kunne tilrettelegge for at sluttkunden kan redusere energikostnadene og optimere bruken av strømnettet.

I strømmåleren ligger det potensiale for å integrere kunstig intelligens, som kan lære av sluttbrukerens atferd, forstå bruksmønstre og tilpasse seg i sanntid. Strømmåleren kan dermed tilby anbefalinger til sluttbrukeren om hvordan de kan optimalisere energiforbruket, f.eks. ved å justere tidspunktet for bruk av apparater eller optimalisere ladetiden for elektriske kjøretøy eller batterier.

3.4.3 Kostnader til ektrautstyr for å benytte HAN porten finansiert av nettselskapene

I dag blir investeringskostnadene for AMS, inkludert kjøp og installasjon, finansiert av nettselskapet. Kostnadene dekkes ved å øke nettleien.⁸¹ Et alternativ er å pålegge at nettselskapene dekker kostnadene til ektrautstyr til HAN-porten, for å få flere til å benytte den. Det er usikkert hvordan dette bør løses siden det i dag er strømselskap og andre aktører⁸² som tilbyr ektrautstyret. Vi anbefaler RME å gjøre en nærmere vurdering av dette.

3.4.4 HAN over skyplattform

HAN-porten trenger ikke å være en fysisk utgang, den kan isteden være en skyplattform som sluttbruker kan koble seg opp mot. Dermed kan sluttbruker, på samme måte som i dag, selv velge om de vil aktivere HAN. Hvis kunden velger å åpne porten, kan de få tilgang til sin egen data via en applikasjon på mobilen eller via en nettside. Skyplattformen kan for eksempel administreres av nettselskap eller Elhub.

Fordelene ved å benytte en skyplattform kan være at kundene enklere kan få tilgang til informasjon om eget forbruk og reagere på strømpriser og tariffier. Skyløsningen krever heller ikke at sluttbrukeren kjøper ektrautstyr for å få tilgang til sanntidsdata, såfremt de har mobil eller tilsvarende. I dag risikerer man også at ektrautstyr til HAN-porten blir ubrukelig og at det blir vanskelig å bytte strømleverandør,⁸³ siden

⁸¹ NVE (2015), «Smarte strømmålere (AMS)».

⁸² NEK (u.d.), «Informasjon til AMS-HAN brukere».

⁸³ Gudbrandsdal Energi (u.d.), «Kan jeg bruke Puls hos en annen strømleverandør?».

noen strømselskap tilbyr løsninger som kun kan brukes for deres kunder. En skyløsning vil kunne fjerne problemet.

Det finnes også ulemper ved å bruke en skyplattform istedenfor å en fysisk utgang på strømmåleren. Hvis nettselskap eller Elhub skal administrere plattformen kan man ødelegge incentiv til innovasjon som i dag eksisterer i utvikling av ekstraustyr til HAN-port. Det kan likevel være mulig at Elhub eller nettselskapene kunne forvaltet skyløsningen og at strømselskapene kunne konkurrert om smartutstyr som bruker data fra skyplattformen. Momentanverdier for elektrisitetsbruk i husholdninger kan også være av stor interesse for uvedkommende. Det er derfor forbundet sikkerhetsrisiko med skyløsningen.⁸⁴

3.5 Leveringskvalitet og nettdrift

Måledata fra AMS utgjør et viktig grunnlag for god leveringskvalitet og nettdrift, ved at man kan oppdage eventuelle feil eller ubalanse i strømmettet. AMS måler mer data enn det som formidles videre til kunder og nettselskap. Dermed eksisterer det et potensiale for å hente ut større mengde informasjon, for å kunne drifte nettet mer effektivt. Noen målerleverandører har allerede utviklet funksjoner for å innhente mer informasjon, herunder enkelte alarmer, registrering av avbrudd og statistisk registrering av spenninger.

3.5.1 Spenningsmål

I dagens regelverk er det ikke et krav til at AMS skal måle spenningskvalitet. Det er likevel vanlig at målerne leverer et spenningsmål til nettselskapet. Spenningsmålingene kan gi nettselskapene en indikasjon på avvik fra kravene gitt i leveringskvalitetsforskriften.⁸⁵ Nettselskapene kan likevel ikke benytte målingene i AMS-en som grunnlag for å avvise kundeklager om spenningskvalitet med mindre leverandøren har bekreftet at AMS-måleren måler spenningskvalitet i henhold til leveringskvalitetsforskriften.⁸⁶ Spenningskvalitet i kraftnettet har fått stadig økende fokus på grunn av blant annet økte forstyrrelser fra elektriske apparater og svake lavspenningsnett.⁸⁷

I rapporten «Prosumenterers innvirkning på lavspente distribusjonsnett» utarbeidet på vegne av NVE i 2020, er det identifisert at solcelleanlegg påvirker både spenningsstigning og spenningsprang.⁸⁸ Fra plusskundestatistikken til NVE kan man se en tydelig økning i antall plusskunder de siste årene.⁸⁹ Vi tror at denne trenden kommer til å fortsette.

Sintefs rapport «Storskala spenningsmåling med AMS», identifiserer syv mulige spenningsparametere som kan måles med AMS. Disse er spenningsnivå, spenningsprang, kortvarige over- og underspenninger,

⁸⁴Datatilsynet (2023), «Hva er et brudd på personopplysningssikkerheten?».

⁸⁵NVE (2018), «Veileder til leveringskvalitetsforskriften».

⁸⁶Jf. Leveringskvalitetsforskriften.

⁸⁷Sintef (2014), «Storskala spenningsmåling med AMS».

⁸⁸NVE (2020), «Prosumenterers innvirkning på lavspente distribusjonsnett», kapittel 2.5.

⁸⁹NVE (2023), «Plusskundestatistikk».

flimmer, spenningsusymmetri, harmonisk forvrengning og effekttopper i nettet. Rapporten beskriver både nytten og kostnadene ved at AMS måler disse spenningsparameterne. På grunn av krav til spenningskvalitet i leveringskvalitetsforskriften § 3-2 til §3-10, undersøker vi om det bør være et krav til at AMS skal måle parameterne nevnt over.

3.5.2 Varsling av spenningsavbrudd og kritisk spenningsavvik

Nettselskaper kan overvåke spenningsavbrudd og kritiske spenningsavvik, men mottar ikke varsel ved avvik eller brudd. Spenningsmålinger fra AMS kan brukes til å gi varsler ved svært høye eller lave spenninger, fasebrudd, brudd på nøytralleder og avbrudd. Varsling kan gi betydelige fordeler, blant annet raskere deteksjon av feil, bedre oversikt for kunde og nettselskap, samt mindre tids- og ressursbruk på feilsøking og reparasjoner ved feil og avbrudd i nettet.

Sintef skriver i sin rapport «Storskala spenningsmåling med AMS» at høye og lave spenninger, fasebrudd og brudd på nøytralleder i dag oppdages gjennom varsel fra kunden. I dag er det ikke utarbeidet spesielle rutiner for deteksjon og utbedringer av spenningsmål, og varslinger til nettselskaper er ikke påbudt.

Et krav om et varslingsystem kan være av stor nytte for å effektivisere driften hos nettselskaper, ved å kutte ned på tiden det tar før en feil blir oppdaget og utbedret. Nettselskaper vil dermed ikke være avhengig av kundeklager for å avdekke feil i strømmettet. Et varslingsystem gir bedre oversikt over driftssituasjonen, spesielt når det oppstår feil i nettet. Kundene vil også kunne holdes løpende oppdatert gjennom et avbrudd. Det er viktig at det ikke blir for mange varslinger, slik at man får skilt mellom de kritiske og ikke-kritiske feil.

3.5.3 Statistisk registrering av leveringskvalitet og avbruddsstatistikk

I dag er det kun nettselskapene som har løpende tilgang til egen avbruddsstatistikk og leveringskvalitet. Kunder kan imidlertid få tilgang ved å henvende seg til nettselskapet. Avbruddstatistikken sendes inn til RME en gang i året.⁹⁰

For RME og NVE vil statistisk registrering av avbruddsdata gjennom året gi nytte. Dataen kan brukes til å vurdere om enkelte geografiske områder tilhørende et nettselskap skiller seg ut med god/dårlig leveringspålitelighet, og er aktuelt å bruke i forbindelse med klager på leveringspålitelighet og tilsyn. Informasjonen kan også gjøre rapportering etter store hendelser til tilsynsavdelingen i NVE, TBB, enklere eller unødvendig, og muliggjøre at TBB selv kan hente data de trenger uten at nettselskaper trenger å rapportere inn.

⁹⁰ Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet.

For nettselskapene åpner dette muligheten til å sammenligne egen leveringspålitelighet med andre nettselskap kontinuerlig i løpet av året. For sluttbruker vil det gi informasjon til å kunne sammenligne leveringspålitelighet i eget nabolag med andre områder.

Samlet vil dette skape en total oversikt på leveringskvalitet og avbruddsdata i det norske kraftsystemet, som oppdateres jevnt gjennom året. Dataen kan publiseres på sluttbrukernivå med høy geografisk oppløsning. Systemet kan utformes enkelt og tilpasset både til myndigheter, privatpersoner, næring og nettselskap.

3.5.4 Varsling av jordingsfeil

Målinger i norske lavspenningsnett viser at det oppstår mange jordfeil, og at jordfeil kan forekomme over lang tid uten at nettselskapet er klar over det.⁹¹ Det er derfor viktig med et godt system som varsler og hjelper nettselskapet, og dermed bidrar til hurtigere og enklere detektering av jordfeil.

I forskriften om elektriske forsyningsanlegg i lavspenningsinstallasjoner §5-2 står det:

«Anlegget skal ha automatisk utkobling eller feilindikasjon ved jordfeil i anlegget eller tilknyttede installasjoner. Ved jordfeil i anlegget eller tilknyttede installasjoner må jordfeilen utbedres eller utkobles snarest mulig og senest innen 4 uker.»⁹²

De vanligste metoder for å detektere jordfeil er ved bruk av sumstrømmåling (kun strøm), retningsbestemt sumstrømmåling (strøm og spenning) og spenningsmåling fase-jord. Valg av metode bør vurderes gjennom en kost-/nytte analyse. Deteksjon av jordfeil hos kunden i AMS vil være til hjelp for lokasjon av hvor feilen ligger. Måleren kan ha mulighet for lagring av viktig informasjon ved mulige jordfeil.

Ved varsling av jordfeil er det viktig med fornuftige grenseverdier, som definerer kritiske jordfeil, slik at nettselskapet ikke får unødvendig mange jordfeilvarsler. Det bør settes strengere og tydeligere krav til jordfeilvarsler for neste generasjons strømmålere.⁹³ I Sintefs rapport «Sikker jordfeildeteksjon» anbefales sumstrøm hos alle kunder med AMS.⁹⁴

3.6 Sikkerhetskrav

Ved introduksjon av nye funksjonskrav for smartmålere kan det være nødvendig å vurdere sikkerhetskravene til AMS som er regulert i forskrift om kraftomsetning og netttjenester § 4-2 og kraftberedskapsforskriften.⁹⁵

⁹¹ SINTEF (2015), «Sikker jordfeildeteksjon».

⁹² Forskrift om elektriske forsyningsanlegg kap. 5 (§5-2).

⁹³ SINTEF (2015), «Sikker jordfeildeteksjon».

⁹⁴ SINTEF (2015), «Sikker jordfeildeteksjon».

⁹⁵ Forskrift om sikkerhet og beredskap i kraftforsyningen (kraftberedskapsforskriften).

SINTEF har utredet risiko ved AMS, og identifisert noen spesielt utsatte områder.⁹⁶ I rapporten formuleres også utvalgte sikkerhetstiltak mot angrep eller uønskede hendelser.⁹⁷ Vi anbefaler derfor å lese rapporten for innblikk i risikobildet tilknyttet AMS.

I det kapittelet går vi nærmere inn på sikkerhetsrisiko og eventuelle løsninger for AMS 2.0. Vi kommer også med noen refleksjoner rundt hvordan man kan utvikle regelverket for å redusere risikoen ved AMS 2.0.

3.6.1 Sikkerhetskrav for programvareoppdatering

AMS-måleren må kunne oppdateres for å håndtere endringer i behov. Hyppige og omfattende oppdateringer kan medføre risiko for digitale angrep, ved at eventuelle tredjeparter kan utnytte sårbarheter i en ny programvare. I fremtidig regulering av AMS, burde man derfor ta hensyn til risikoen ved at AMS-måleren skal oppdateres. Det er for eksempel mulig å stille krav til programvare og teknologi, risikoanalyser, eller til hvem eller hvilket land som kan produsere og oppdatere AMS-målerne.

3.6.2 Sikkerhetskrav for bryte- og strupefunksjonalitet

Bryte- og strupefunksjonen i måleren kan utgjøre en stor sikkerhetsrisiko med høyt skadepotensiale, ved at misbruk kan medføre at flere husholdninger mister strømmen. Det tsjekkiske nasjonale cyber- og informasjon sikkerhetsbyrået har i den forbindelse publisert en advarsel om bruk av teknologi og programvare i smart målere fra land utenfor EU, EØS og NATO.⁹⁸

Kraftberedskapsforskriften § 6-10 oppstiller flere krav for å bøte på sikkerhetsrisikoen ved bryte- og strupefunksjonalitet i AMS-måleren.⁹⁹ Bestemmelsen fastsetter blant annet at leverandører med fjerntilgang til bryterfunksjonaliteten i utgangspunktet skal være lokalisert i et av EFTA- EU- eller NATO-land.¹⁰⁰ Unntak fra lokalisasjonskravet kan imidlertid gjøres dersom en rekke krav er oppfylt.¹⁰¹ For det første må nettselskapet foreta en risikovurdering, som må inneholde en vurdering av risikoen tilknyttet leverandørens land. Deretter må tilgangen for leverandøren være tidsavgrenset og under løpende oppsyn av kvalifisert personell.¹⁰²

⁹⁶ SINTEF (2012), «Risikovurdering av AMS. Kartlegging av informasjonssikkerhetsmessige sårbarheter i AMS».

⁹⁷ SINTEF (2012), «Risikovurdering av AMS. Kartlegging av informasjonssikkerhetsmessige sårbarheter i AMS».

⁹⁸ NUKIB (2022), «Study on selected aspects of the development of smart electricity meters and the corresponding influence on the retail electricity market in the Czech Republic».

⁹⁹ Kraftberedskapsforskriften § 6-10.

¹⁰⁰ Kraftberedskapsforskriften § 6-10 første ledd bokstav b første ledd.

¹⁰¹ Kraftberedskapsforskriften § 6-10 første ledd bokstav b.

¹⁰² Kraftberedskapsforskriften § 6-10 første ledd bokstav b.

Unntaksadgangen fra kravet til leverandørens lokasjon er dermed snever, og et eksempel på at sikkerhet er i høysete ved utvikling av AMS-måleren. Reguleringen viser også at risikoen kan bli forsøkt redusert ved å stille krav til produsenter (herunder opprinnelsessted), oppdateringsprosedyrer, programvarer, teknologi og risikoanalyser. I reguleringen av sikkerhetskrav er det likevel viktig å unngå krav som står i strid med EØS-avtalens krav til «fritt varebytte» eller tilsvarende reguleringer.¹⁰³ Det ser tilsynelatende ut til at Norge i dag har løst utfordringer knyttet til EØS-avtalen ved å oppstille et skille mellom «land som er medlem i EFTA, EU eller NATO» og andre land.¹⁰⁴

3.7 Datainnsamling for målepunkt hvor kommunikasjonsmodul ikke er installert

Omtrent 98,8% av husholdninger i Norge har en smartmåler med kommunikasjonsmodul. De resterende prosentene utgjør omtrent 40 000 målepunkt.¹⁰⁵ Av disse har rundt 7 900 husholdninger fått fritak fra AMS basert på attest, mens rundt 5 600 kunder har nektet nettselskapet tilgang til målepunktet for skifte av strømmåler. I dette kapittelet ønsker vi å kartlegge løsninger for disse gruppene.

3.7.1 Tidsavgrenset kommunikasjon av måledata

Måledata fra strømmåleren kommuniseres over et totalt sett kort tidsintervall. Ifølge Elvia varierer den totale sendetiden av signaler fra deres strømmålere fra noen sekunder til 7 minutter per døgn.¹⁰⁶ En løsning for de som føler seg plaget av signaler som sendes fra måleren kan derfor være å konsentrere sending av måleverdier og annen informasjon fra strømmåleren til en gang i døgnet på et avtalt tidspunkt. Dette kan være et tidspunkt hvor husholdningen ikke er hjemme. Denne sendingsfrekvensen samsvarer med sendingsfrekvensen av måleverdier fra nettselskapene til Elhub, som også skjer en gang i døgnet.¹⁰⁷

Man kan også utrede muligheter for at måleverdiene kan sendes enda sjeldnere. Det vil få konsekvenser for Elhubs arbeid, da de må estimere forbruket frem til de får korrekt måledata fra husholdningen. Det er etter vår oppfatning at det er en bedre løsning enn manuell avlesning.

3.7.2 Nettselskap kan tilby ulike kommunikasjonsløsninger

Blant de norske nettselskapene er radio-mesh nettverk mest brukt¹⁰⁸ som kommunikasjonsløsning, men det eksisterer også andre løsninger¹⁰⁹. Det kan derfor undersøkes om nettselskap kan tilby flere løsninger,

¹⁰³ EØS-avtalen artikkel 8.

¹⁰⁴ Kraftberedskapsforskriften § 6-10 første ledd bokstav b.

¹⁰⁵ NVE (2023), «Sluttrapport for innføringen av avanserte måle- og styringssystemer (AMS)».

¹⁰⁶ Elvia (u.d.), «Stråling fra AMS-målere».

¹⁰⁷ Elhub (2023), «Hva gjør vi?».

¹⁰⁸ NVE (2019), «Fremtidens Avanserte Måle og Styringssystem (AMS) s. 8.

¹⁰⁹ NVE (2019), «Fremtidens Avanserte Måle og Styringssystem (AMS) s. 17-18.

for å oppnå flere installerte AMS med kommunikasjonsløsning. På den andre siden vil det kunne gi nettselskapene ekstra kostnader ved at de må tilrettelegge for flere mottak- og systemer for databearbeiding.

Eksempler på kommunikasjonsløsninger

Dette kapittelet samler opp noen av forslagene som kommer fra foreninger og privatpersoner som viser skepsis mot smarte strømmålere.

a) GPRS teknologi

GPRS teknologi tar i bruk mobilt bredbånd for å sende måledata fra målepunktet til nettselskap. Daglig leder i EMF Consult, som leverer tjenester og produkter til skjerming mot stråling, foreslår GPRS teknologi i en artikkel publisert av foreningen for Eloverfølsomme.¹¹⁰ Løsningen foreslås fordi dataen sendes direkte til strømselskapet, slik at AMS måleren dermed ikke brukes til å motta og sende signaler fra andre målere. Det er likevel usikkert hvor mange som ønsker denne løsningen ettersom måleren fortsatt kommuniserer gjennom signal. Løsningen har også fått kritikk fra personer innad i miljøet.¹¹¹

b) Kabler

Kabler kan benyttes istedenfor at signalene sendes trådløst.¹¹² En av disse løsningene, beskrevet i artikkelen «Rett til å nekte» av Felø, går ut på å sende målingene gjennom strømmettet, såkalt Power Line Communication (PLC).¹¹³ Det finnes likevel kritiske stemmer til denne løsningen blant de som mener at smartmålere gir helseutfordringer, da det påstås, at PLC får kablene til å sende ut store mengder elektromagnetisk stråling.¹¹⁴ En annen løsning kan være å bruke andre allerede eksisterende kabler i husstander, for eksempel fibernettkabler.

c) Ekstern antenne

Det nevnes i Felos artikkel «Tiltak som reduserer AMS stråling» at mange nettselskaper godtar søknader fra personer som ønsker å montere en ekstern antenne for å begrense strålingen i huset.¹¹⁵ Dette kan være en mindre kostnadskrevende løsning for nettselskaper enn de to andre alternativene.

¹¹⁰ Felø (2019), «Nettselskapene valgte den billigste AMS-løsningen fremfor den beste».

¹¹¹ Flydal, E. (2018), «Smartmålere: Er tilbudet om mobildata (GPRS) et brukbart alternativ til fritak, eller en trojansk hest?».

¹¹² Flydal, E. (2017), «Få kabel mellom smartmålerne, så er problemet borte».

¹¹³ Felø (2019), «Strålevett #2 2019 by Felø».

¹¹⁴ Electrical Pollution, "Health effects of wired PLC electrical meters".

¹¹⁵ Felø (2019), "Strålevett #2 2019 by Felø".

4 Konklusjon og veien videre

Funnene identifisert i denne rapporten viser at AMS 2.0 har mange muligheter for å øke fleksibilitet og bidra til å balansere kraftsystemet mer effektivt. Det ligger spesifikt et stort potensial i å involvere sluttkunden mer i fleksibilitetsløsninger. Kartleggingen har avdekket både aktuelle endringer i forskrift og aktuelle endringer i funksjonalitet.

Hovedfunnene antyder at neste generasjon AMS bør og kan bidra til større innsikt både for sluttkunde og nettselskap. Denne rapporten har likevel visse begrensninger, og vi ønsker derfor å løfte frem noen punkter som kan være viktige i videre arbeid med AMS 2.0.

Det vil for det første være nødvendig å få flere innspill fra alle relevante aktører i bransjen. For videre arbeid anbefaler vi å sende ut et standardisert spørreskjema til bransjen og andre interesserte for å få en reflektert og helhetlig vurdering av funksjonskravene. Vi oppfordrer til å inkludere aktører utover nettselskap og AMS-produsenter.

Videre, ser vi at neste generasjons AMS har behov for et grundig arbeid rundt sikkerhet. Vi oppfordrer til aktivt samarbeid med datatilsynet, for å sikre at det formuleres gode sikkerhetskrav til neste generasjons AMS. Vår vurdering er at sikkerhet burde være i høysete ved utviklingen av AMS 2.0, og at kraftberedskapsforskriften § 6-10 sammenholdt med lov om nasjonal sikkerhet (sikkerhetsloven) sannsynligvis også utgjør et godt utgangspunkt for framtidig sikkerhetsregulering. Vi anbefaler at RME og andre aktører å holde seg oppdatert på EUs utvikling av sikkerhetskrav, og vurdere om det skal stilles enda strengere krav til AMS 2.0.

Vi anbefaler også å gjøre en nærmere vurdering av hvilke personvernutfordringer som kan ligge i utformingen av nye krav. Eventuelle krav til hyppigere målinger, fjernstyrte brytefunksjoner og mer informasjon om hva som skjer bak målepunktet (for eksempel mål av egenproduksjon) kan være vanskelig å balansere med hensyn i personopplysningsloven.

Det vil i tillegg være viktig å ta hensyn til universell utforming i utviklingen av AMS 2.0. Vi oppfordrer RME til å se nærmere på dette punktet og finne løsninger for hvordan måleren kan utformes i tråd med FN-konvensjonen om rettigheter for mennesker med nedsatt funksjonsevne.

Til slutt ønsker vi å oppfordre RME og andre aktører i bransjen til å tenke nytt i arbeidet med AMS 2.0. En prosument og en kunde uten egenproduksjon har ikke de samme behovene i strømmåleren. I et videre arbeid kan det undersøkes om man burde ha ulike funksjoner i strømmålere til ulikt bruk. Det kan også vurderes hvorvidt AMS 2.0 trengs i alle målepunkt.

Denne rapporten er kun et startpunkt og en kartleggingsjobb gjort for videre arbeid med AMS 2.0. Vi håper derfor at funnene som er presentert i rapporten inspirerer leserne til å utforske AMS 2.0 videre.

Referanseliste

Rapporter:

- Cleemput, S. «Secure and privacy-friendly smart electricity metering» (2018). Hentet fra: [Phd_CleemputSara_May25.pdf](#)
- Cuijpers, C.,
Koops, B. «Smart metering and privacy in Europe: lessons from the dutch case (2013).
Hentet fra: <https://ssrn.com/abstract=2218553>
- ECOGrid EU «A prototype for European Smart Grids.» 2016
- Eibil, G., Engel,
D., Burkhart, S. «Unsupervised Holiday Detection from Low-resolution Smart Metering Data» (2018). Hentet fra: [\(PDF\) Unsupervised Holiday Detection from Low-resolution Smart Metering Data \(researchgate.net\)](#)
- Energi Norge «Storskala spenningsmål med AMS». SINTEF, 2014.
- Energi Norge «Sikker jordfeildeteksjon» SINTEF, 2016.
- NEK «AMS + HAN – Om å gjøre sanntid måledata tilgjengelig for forbruker». 2015.
Hentet fra: [AMS og HAN - utredning fra NEK](#)
- NVE «Driften av kraftsystemet 2022.» Rapport Nr. 4/2023. Hentet fra: [RME Rapport 4/2023: Driften av kraftsystemet 2022 \(nve.no\)](#)
- NVE «Sluttrapport for innføringen av avanserte måle- og styringssystemer (AMS).» Rapport Nr. 2/2023. Hentet fra: https://publikasjoner.nve.no/rme_rapport/2023/rme_rapport2023_02.pdf
- NVE «Husholdningenes strømforbruk og lastvariasjoner." Rapport Nr. 34/2019. Hentet fra: https://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019_34.pdf
- NVE «Prosumenters innvirkning av lavspente distribusjonsnett.» Rapport Nr. 9/2020.
Hentet fra: [RME Ekstern rapport \(nve.no\)](#)
- NVE «Avanserte måle- og styringssystemer (AMS) – Høringsdokument februar 2011» Rapport Nr. 1/2011. Hentet fra: [\(Microsoft Word - AMS H\370ringsnotat 18 feb 2011.doc\) \(nve.no\)](#)
- NVE «Avanserte måle- og styringssystemer (AMS) – Oppsummering av høringsuttalelser og endelig forskriftekst.» Rapport Nr. 7/2011. Hentet fra: [NVE](#)
- NVE «Kommunikasjonsløsninger for sanntidsdata av strømforbruket» Rapport nr. 70/2018. Hentet fra: [Rapport, bokmål \(nve.no\)](#)
- Qubino "Smart Meter User Manual." 2020. Hentet fra: https://qubino.com/manuals/Smart_Meter.pdf
- SINTEF «Muliggjørende teknologi og rammebetingelser». 2018. Hentet fra: [article.pdf \(uit.no\)](#)
- SINTEF «Risikoverdering av AMS». 2012. Hentet fra: [SINTEF+A22318.pdf \(unit.no\)](#)

- Statnett/Elhub Rapport 2022: «Utredning - Håndtering av måleverdier fra undermålere i Elhub og eSett». Hentet fra: [Utredning-om-handtering-av-maleverdier-fra-undermalere-i-Elhub-og-eSett.pdf](#)
- Sælør, I. «Smarte strømmålere og Elhub – en personvernrettslig analyse» (2018). Hentet fra: [Microsoft Word - Master.doc \(uio.no\)](#)

Artikler og nettsider:

- Datatilsynet "Hva er et brudd på personopplysningssikkerheten?" (siste endret 2023) Hentet fra: <https://www.datatilsynet.no/rettigheter-og-plikter/virksomhetenes-plikter/avvik/hva-er-et-brudd-pa-personopplysningssikkerheten/>
- Datatilsynet «Automatisk strøm- og vannmåling» (Sist endret 2018). Hentet fra: [Strømmåling \(AMS\) | Datatilsynet](#)
- DZ4 "70% regulering for solceller: Dette gjelder i 2023 og i fremtiden." (2023) Hentet fra: [70%-Regelung bei Photovoltaik: Das gilt 2023 & in Zukunft | DZ4](#)
- DZ4 «70-PROZENT-REGELUNG BEI PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN» (2023). Hentet fra: [70%-Regelung bei Photovoltaik: Das gilt 2023 & in Zukunft | DZ4](#)
- EDPS Det europeiske datatilsynet. Forskningsartikkel 2019 (lest senest 7.8.23), se [TechDispatch #2: Smart Meters in Smart Homes | European Data Protection Supervisor \(europa.eu\)](#).
- Einar Flydal "Smartmålere: Er tilbudet om mobildata (GPRS) et brukbart alternativ til fritak, eller en trojansk hest?" (2019). Hentet fra: <https://einarflydal.com/smartmalere-er-tilbudet-om-mobildata-gprs-et-brukbart-alternativ-til-fritak-eller-en-trojansk-hest/>
- Einar Flydal "Få kabel mellom smartmålerne, så er problemet borte*." (2017) Hentet fra: <https://einarflydal.com/fa-kabel-mellom-smartmalere-sa-er-problemet-borte/>
- Electra «WHAT IS HOT WATER LOAD CONTROL?» (u.d) Hentet fra: <https://electra.co.nz/assets/FAQs/FAQs-on-hot-water-load-control.pdf>
- Electrical "Health effects of wired PLC electrical meters." (2019) Hentet fra: https://www.eiwellspring.org/smartmeter/PLC_2019.htm
- Pollution
- Elhub "Hva gjør vi?" (Sist oppdatert 2023) Hentet fra: <https://www.elhub.no/hva-gjor-vi/>
- Elvia "AMS-måler: Dette må du vite." (u.d.). Hentet fra: <https://www.elvia.no/smart-forbruk/alt-om-din-strommaler/ams-maler-dette-ma-du-vite/>
- Elvia "Stråling fra AMS-målere." (u.d.) Hentet fra: <https://www.elvia.no/strom/strommalere/straling-fra-ams-malere/>

- Felo «Nettselskapene valgte den billigste AMS-løsningen fremfor den beste.» (2019)
Hentet fra: <https://felo.no/nettselskapene-valgte-den-billigste-ams-losningen-fremfor-den-beste/>
- Felo "Strålevett #2 2019 by Felo - Issuu." (2019) Hentet fra: <https://www.felo.no/wp-content/uploads/2022/01/Stralevelt-2019-2-uten-medlemssider.pdf>
- Fornybar Norge "Investeringsbehov ved 80% plusskunder uten lokal lagring." (u.d.) Hentet fra: <https://www.fornybarnorge.no/>
- Gudbrandsdal Energi "Kan jeg bruke pulsmåleren hos en annen strømleverandør?" (u.d.) Hentet fra: <https://www.ge.no/no/ofte-stilte-sporsmal/puls/kan-jeg-bruke-pulsmaleren-hos-en-annen-stromleverandor>
- Helsedirektoratet "Legeattest og automatiske strømmålere." (2018) Hentet fra: <https://www.helsedirektoratet.no/tema/stralevern/legeattest-og-automatiske-struummalere>
- LandisGyr "E360's New Modular Firmware Design." (2020) Hentet fra: <https://eu.landisgyr.com/blog/room-for-the-future-e360s-new-modular-firmware-design>
- Marius Valle "Så mye strøm brukte elbilene i fjor." (2021) Hentet fra: [Så mye strøm brukte elbilene i fjor - Tu.no](https://www.tu.no/nyheter/2021/05/11/sa-mye-strøm-brukte-elbilene-i-fjor)
- M-Bus "The Standard for Remote Reading of Smart Meters" (u.d.). Hentet fra: [Home – M-Bus](https://www.m-bus.com/en/industry-standards)
- MDPI «Implementation of Dynamic Controls for Grid-Tied-Inverters through Next-Generation Smart Meters and Its application in Modernized Grid». Energies 2022. Hentet fra: [Energies | Free Full-Text | Implementation of Dynamic Controls for Grid-Tied-Inverters through Next-Generation Smart Meters and Its Application in Modernized Grid \(mdpi.com\)](https://www.mdpi.com/1996-1073/15/10/3900)
- NAOB Det Norske Akademis Ordbok. (u.d.) Hentet fra: [fastvare - Det Norske Akademis ordbok \(naob.no\)](https://www.naob.no/)
- NEK «Info AMS HAN brukere.» (u.d.) Hentet fra: <https://www.nek.no/info-ams-han-brukere/>
- NÚKIB «Study on selected aspects of the development of smart electricity meters and the corresponding influence on the retail electricity market in the Czech Republic." 2022. Hentet fra: https://www.nukib.cz/download/publications_en/30-05-2022_warning.pdf
- NVE "Nett." (Sist oppdatert 2023) Hentet fra: <https://www.nve.no/energi/energisystem/nett/>

- NVE "Plusskunder" (Sist oppdatert: 2023). Hentet fra:
<https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/regulering/nettvirksomhet/nettleie/tariffer-for-produksjon/plusskunder/>
- NVE «Hvem er Reguleringsmyndigheten for energi?» (Sist 2021). Hentet fra:
<https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/om-rme/dette-er-rme/hvem-er-reguleringsmyndigheten-for-energi/>
- NVE «Plusskundestatistikk.» (Sist oppdatert 2023). Hentet fra:
<https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/publikasjoner-og-data/statistikk/statistikk-over-sluttbrukermarkedet/plusskundestatistikk/>
- NVE "Data for utbygde vindkraftverk i Norge." (Sist oppdatert 2023) Hentet fra:
<https://www.nve.no/energi/energisystem/vindkraft/data-for-utbygde-vindkraftverk-i-norge/>
- NVE "Ny teknologi og forbrukerfleksibilitet." (2021). Hentet fra:
<https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/kunde/nett/ny-teknologi-og-forbrukerfleksibilitet/>
- NVE "Smarte strømmålere (AMS)." (sist endret 2023) Hentet fra:
<https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/kunde/stroem/stroemkunde/smarte-stroemmaalere-ams/>
- NVE «Veileder til leveringskvalitetsforskriften». Rapport nr. 7/2018. Hentet fra: [Veileder, bokmål \(nve.no\)](#)
- Statnett "Elhub." (2018). Hentet fra: <https://www.statnett.no/for-aktorer-i-kraftbransjen/systemansvaret/kraftmarkedet/avregningsansvaret/elhub/>
- Statnett «Forventer kraftig vekst i kraftforbruket, avhengig av nett og mer kraftproduksjon» (2023). Hentet fra: [Forventer kraftig vekst i kraftforbruket, avhengig av nett og mer kraftproduksjon | Statnett](#)
- Statnett «Lokale fleksibilitetsløsninger testes i Statnetts regulerkraftmarked.» (2022). Hentet fra: [Lokale fleksibilitetsløsninger testes i Statnetts regulerkraftmarked | Statnett](#)
- Statnett «15-minutters avregning og energimarkeder.» (Sist oppdatert 2022) Hentet fra: [15 minutters avregning og energimarkeder | Statnett](#)
- Statnett «Nytt automatisert MFRR-marked for tertiærreserver.» (Sist oppdatert 2023). Hentet fra: [Nytt automatisert mFRR-marked | Statnett](#)
- Store norske leksikon "jordfeil" (Sist oppdatert 2019). Hentet fra: [jordfeil – Store norske leksikon \(snl.no\)](#)
- Tibber "Dette er 'Han Porten' - strømmens hemmelige helt!" (2022) Hentet fra:
<https://tibber.com/no/magazine/power-hacks/dette-er-han-porten>

2023

Lov om utbygging av fornybar energi (lov om fornybare energikilder - EEG 2023) §
9 Tekniske spesifikasjoner. Hentet fra: [§ 9 EEG 2023 - Enkel standard \(gesetze-im-internet.de\)](#)