

Rapport

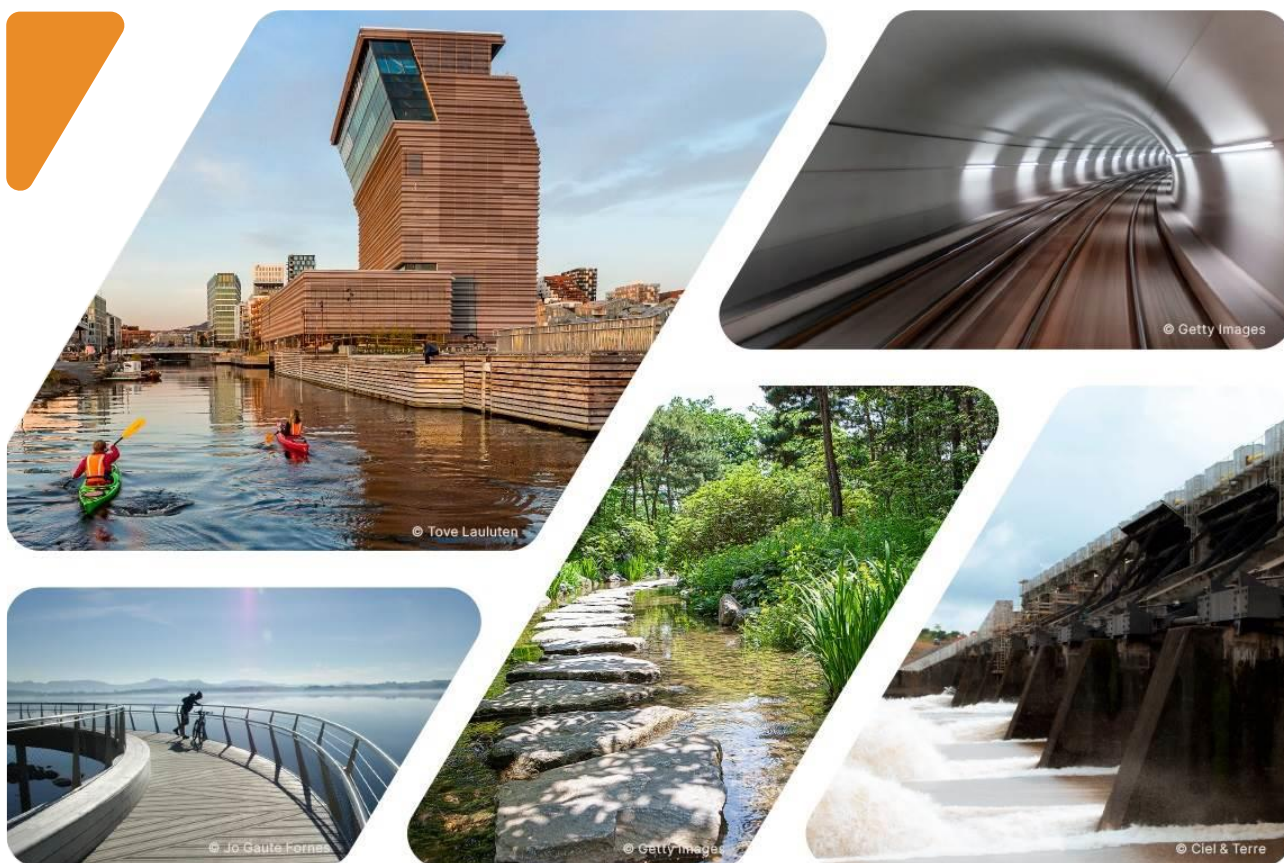
Vurderinger av kostnader og nyttevirkninger ved individuell måling av varme

OPPDRAGSGIVER

NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat

DATO / REVISJON: 14.11.2024 / 01

DOKUMENTKODE: 10260040-01-RIEn-RAP-001



Multiconsult



Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.



Rapport

OPPDRAG	Vurderinger av kostnader og nyttevirksomheter ved individuell måling av varme	DOKUMENTKODE	10260040-01-RIEn-RAP-001
EMNE		TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat	OPPDRAGSLEDER	Henriette Skaret Kjos-Hanssen
KONTAKTPERSON	Benedicte Langseth	UTARBEIDET AV	Ingvild Mysen
KOORDINATER	Sone: / Øst: / Nord:	ANSVARLIG ENHET	Energi og teknikk

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	14.11.24	Revisjon	INGVM	TIB, LSS	HESK
00	01.11.24	Leveranse rapport	INGVM	TIB, LSS	HESK

SAMMENDRAG

Foreliggende rapport tar for seg de sentrale temaene knyttet til individuell måling av varme og tappevann på leilighetsnivå, og utforsker utfordringer, forutsetninger, kostnader, energibesparelser, lønnsomhetsberegninger og øvrige nyttevirksomheter. Arbeidet bygger videre på Norsk Energi sin rapport fra 2019 på samme tema, og inkluderer oppdatert informasjon om teknologiske fremskritt og kostnadsutvikling knyttet til individuell måling. Det er samlet inn og analysert energidata fra flerboligbygg, og gjort supplerende litteraturstudie. Det er utarbeidet et beregningsverktøy i excel og utført lønnsomhetsberegninger for aktuelle case, i tillegg til ulike sensitivitetsanalyser. Videre er det gjennomført en rekke intervjuer med aktører i hele verdikjeden, og deres erfaringer og innsikter gir en grundig vurdering av målesystemenes egnethet. Målet er at denne oversikten, sammen med lønnsomhetsvurderingene, skal bidra til et godt beslutningsgrunnlag for hvorvidt individuell måling bør innføres som et nasjonalt krav i Norge, i tråd med EUs energieffektiviseringsdirektiv.

Nytteverdien av individuell måling varierer betydelig avhengig av bygningstype og tekniske forhold. Primært viser studien at individuell måling kan være lønnsomt i flerboligbygg, mens det i næringsbygg kan være mer hensiktsmessig å fokusere på måling på energipost eller anleggsnivå for effektiv energioppfølging. Studien har derfor hatt hovedfokus på flerboligbygg.

På markedet finnes det to hovedkategorier for individuell måling: direkte varmemålere (energimålere) og indirekte varmeregningsystemer (fordelingsmålere). EUs energieffektiviseringsdirektiv (EED) prioriterer bruk av energimålere der dette er teknisk og økonomisk mulig. Når direkte måling ikke lar seg gjennomføre, åpnes det for bruk av fordelingsmålere som et alternativ. På grunn av tekniske og arkitektoniske utfordringer i varmeanlegg er installasjon av energimålere ofte krevende i eksisterende bygninger, mens fordelingsmålere vanligvis er teknisk gjennomførbare.

Informasjon fra leverandører og boligbyggelag viser at det i nybygg primært installeres energimålere for varme mens fordelingsmålere brukes for varmtvann. I eksisterende bygg brukes vanligvis fordelingsmålere for både varme og varmtvann. Energimålere, som har høy målenøyaktighet og er regulert av Justervesenet gjennom MID-sertifisering, er velegnet for økonomisk avregning. Fordelingsmålere, selv om de er sertifisert etter EN 834:2017, mangler samme juridiske regulering, noe som kan føre til variasjon i nøyaktighet og dermed mindre forbrukerbeskyttelse.

Det er gjennomført studier om individuell måling i flere europeiske land, og resultater viser stor variasjon i oppnådde energibesparelser, fra 2 til 40 %. I 2016 ble det innført krav om individuell måling i flere EU-land. I Italia og Østerrike er individuell måling påbudt med få unntak, mens Sverige og Finland har unnlatt å innføre slike krav på grunn av begrenset lønnsomhet. Denne variasjonen mellom EU-land viser at tiltaket ikke nødvendigvis gir universell lønnsomhet. EU tillater hvert medlemsland å tilpasse reglene til bygningstyper, slik at kravene kan differensieres avhengig av bygningens karakteristika.

Anslagsvis er det 600 000 boenheter i Norge med vannbaserte oppvarmingssystemer, og som derfor kan omfattes av eventuelle fremtidige krav til individuell måling. Individuell måling er i dag hovedsakelig utbredt i nyere bebyggelse. Leverandører anslår at rundt 100 000 boenheter i Norge har individuell måling, men tallet er noe usikkert. En spørreundersøkelse fra 2023 utført blant OBOS' boligselskap med 299 respondenter, viste at 61 % har individuell måling, hvorav 11 % mottar direkte fakturering fra fjernvarmeselskapet. De fleste respondentene oppga at energikostnadene avregnes årlig (87 %), mens halvårlig, kvartalsvis og månedlig avregning er mindre vanlig.

Rapporten inkluderer innsikter fra intervjuer med rundt 20 ulike aktører, blant annet leverandører, boligbyggelag, beboere, fjernvarmeleverandører, eiere og forvaltere av næringseiendom samt kontrollorgan. Spørreskjemaer ble også sendt til 26 boligselskaper for å samle erfaringer fra ettermontering av energimålere. Leverandører og boligbyggelag uttrykker støtte til krav om individuell måling, men boligbyggelag påpeker behovet for dispensasjonsmuligheter for eksisterende bygg med komplisert infrastruktur. Innsamlet informasjon viser at store norske boligbyggelag allerede implementerer individuell måling i nye prosjekter, delvis som et svar på kunders forventninger. Beboere er positive til individuell måling og anser rettferdig fordeling av energikostnader som hovedmotivasjon. Blant fjernvarmeleverandørene er holdningene varierte – noen ser det som en forretningsmulighet, mens andre er bekymret for juridiske utfordringer med grensesnitt og tap på sekundærsiden. Eiere av næringseiendom er skeptiske til krav om individuell måling på leietakernivå, og

foretrekker heller måling av større energiposter for energioppfølging. Justervesenet melder om behov for tydelig regelverk for tredjepartsleverandører av målesystemer og understreker viktigheten av klare føringer for hvilke typer målere som skal brukes ved individuell måling.

Kostnadsdata er innhentet fra fem leverandører i det norske markedet, inkludert fjernvarmeleverandører, samt fra flere boligselskaper som nylig har investert i systemer for individuell måling. For å få oversikt over kostnadsbildet er det spesifikt skilt mellom investeringskostnader og løpende driftskostnader, da forretnings- og betalingsmodeller varierer. For eksempel betales noen målere ved installasjon, mens andre leies gjennom en tjenesteavtale med faste månedlige kostnader som dekker leie, avregning og fakturering.

Prosjektet har avdekket at innkjøpskostnadene for målere i Norge er sammenlignbare med nivåene i Europa. De løpende kostnadene kan imidlertid oppleves som høye, og de lave energiprisene i Norge gjør at de løpende kostnadene i noen tilfeller overstiger besparelsene. Verdikjeden for individuell måling i boligbygg består av flere aktører, inkludert leverandører av målerutstyr, avregningsleverandører og forretningsførere, som alle legger påslag på tjenestene sine. For å redusere disse kostnadene bør det jobbes aktivt med automatisering av oppgaver for å minimere påslagene fra hver aktør. I tillegg er det viktig å forbedre grensesnittet mot brukerne, da mange opplever dagens fakturaer som vanskelige å forstå og har utfordringer med å se hvordan eget forbruk reflekteres i energiregningen.

Videre er energiforbruksdata samlet inn fra 29 boligselskaper med individuell måling, for å supplere data fra Norsk Energi-rapporten fra 2019 og for å få oppdatert erfaringsdata. I materialet identifiseres betydelig variasjon, fra økt forbruk på 8 % til besparelser opp til 46 %. For bygg med dokumenterte besparelser ligger gjennomsnittlig reduksjon i energiforbruket (varme og varmtvann) på 13,4 %. Der det har vært mulig å skille besparelsen mellom varme og varmtvann, viser dataene et noe høyere besparelespotensial for varmtvann. Basert på dette og tidligere europeiske studier anvendes 10 % som forventet besparelse for varme og 15 % for varmtvann som representativt middels nivå.

Det er utviklet et Excel-verktøy for NVE for utførelse av lønnsomhetsanalyser, med variasjon over ulike parametervalg for energibehov, energibesparelse, energipris og vann- og avløpsgebyrer mm. Analysene viser at individuell måling kan være økonomisk forsvarlig når det fører til høy energibesparelse (15 % for varme og 25 % for varmtvann), mens det er ikke lønnsomt ved lave besparelser (5 % for både varme og varmtvann). Om man forutsetter middels energibesparelse (10 % for varme og 15 % for varmtvann), er bildet for lønnsomhet sammensatt, og kan slå begge veier avhengig av forutsatt energibehov og energipris, målerens type og om det gjelder et nybygg eller eldre bygg. Dårligst lønnsomhet oppnås for energieffektive nybygg og eldre bygg med komplekse rørsystemer.

Excel-verktøyet muliggjør også sensitivitetsanalyser for ulike scenarier, der formålet er å analysere lønnsomheten ved variasjoner i faktorer som gjennomsnittlig størrelse på leiligheter, levetid, energibesparelse, investeringskostnader, årlige driftskostnader og energipriser. Resultatene viser at dersom det forutsettes kun lav energibesparelse i nybygg, kreves en energipris på rundt 2,25 kr/kWh for å sikre positiv lønnsomhet, og justeringer i levetid, investeringskostnader eller løpende kostnader alene er ikke tilstrekkelige for lønnsomhet. Forutsettes kun lav energibesparelse i eksisterende bygg, viser sensitivitetsanalysen at lønnsomheten oppnås ved å øke levetiden på målerutstyr fra 10 til 20 år, redusere investeringskostnadene fra 3 000 kr til 1 300 kr per leilighet, eller redusere årlige driftskostnader med en tredjedel fra 530 kr til 350 kr per leilighet.

Den faktoren som er mest avgjørende for lønnsomheten av individuell måling i boligselskaper er leilighetsstørrelsen. Analysen viser at individuell måling i nybygg kun er lønnsomt for leiligheter som er 65 kvadratmeter eller større, gitt et middels varmebehov, middels energibesparelse og middels energipris. Dette tilsvarer omtrentlig gjennomsnittlig leilighetsstørrelse i Norge, noe som betyr at omtrent halvparten av leilighetene sannsynligvis ikke vil oppnå lønnsomhet ved installasjon. For eksisterende bygg, hvor varmebehovet generelt er høyere, gir individuell måling bedre lønnsomhet – også for mindre leiligheter ned til 39 kvadratmeter, gitt et middels varmebehov, middels energibesparelse og middels energipris. Det at større leiligheter oppnår høyere lønnsomhet kan oppleves som urettferdig for beboere i mindre enheter, og det bør derfor vurderes om investerings- og driftskostnader kan fordeles basert på leilighetsstørrelse, slik at ikke beboere i små leiligheter bærer en uforholdsmessig stor del av kostnadene.

For å vurdere om EUs krav til individuell måling bør implementeres i Norge, må politiske hensyn balanseres med økonomisk forsvarlighet for å sikre at tiltakene er både kostnadseffektive og praktisk gjennomførbare. Fordi lønnsomhetsanalysene ikke viser utelukkende lønnsomhet for alle/ de fleste scenarioene, men heller ikke utelukkende ulønnsomhet, er det utfordrende å konkludere i forhold til om Norge bør innføre individuell energimåling som krav. Det er usikkerheter i forhold til hvor store energibesparelser som kan forventes, og det identifiseres kompliserende faktorer i eksisterende bygg med komplekse rørsystemer som kan gjøre installasjon ulønnsom. For eksisterende bygg kan individuell måling vurderes behovsprøvd basert på kost/nytte i stedet for et generelt krav. Ved eventuell innføring av krav anbefales det å inkludere dispensasjonsmuligheter for boligblokker hvor installasjonskostnad vil bli uforholdsmessig høy, samt dispensasjonsmuligheter for svært energieffektive nybygg som består av arealeffektive små leiligheter.

Dersom krav innføres, bør det tydeliggjøres hvilke målere som tillates for ulike byggtyper. Energimålere med MID-sertifisering har høy nøyaktighet, mens fordelingsmålere, til tross for EU-godkjenning, har større måleavvik. EUs energieffektiviseringsdirektiv prioriterer energimålere, men tillater fordelingsmålere der det kan øke lønnsomheten. Et fremtidig regelverk bør derfor spesifisere hvilke målere som er egnet for ulike bygningstyper, for å sikre nøyaktighet og kostnadseffektivitet.

Et alternativ til nasjonale krav kan være å innlemme retningslinjer i Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven (TEK), slik at nybygg klargjøres for ettermontering av individuelle målere. Dette vil kunne sikre en kostnadseffektiv overgang dersom boligselskapet senere ønsker å innføre individuell energimåling, eller dersom norske myndigheter i fremtiden skulle innføre dette som krav.

I eventuelt videre arbeid bør det vurderes hvordan energiforbruket påvirkes av frekvensen på fakturering. Selv om årlig a-konto-fakturering holder kostnadene nede, kan mer hyppig fakturering potensielt øke beboernes bevissthet og gi høyere energibesparelser. Et tema for videre forskning vil være hvorvidt månedlig fakturering kan gi bedre energieffektivisering, slik at fordeler oppveier de økte administrasjonskostnadene.

Gjennom flere intervjuer ble det fremhevet at det finnes et betydelig potensial for energieffektivisering av varmeanlegget til boligsameiet. Der det er installert energimålere avdekkes ofte store avvik fra hovedmåler, som synliggjør varmetap i distribusjonsanlegg, akkumulatortanker og varme til fellesarealer. Dette gir insentiv til å utføre forbedringstiltak, og ofte oppdages i denne forbindelse også feil eller uøkonomisk drift av varmeanlegget. På denne bakgrunn kan det derfor vurderes å sette krav til installasjon av energimålere på sekundærsiden i varmeanlegget. Dette kan innebære installasjon av energimålere ved inngangen til hver boligblokk i boligselskaper med flere blokker tilknyttet én energisentral, eller på strategiske steder som sjakter, for å avdekke varmetap i spesifikke deler av bygget. Gjennom dette kan man oppnå betydelige energibesparelser. Energibesparelsene her ligger i å identifisere og utbedre dårlig isolerte rør og komponenter, tekniske feil, uøkonomisk drift og ineffektiviteter, i motsetning til besparelsene ved individuell måling som primært er knyttet til bevisstgjøring av beboernes energiforbruk. Det kan være at den generelle lønnsomheten ved et slikt tiltak vil være høyere enn for individuell måling, men det vites ikke. Det anbefales derfor å gjennomføre en utredning som undersøker dette tiltaket nærmere. Utredningen bør inkludere innhenting og analyse av måledata fra både eldre og nyere boligblokker med installerte energimålere, for å identifisere avvik fra hovedmåleren og vurdere sparepotensialet. Samtidig bør utredningen også vurdere kostnadene og lønnsomheten knyttet til tiltaket.



INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Bakgrunn	8
1.1	Underlag	8
1.2	Arbeidsmetodikk	9
1.2.1	Metodikk ved innhenting og analyse av kostnader for individuell måling	9
1.2.2	Metode for beregning av energibesparelser ved måling og fakturering	10
1.2.3	Metode for beregning av lønnsomhet	11
1.3	Valg og avgrensninger	11
2	Teknologi for måling og avregning	12
2.1	Måleteknologier og egnethet	12
2.1.1	Energimålere	13
2.1.2	Fordelingsmålere	15
2.1.3	Individuell måling av kjøling	16
2.1.4	Bygg- og rørtekniske forhold	16
2.2	Validering av målerdata	17
2.3	Avregning, fakturering og energioppfølging	17
3	Erfaringer og analyse av EU sitt direktiv og virkning av individuell måling	18
3.1.1	Kontinentaleuropeiske land sammenlignet med Norge	19
3.1.2	Danmark	20
3.1.3	Sverige	21
3.1.4	Finland	21
4	Individuell måling og fakturering i Norge	22
4.1	Utbredelse av individuell måling i Norge	22
4.2	Forretningsmodeller	25
5	Markedets holdninger til individuell måling	28
5.1.1	Leverandører	28
5.1.2	Boligbyggelag	29
5.1.3	Beboere	31
5.1.4	Fjernvarmeleverandører	33
5.1.5	Eiere og forvaltere av næringsbygg	35
5.1.6	Kontrollorgan	37
5.2	Trender fremover	38
6	Kostnader	39
6.1	Installasjonskostnad	39
6.1.1	Kostnadseksempler	41
6.2	Løpende årlige kostnader	42
6.3	Full tjenesteleveranse – fra måling til fakturering	43
7	Energisparepotensial	44
7.1	Litteraturstudie	44
7.2	Egen datainnsamling	45
7.2.1	Varme og varmtvann	45
7.2.2	Varmtvann	46
7.2.3	Oppvarming	47
7.3	Resultater fra to prosjekt	47
7.4	Forhold som påvirker energisparende adferd	47
8	Lønnsomhetsberegninger	48
8.1	Forutsetninger	48
8.2	Lønnsomhetsvurdering for nybygg	50
8.3	Lønnsomhetsvurdering for eksisterende bygg	53
8.4	Sensitivitet	56
9	Konklusjon	66
10	Referanser	68

1 Bakgrunn

I 2012 innførte EU energieffektiviseringsdirektivet (EED), som pålegger medlemslandene å installere individuelle varmemålere i bygninger med sentraliserte systemer for varme, kjøling eller varmtvann, der det er teknisk og økonomisk gjennomførbart (Canale L. , et al., 2019). Som en respons på EUs energieffektiviseringsdirektiv, bestilte Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i 2019 en utredning av Norsk Energi som resulterte i rapporten «Kostnader ved individuell måling av varme og kjøling» (Haugen, 2019). Denne rapporten dannet et grunnlag for vurdering av slike tiltak i Norge.

Artikkel 9 og 10 i Energieffektiviseringsdirektivet (EED I og II) fastsetter krav om at sluttbrukere skal ha rett til måling og avregning som reflekterer deres faktiske energiforbruk i bygninger med sentrale varme- eller varmtvannsanlegg (Canale L. , et al., 2019). Det skal også etableres tydelige rammer for hvordan energikostnader skal fordeles, for å sikre transparent og nøyaktig informasjon om hver enkelt brukers energiforbruk. Dette direktivet er også relevant for Norge, ettersom energikostnader i mange flerboligbygg med sentrale varme- eller varmtvannsanlegg i dag fordeles basert på arealbrøk. Denne praksisen gir begrenset innsikt i det faktiske forbruket og kan svekke motivasjonen for å gjennomføre energibesparende tiltak i boligen.

Den 25. mai 2023 ble norsk lovgivning tilpasset direktivets krav, da Stortinget vedtok en lovendring som gir Energi- og miljødepartementet hjemmel til å utarbeide forskrifter for måling og fakturering ved bruk av individuell måling av termisk energi (Stortinget, 2023). Hovedmålet med dette er å sikre at sluttbrukerne kan se en tydelig sammenheng mellom energiforbruk og kostnad, slik at de får bedre insentiver til å iverksette lønnsomme energieffektiviseringstiltak. For beboere i flerboligbygg kan dette øke bevisstheten om eget energiforbruk og bidra til en mer rettferdig fordeling av energikostnadene, som gir insentiv til å redusere eget energiforbruk.

Byggteknisk forskrift (TEK17) stiller krav om energimåling i boligblokker med sentralt varmeanlegg og i alle yrkesbygninger, gjennom § 14-2 – krav til energieffektivitet, sjettede ledd. Kravet innebærer at bygninger skal ha formålsdelte energimålere som måler energiforbruket til oppvarming og tappevann på systemnivå. Det stilles imidlertid ikke krav om individuell måling for hver boenhet (DiBK, 2017). Målingen foregår på byggnivå, og bygningens tekniske systemer må tilrettelegges for å sikre nøyaktig måling av samlet energibruk.

Rapporten tar for seg de sentrale temaene knyttet til individuell måling av varme og tappevann på leilighetsnivå, og utforsker utfordringer, forutsetninger, kostnader, energibesparelser, lønnsomhetsberegninger og øvrige nyttevirkninger. I tillegg vurderes hvorvidt individuell måling bør innføres som et nasjonalt krav i Norge, i tråd med EU-regelverk som innført flere EU-land. Rapporten bygger videre på Norsk Energi sin rapport fra 2019, og inkluderer oppdatert informasjon om teknologiske fremskritt og kostnadsutvikling knyttet til måling av varme og kjøling. Innsikter fra intervjuer med relevante aktører presenteres også, noe som gir en grundig vurdering av målesystemenes egnethet, samt oppdaterte analyser av kostnader, energibesparelser og erfaringer med individuell måling. Målet er at denne oversikten, sammen med lønnsomhetsvurderingene, skal bidra til et solid beslutningsgrunnlag for hvordan Norge kan forholde seg til individuell måling.

1.1 Underlag

I 2019 gjennomførte Norsk Energi en omfattende studie som kombinerte intervjuer med markedsaktører, gjennom møter, telefonintervjuer og spørreskjemaer, samt en litteraturstudie om lønnsomhet og energibesparelser både i Norge og internasjonalt. Rapporten kartla teknologier for måling av termisk energi, markedsforhold for målere og tjenester i Norge, samt kostnader knyttet til installasjon og drift.



Rapporten fra 2019 gir en grundig oversikt over daværende måleteknologier, hvor mange av disse fortsatt er i bruk i dag. Siden den gang har det vært enkelte teknologiske nyvinninger, som blir omtalt i denne rapporten, sammen med en kort oppsummering av teknologiene beskrevet i Norsk Energi sin rapport. Markedet for individuell måling i Norge var i 2019 utfordrende å tallfeste nøyaktig, men estimater fra leverandører antydte at mellom 10-20 % av boligblokker med vannbåren varme hadde individuell måling. Derimot var denne teknologien lite utbredt i næringsbygg.

Kostnadsestimatene i rapporten viste at investeringskostnadene per leilighet varierte fra 2 700 til 4 500 kr for nybygg, og fra 3 500 til 5 500 kr for eksisterende bygg, der mer komplekse varmesystemer hadde høyere kostnader. Energibesparelsene ble anslått til å ligge mellom 10-25 %, mens lønnsomhetsanalysen viste at energibesparelser over 21 % var nødvendig for å sikre lønnsomhet i nybygg, og over 13 % i eldre bygg med høyt varmebehov. Det er imidlertid viktig å merke seg at lønnsomhetsanalysen var basert på kun fem studier, og mangelen på tilstrekkelig data om faktiske energibesparelser gjorde det vanskelig å trekke en entydig konklusjon om fordelene ved individuell måling.

Denne rapporten tar sikte på å oppdatere analysen fra 2019 med hensyn til teknologi, kostnader og energibesparelser ved individuell måling. Selv om markedet og teknologien har utviklet seg siden den gang, er individuell måling fortsatt ikke bredt implementert, særlig gjelder det for eksisterende bygg. Miljøsertifiseringer som BREEAM har bidratt til at flere nybygg nå installerer individuell måling, men dette er fortsatt sjeldent i eksisterende bygg. Rapportens mål er derfor å samle data fra prosjekter som har etterinstallert individuell måling i eksisterende bygg, slik at energiforbruk før og etter tiltaket kan sammenlignes. På denne måten søker rapporten å gi et mer helhetlig bilde av fordeler, ulemper, energibesparelser, kostnader og lønnsomhet ved individuell måling.

1.2 Arbeidsmetodikk

I arbeidet med denne utredningen har Multiconsult aktivt innhentet oppdatert informasjon fra relevante aktører. Informasjonsinnsamlingen har hovedsakelig blitt gjennomført gjennom intervjuer med leverandører av måletjenester, større boligbyggelag, boligselskaper, næringsbyggeiere samt fjernvarmeleverandører. Justervesenet har også blitt intervjuet som en del av prosessen for å inkludere det regulatoriske perspektivet. Grunnet begrenset ny forskningslitteratur i Norge, bygger rapporten i stor grad på resultatene fra gjennomførte intervjuer. Spesielt har leverandører som Techem, ISTA og Lyse Energiservice bidratt med verdifull innsikt i teknologiene som benyttes og omfanget av individuell måling i Norge.

For å kartlegge kostnader har vi i tillegg sendt ut spørreskjema til leverandører. Borettslag og sameier har mottatt spørreskjema for å dokumentere energibesparelser knyttet til installasjon av individuelle målere for varme og kjøling. Selv om det ble vurdert å sende ut spørreskjema til næringsbyggeiere, er dette erstattet med casestudier i intervjuene, da det er få næringsbygg med individuell måling.

I tillegg til den direkte datainnsamlingen har vi gjennomført et omfattende litteraturstudium for å identifisere ny forskning og oppdatere oversikten over relevant forskningslitteratur siden Norsk Energi sin rapport fra 2019. Litteratursøket har omfattet både norske og internasjonale studier som kan belyse energibesparelser ved individuell måling av varme og kjøling.

1.2.1 Metodikk ved innhenting og analyse av kostnader for individuell måling

Kostnadene som er innhentet og benyttet i denne rapporten inkluderer investeringskostnader for installasjon av individuelle målere, løpende driftskostnader, samt administrative- og faktureringskostnader. I tillegg er det samlet inn produktlister fra flere sentrale leverandører i Norge.

Dataene er samlet inn gjennom en spørreundersøkelse sendt til fem ulike leverandører av måleutstyr for individuell måling i Norge. I samarbeid med leverandører er det utviklet flere representative caser for både boligblokker og næringsbygg. Deretter ble leverandørene bedt om å gi prisanslag for disse casene.

I tillegg er det gjennom intervjuene med representanter fra ulike boligbyggelag og boligselskaper innhentet erfaringstall. Dette inkluderer løpende kostnader knyttet til vedlikehold, drift og avregning, for å sammenligne disse med de innhentede kostnadene fra leverandørene. På denne måten får vi et mer helhetlig bilde av de totale kostnadene ved bruk av individuelle målere.

Kostnadsdata brukes videre som grunnlag for lønnsomhetsberegninger i egenutviklet Excel-verktøy (se avsnitt 1.2.3). Verktøyet skiller på kostnader for nybygg / eksisterende bygg, hvilke elementer som måles (varme, varmtvann eller begge), type målere, rørinstallasjonstype og leverte tjenester.

1.2.2 Metode for beregning av energibesparelser ved måling og fakturering

Ved innhenting av tall for energibesparelser er det tatt hensyn til to spesielle hendelser som kunne ha påvirket forbruksmønstrene. Den første var perioden under COVID-19-pandemien, hvor flere tilbrakte mer tid hjemme fra jobb og skole. For boliger kan dette ha medført økt varmtvannsforbruk, mens det er usikkert om romoppvarmingen ble påvirket. I næringsbygg kan redusert bruk ha ført til justeringer i driften, som mindre eller stanset ventilasjon, lavere romtemperatur om vinteren og høyere temperatur om sommeren, samt redusert varmtvannsforbruk. Det andre hensynet var de økte energiprisene som følge av den geopolitiske situasjonen i Europa, som førte til rekordhøye priser høsten 2021 og gjennom hele 2022. Dette har ført til større bevissthet rundt energiforbruk, og både boligeiere og næringsbygg har gjort tiltak for å redusere forbruket. For å kompensere for disse endringene er data fra 2020 til 2022 enten fjernet eller vektet lavere for eiendommer hvor måleperioden sammenfalt med pandemien.

Forbrukstall fra ulike boligselskaper med installert individuell måling er samlet inn for en periode på tre år før og tre år etter installasjonen, altså totalt over syv år. OBOS har bidratt ved å sende forespørsler om deltakelse til alle sine borettslag med vannbaserte oppvarmingssystemer. Av de boligselskapene som har takket ja til å delta (totalt 41), er det sendt fullmakter som tillot uttak av energidata fra byggets hovedmåler. Blant disse er det kun 17 borettslag og sameier som oppfyller kriteriene for inkludering, det vil si at målerne er ettermontert, og at det derfor finnes energidata fra før implementeringen av individuell måling. Datagrunnlaget for vurdering av energibesparelse er dermed begrenset, noe som kan påvirke generaliserbarheten. I tillegg har Lyse Energiservice AS bidratt med energihistorikk for 12 boligselskaper i Stavanger, hvor alle har ettermontert individuell måling og dermed oppfyller kriteriene for inkludering i analysen. Totalt er det altså samlet inn energidata fra 29 boligselskaper.

Majoriteten av boligselskapene vi har vært i kontakt med, har hatt målesystemene installert fra byggeår, særlig for eiendommer bygget fra 2006 og frem til i dag. For de boligselskapene som oppfyller kravene for inkludering, er energidata hentet fra hovedmåleren for varme fra fjernvarmeleverandøren. Installasjonsdatoene for energimålerne er innhentet fra avregningsselskapene, og året da målingstjenesten ble innført er brukt som startpunkt. I tilfeller der vi ikke har tilgang til syv sammenhengende år med data, er energibesparelsene beregnet basert på kortere tidsperioder. Disse verdiene er likevel inkludert for å opprettholde et så omfattende datagrunnlag som mulig.

For å sammenligne forbruksdataene under like vilkår er all energiforbruksdata temperaturkorrigeret for å eliminere effekten av temperaturvariasjoner mellom år. Dette er gjort ved hjelp av graddagskorrigering, hvor man skiller mellom romoppvarming som er temperaturavhengig og varmtvann som ikke påvirkes av utetemperaturen. Da energiforbruket for varmtvann ikke er tilgjengelig separat fra fjernvarmeleverandørene, er det estimert ved å se på fjernvarmeforbruket om sommeren.

Det resterende forbruket, som antas å være knyttet til romoppvarming, er deretter temperaturkorrigert. Tap i varmeanlegget på sekundærsiden har ikke vært mulig å skille ut.

1.2.3 Metode for beregning av lønnsomhet

For å beregne lønnsomheten ved installasjon av individuell måling av termisk energi i, har vi utviklet et beregningsverktøy i Excel. Dette verktøyet gir brukeren mulighet til å justere ulike variabler og betingelser tilpasset det aktuelle bygget som skal analyseres, eller for et tenkt representativt bygg.

Verktøyet håndterer flere viktige variabler, inkludert levetid på måleutstyr, investeringskostnader med et skille mellom nybygg og eksisterende bygg, samt løpende driftskostnader, forvaltningskostnader og kostnader knyttet til fakturering. I tillegg tar det hensyn til energibesparelser, energipris og kalkulasjonsrente, som alle er avgjørende for en helhetlig vurdering av økonomien i prosjektene.

Verktøyet beregner flere nøkkeltall for å evaluere lønnsomheten, inkludert nåverdi, internrente, inntjeningsstid og tilbakebetalingstid (payback). Disse beregningene utføres for ulike scenarier med varierende energibruk, energipriser og andre justerbare variabler. Videre gjøres beregninger for hvilken energipris som vil gjøre tiltaket lønnsomt (nåverdi lik null), hvor lave driftskostnadene må være for å få lønnsomhet, samt ved hvilke energibesparelser man får lønnsomhet. Det gjøres også ulike sensitivitetsberegninger.

I tillegg gir verktøyet mulighet til å evaluere hvordan faktorer som hyppighet av avregning og tilgjengelige brukerapper kan påvirke energiforbruket. Det må likevel presiseres at analysen ikke avdekket målbar forskjeller i energibesparelse for tjenester med månedlig avregning eller apper. Resultatene fra disse faktorene er derfor ikke inkludert i rapporten, men muligheten er implementert i verktøyet, slik at den kan benyttes dersom bedre data om besparelseeffektene blir tilgjengelig.

I lønnsomhetsberegningene benyttes en sesongjustert energipris, basert på historiske data som viser at energiprisen vanligvis er 25 % høyere om vinteren enn gjennomsnittet for året, og 25 % lavere om sommeren. Denne inputen kan også justeres om ønskelig.

1.3 Valg og avgrensninger

Rapportens hovedfokus er å oppdatere lønnsomhetsvurderingen som ble gjennomført av Norsk Energi i 2019, med spesielt vekt på eventuelle endringer i parametere knyttet til energibesparelser og kostnader. En viktig del av vurderingen har vært å undersøke om det har skjedd relevante endringer som påvirker lønnsomheten av individuell måling.

For å beregne faktiske energibesparelser har analysen konsentrert seg om boligselskaper som har ettermontert individuell måling. Denne metodikken, som også ble benyttet i 2019, gir mulighet til å sammenligne energiforbruk før og etter implementeringen. Ettersom få boligselskaper har ettermontert individuell måling, har det vært utfordrende å sikre et stort nok datagrunnlag. Majoriteten av identifiserte boligselskaper har hatt individuell måling fra byggeår. Dermed er besparelserberegningene basert på et begrenset utvalg, noe som kan påvirke generaliserbarheten.

Videre inneholder rapporten en gjennomgang av ulike målereteknologier, med særlig vekt på to typer målere, som omtales i kapittel 2. Kapittel 3 gir en dyptgående analyse av EU-regelverket og hvordan andre land tilpasser seg disse kravene. Kapittel 4 og 5 presenterer funn fra intervjuer med aktører i markedet, som gir innsikt i holdninger til individuell måling og omfanget av slik implementering i Norge. Hovedvekten i disse intervjuene ligger på å avdekke fordeler og utfordringer knyttet til individuelle målinger, mens den teknologiske dybden er mindre fremtredende. Dette valget er tatt fordi rapporten fra 2019 allerede dekker teknologiske detaljer, og det har vært begrenset utvikling siden den gang, noe som gjør det unødvendig å gjenta dette arbeidet.

Kapittel 6 og 7 tar for seg kostnader og økonomiske besparelser ved individuell måling og danner dermed grunnlaget for analysen som presenteres i kapittel 8. Ettersom forretnings- og betalingsmodeller varierer betydelig mellom leverandører, har vi valgt å innhente kostnadsdata som spesifikt skiller mellom investerings- og driftskostnader. For eksempel betales noen målere ved installasjon, mens andre leies som en tjeneste med månedlige kostnader som dekker målerleie, avregning og fakturering. Kostnadene er organisert slik at investeringskostnadene (vurdert i år 0) skilles fra de løpende kostnadene til drift og vedlikehold.

Individuell måling av kjøling samt individuell måling i næringsbygg behandles ikke i Excel-verktøyet. Begge temaer er likevel inkludert i litteraturgjennomgangen for å gi en helhetlig forståelse av status i markedet. Når det gjelder kjøling i boligbygg, fant vi bare ett boligbygg med individuell kjølemåling, men dette har hatt målesystemet installert siden byggeår og er derfor ikke mulig å finne energibesparelse for. I næringsbygg fant vi flere nybygg med individuell måling på leietakernivå, hovedsakelig BREEAM-sertifiserte bygg i høyere sertifiseringsklasser. Likevel har det ikke blitt funnet tilstrekkelig dokumentasjon på at disse måledataene faktisk brukes til korrekt fordeling av varme- og kjølekostnader.

2 Teknologi for måling og avregning

Hovedformålet med individuell måling av varme og kjøling i boligblokker og næringsbygg er å gi hver enkelt forbruker bedre innsikt i eget energiforbruk, samtidig som det skapes klare insentiver for energisparing. Gjennom bruk av moderne målesystemer og avanserte faktureringsløsninger kan energikostnadene fordeles svært presist mellom enhetene, noe som sikrer en rettferdig og nøyaktig fordeling av kostnadene. Teknologien som benyttes for måling av termisk energi har utviklet seg betydelig de siste årene, med fokus på økt nøyaktighet, brukervennlighet og effektivitet. Denne utviklingen har imidlertid også ført til at investeringene som kreves for implementering kan være betydelige, spesielt i eldre bygg hvor eksisterende infrastruktur kan begrense installasjonsmulighetene.

Det finnes flere ulike typer målesystemer på markedet, som varierer både i kostnad og nøyaktighet. Avanserte energimålere vil gi svært presis fordeling av energikostnadene, men betyr samtidig høyere investeringskostnader. Rimeligere systemer, som fordelingsmålere, gir lavere presisjon, men kan være tilstrekkelige i bygg hvor fordelingen av energikostnadene ikke krever samme nøyaktighet. Valget av målesystem innebærer dermed en avveining mellom kostnadseffektivitet og presisjonsnivå, noe som kan påvirke både brukeropplevelsen og driftskostnadene over tid.

2.1 Måleteknologier og egnethet

Kapittel 2 og 3 i Norsk Energi sin rapport «Kostnader ved individuell måling av varme og kjøling» (Haugen, 2019) gir en grundig gjennomgang av de mest brukte måleteknologiene i Norge og beskriver hvordan de fungerer. Selv om målerne varierer i type, følger de fleste energimålere for termisk energi det samme grunnleggende prinsippet. I 2019 var de mest brukte teknologiene for energimåling basert på ultralydsprinsippet for varme- og kjølemålere, radiatormålere i bygg med flere rørinntak, samt vingehjulsmålere for varmtvann. Data fra målingene ble samlet inn enten via kablet M-Bus eller trådløse nettverk, med fjernavlesning som den mest kostnadseffektive metoden for datainnsamling. Ultralyd- og vingehjulsmålere er fortsatt de mest brukte i dag, men den tydeligste utviklingen siden 2019 er overgangen fra kablede, strømdrevne målere til batteridrevne systemer. Denne utviklingen har forenklet installasjonen av individuelle målere i eksisterende bygg, ettersom behovet for omfattende kabling har blitt redusert.



Funksjonen til individuell måling av termisk energi i bygg påvirkes av flere faktorer, blant annet bygningskategori, alder og utforming av rørtekniske anlegg. Det er avgjørende at byggets varme- eller kjøleanlegg er riktig innregulert og at det er kontroll på vannkvaliteten for å sikre optimal funksjon. Uansett hvilken type måler som installeres – enten det er radiatormålere, energimålere eller vannmålere – anbefales det å ha en hovedmåler (kontrollmåler) for å overvåke eventuelle avvik mellom totalforbruk og individuelt forbruk. Denne hovedmåleren fungerer også som referansemåler i anlegg med fordelingsmålere og gir viktig informasjon til et energioppfølgingsystem.

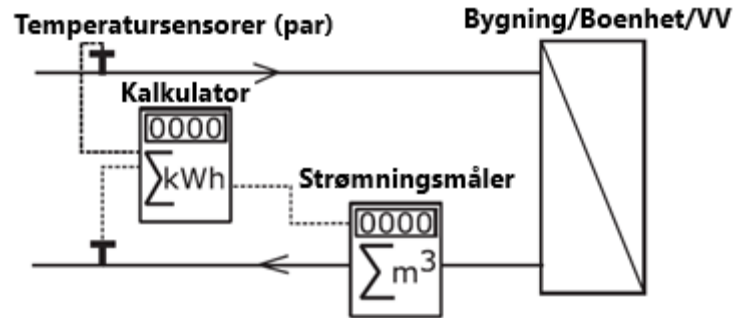
Det finnes to hovedkategorier av varmeregnskapssystemer på markedet: System med direkte varmemålere, også kjent som energimålere (typisk ultralydmålere), og indirekte varmeregnskapssystemer, der varmefordelingsmålere som radiatormålere og vingehjulsmålere for varmtvann ofte benyttes. I henhold til EUs energieffektiviseringsdirektiv (EED) skal energimålere prioriteres dersom dette er teknisk og økonomisk gjennomførbart. Hvis ikke, er installasjon av varmefordelingsmålere eller tidtellere (ITC) et akseptabelt alternativ (Canale, et al., 2019). På grunn av tekniske og arkitektoniske begrensninger i eksisterende varmeanlegg er det ofte utfordrende å installere energimålere i eldre bygninger. Varmefordelingsmålere derimot, kan nesten alltid installeres i bygg med konvensjonelle radiatorer, noe som gjør dem til et mer praktisk alternativ i slike tilfeller.

I nybygg brukes primært energimålere til måling av varme, med en forventet levetid på 10–12 år. For måling av varmtvann benyttes ofte vingehjulsmålere (fordelingsmålere). Ifølge leverandørselskapet ISTA har selskapet i stor grad gått bort fra kablede løsninger, da disse har vist seg sårbare for problemer som kablingskvalitet, kabelbrudd og feilregistrering av serienumre (Karlsholmen, 2024). Trådløse systemer har derimot vist seg å være enklere å implementere og rimeligere å vedlikeholde. I tilfeller hvor det er behov for å forbedre signalstyrken i disse systemene, kan rimelige signalforsterkere benyttes. Overgangen til trådløse, batteridrevne målere har bidratt til økt lønnsomhet og bedre datavalidering. Radiatormålere og kommunikasjonsmoduler byttes ut ved slutten av levetiden, mens batteriene i større energimålere som ikke er tilkoblet 230 V AC, kan byttes separat for å forlenge målerens levetid.

2.1.1 Energimålere

Direkte varmemålere, eller energimålere, måler mengden varmeenergi som leveres til en bygning eller leilighet ved hjelp av en enkel energibalanse. I henhold til EU-direktivet for måleinstrumenter (MID) og relaterte tekniske standarder, kan en energimåler enten være et komplett apparat eller bestå av flere komponenter, som strømningsensor, temperatursensorer og en kalkulator enhet. Disse komponentene samarbeider ved at måleren samler data fra både strømnings- og temperatursensorene for å beregne hvor mye varme som er levert, målt i kilowatt-timer (kWh). Energimålere er kjent for å gi nøyaktige målinger.

Det finnes hovedsakelig to typer energimålere; ultralydmålere og mekaniske målere. Som beskrevet i Norsk Energi sin rapport fra 2019, skiller disse to teknologiene seg vesentlig fra hverandre når det gjelder nøyaktighet og levetid (Haugen, 2019). Ultralydmålere har færre bevegelige deler enn mekaniske målere, noe som reduserer slitasje og gir mer stabile og nøyaktige målinger over tid. Av denne grunn har ultralydmålere blitt den vanligste typen i konvensjonelle energimålere.



Figur 1 - Konseptet for en energimåler (Canale L., et al., 2019).

Figur 1 illustrerer de ulike komponentene i en standard energimåler. Nøyaktigheten til måleren kan imidlertid påvirkes av flere forhold knyttet til installasjon og drift, blant annet:

- **Installasjonseffekter:** Feil i installasjonen kan føre til at strømningsmåleren eller temperatursensorene påvirkes av forstyrrelser i varmesystemet, noe som kan redusere målenøyaktigheten.
- **Luftbobler og urenheter:** Luftbobler eller urenheter i varmesystemets væske kan oppstå på grunn av kjemiske reaksjoner, korrosjon eller biologiske avleiringer. Dette kan forstyrre målingen, og det er derfor mange anbefaler å gjennomspyle varmeanlegget ved installasjon.
- **Beregningsfeil:** Når varmeoverføringsvæsken er blandet med frostvæske, kan dette påvirke måleresultatene.
- **Kritiske driftsforhold:** Lav væskestrøm eller liten temperaturforskjell mellom tilført og returnert vann kan også påvirke nøyaktigheten til måleren.

Basert på disse forholdene kan feilmarginen til energimålere variere mellom 3,3 % og 8,4 %, med en gjennomsnittlig feilmargin på rundt 5,5 %. Dette betyr at selv små variasjoner i installasjon og drift kan påvirke målerens presisjon i energiforbruket. Når det gjelder levetid, forventes energimålere å ha en minimum levetid på 10 år. Nyere modeller viser forbedringer som kan forlenge denne levetiden, spesielt for ultralydmålere, som på grunn av sin robuste konstruksjon har mindre behov for vedlikehold sammenlignet med mekaniske alternativer.

I tillegg til tradisjonelle energimålere har det blitt utviklet flere nye typer måleteknologier som har økt i popularitet de siste årene. Disse teknologiene fokuserer på å redusere behovet for nye komponenter i varmesystemet ved enten å installere målere utenpå rør, kjent som *clamp-on* målere, eller ved å bruke eksisterende komponenter i varmeanlegget, som energiventiler, for å måle varmeforbruk.

Clamp-on ultralydmålere festes utenpå rørene og forenkler installasjonen uten å forstyrre driften. Selv om disse målerne tidligere sjelden ble brukt kommersielt grunnet manglende MID-godkjenning, har noen modeller nå oppnådd denne godkjenningen. Imidlertid har de fortsatt visse begrensninger, som at de fungerer best med spesifikke rørtyper, som PEX, som sjelden finnes i eldre bygg (Lein, 2024). Siden målerne ikke er i direkte kontakt med væsken, kan de være mindre nøyaktige enn konvensjonelle målere, og de har høyere kostnader og kortere batterilevetid.

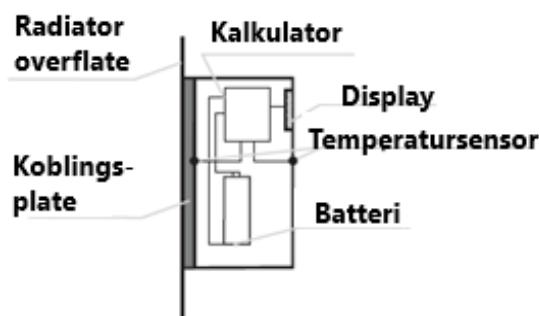
Energiventiler er en annen løsning som kombinerer regulering av vannstrømmen med måling av varmeforbruk. Disse ventilene benytter sensorer som allerede er integrert i systemet, i kombinasjon med konvensjonelle varmeenergimålere, noe som reduserer behovet for ekstra måleutstyr. Flere av disse ventilene har også oppnådd MID-godkjenning, som sikrer nøyaktighet og samsvar med gjeldende standarder (Belimo, 2024). Teknologien gir en enklere installasjon og kan bidra til mer kostnadseffektive løsninger (Kinzler Eriksen & Småge, 2024). Det pågår også utvikling av målere integrert i pumper, men disse er foreløpig ikke like presise som dedikerte energimålere.

Noen anlegg har implementert energimålerprinsippet for varmtvann, der både temperatur og vannstrøm måles. Likevel kreves det ofte en faktor for å kalkulere returvannets temperatur for å kunne estimere det faktiske kWh-forbruket. På grunn av kostnader og fortsatt usikkerhet rundt nøyaktigheten, velger mange fortsatt å benytte konvensjonelle vannmålere i form av fordelingsmålere i stedet (Lein, 2024).

2.1.2 Fordelingsmålere

Fordelingsmålere er de mest utbredte målerne i Europa. Radiatormålere brukes i bygg med sentralvarmesystemer for å registrere varmeavgivelse fra hver enkelt radiator. Dette gjør det mulig å fordele oppvarmingskostnader basert på den forbruksandelen hver radiator utgjør av total oppvarmingskostnad. Radiatormålere har en lang levetid, ofte mellom 15 og 20 år, siden de ikke er i direkte kontakt med vann og dermed er mindre utsatt for slitasje (Lein, 2024). De er også rimeligere å installere fordi de plasseres på utsiden av radiatoren. Moderne målere har fjernavlesning, som eliminerer behovet for manuell avlesning og sikrer større nøyaktighet.

I henhold til EN 834:2017-standarden måler én temperatursensor temperaturen på radiatorens overflate, mens en annen sensor måler romtemperaturen eller en temperatur med en definert relasjon til denne. En viktig komponent i måleren er koblingsplaten, som sikrer at radiatorens overflatetemperatur er nær temperaturen på varmegæskken ved hjelp av en spesifikk vurderingsfaktor. Figur 2 viser de ulike komponentene i en radiatormåler (Canale L. , et al., 2019). Produksjon, montering og bruk av fordelingsmålere er regulert av den europeiske standarden EN 834:2017, men faller ikke under MID-direktivet som gjelder energimålere. EN 834:2017 stiller krav til nøyaktighet, pålitelighet og funksjonalitet, samt krav til test- og kalibreringsprosedyrer (CEN, 2017). Standarden gir også klare retningslinjer for installasjon, drift og vedlikehold av målere. Norsk standard har imidlertid kun publisert den forrige sertifisering: NS EN 834:2013.



Figur 2 - Konseptet for en radiatormåler (Canale, et al., 2019).

På grunn av den høye vannkvaliteten i Norge leverer de fleste leverandører utelukkende fordelingsmålere i form av mekaniske vingehjuls-vannmålere for individuell måling av varmt tappevann. Ultralydmålere kan være marginalt mer nøyaktige, men kost-nytte-forholdet blir avgjørende for valget av måler. Mekaniske vannmålere har en levetid på 20 år, mens kommunikasjonsmodulen normalt byttes ut etter 10 år (Karlsholmen, 2024). Mekaniske vingehjuls-målere måler volum i kubikkmeter (m^3) og brukes til fordeling av varmtvannskostnader, ofte i kombinasjon med en hovedmåler for totalforbruk. For oppvarming av varmtvann anslås det at $70 \text{ kWh}/m^3$ er et typisk estimat, og denne faktoren kan legges til grunn der det ikke er installert en kontrollmåler (Lein, 2024). Fjernavlesningsteknologi har også blitt betydelig forbedret, og enkelte anlegg benytter energimålere som kan registrere både vannstrøm og temperatur, noe som øker nøyaktigheten og brukervennligheten ved avregning.

Et viktig poeng med fordelingsmålere er at de ikke er MID-sertifiserte, noe som betyr at de ikke oppfyller de samme nøyaktighetskravene som energimålere som er regulert av Justervesenet og andre

myndigheter (Hjorth & Ranger, 2024). Nøyaktigheten til fordelingsmålere kan påvirkes av flere faktorer (Canale L. , et al., 2019):

- **Vurdering av radiatorenes kapasitet:** Estimerer for hvor mye varme en radiator avgir kan være unøyaktige, avhengig av faktorer som driftstemperatur, hvordan radiatoren er installert, rørtilkoblingene, og om radiatoren er malt. Dette må korrigeres for å få mer presise målinger.
- **Unøyaktige temperaturmålinger:** Sensorenes plassering og hvordan de er koblet til radiatoren påvirker målingene. Også måten varmen fra radiatoren spres i rommet spiller inn.
- **Sensorenes drift:** Temperaturmålerne påvirkes av driftsforhold som gjør dem mindre presise.

Feilmarginen til individuelle fordelingsmålere kan variere mye – fra 4,9 % til så mye som 37,7 %, med en vanlig feilmargin på rundt 8,1 %. Når radiatorene i en bygning er av samme type og installert på samme måte, vil usikkerheten reduseres.

2.1.3 Individuell måling av kjøling

Historisk har oppvarming vært hovedfokuset innen energieffektivisering i bygninger, da oppvarming står for 40–70 % av det totale energiforbruket (Canale L. , et al., 2019). De siste årene har imidlertid kjøling fått økt oppmerksomhet, grunnet inntektsvekst, befolkningsvekst og klimaendringer. Individuell måling av kjøling er teknisk mulig, men utfordrende, spesielt på grunn av felles kjølesystemer i bygninger. Det er funnet begrenset litteratur om måling av kjøleenergi sammenlignet med varmemålingssystemer, noe som kan skyldes at kjølemålingssystemer er mindre utbredt.

Individuell måling av kjøling er komplisert når kjøling leveres via sentraliserte ventilasjonssystemer. Gjennom intervjuer er det indentifisert ett prosjekt i Sandefjord som benytter individuell måling av kjøling, men det har ikke vært mulig å vurdere energibesparelsene da bygget alltid har hatt måling. I næringsbygg blir komfortkjøling stadig vanligere, og med mer kompakte bygninger øker behovet for kjøling. Bruken av klimaanlegg og elektriske vifter utgjør allerede omtrent 10 % av det globale elektrisitetsforbruket. Ifølge Det internasjonale energibyrådet (IEA) vil energibehovet for kjøling mer enn tredobles innen 2050 dersom det ikke iverksettes tiltak for å forbedre energieffektiviteten (IEA, 2020).

Individuell måling av kjøling er komplekst på grunn av variasjoner i kjølesystemer og plutselige endringer i kjølebehovet. Rapporten «Individual Metering and Submetering for Cooling Application» (Aprea, et al., 2022) beskriver utfordringer og mulige løsninger, inkludert direkte måling med energimålere og ultrasoniske clamp-on-målere. Coriolis-strømningsmålere er instrumenter som måler væskens massestrøm ved å benytte Coriolis-effekten, der væskens bevegelse gjennom et vibrerende rør skaper en vridning. Denne vridningen registreres og brukes til å beregne massestrømmen med svært høy nøyaktighet. Rapporten konkluderer med at Coriolis-målere er mer pålitelige enn ultrasoniske målere for kjøling, da ultrasoniske målere kan ha betydelige feilmarginer, særlig ved små rørdiametre og lav væskestrøm. Likevel kan ultrasoniske målere være et kostnadseffektivt alternativ i tilfeller hvor presisjonen ikke er like avgjørende.

2.1.4 Bygg- og rørtekniske forhold

Individuelle målere kan bidra til energieffektivisering, men kostnaden og dermed lønnsomheten varierer avhengig av byggets tekniske og arkitektoniske forhold. Kostnadene avhenger både av byggets kompleksitet og av hvilken avregningsmetode som benyttes. I nybygg med moderne 3- eller 5-rørsystemer, er installasjonen ofte enklere og mer kostnadseffektiv. Disse systemene sikrer en effektiv fordeling av varme og varmtvann til hver enhet, noe som legger til rette for nøyaktig måling. I bygg med 3-rørsystemer kan både varme og varmtvann måles med én enkelt måler per leilighet, spesielt der vannbåren gulvvarme og felles sjakter er integrert. Likevel kan installasjonskostnadene bli høye

dersom det er begrenset plass i rørsystemene eller byggets struktur kompliserer arbeidet. Det er derfor fordelaktig å tilrettelegge for individuell måling allerede i byggefasen.

I eldre bygg er utfordringene større. Disse bygningene mangler ofte fordelingsskap per leilighet, og flere rørinntak kan kreve flere målere per boenhet, noe som øker kostnadene. Fasadefordelte varmeanlegg i eldre bygg kan gjøre individuell måling enda mer komplisert og dyrt, og radiatormålere kan være en alternativ løsning, men krever fortsatt omfattende installasjon. Ifølge TOBB påvirker denne kompleksiteten lønnsomheten i slike prosjekter betydelig (Skippervik, 2024).

2.2 Validering av målerdata

Valget mellom energimålere og fordelingsmålere har viktige konsekvenser for forbrukerbeskyttelsen. Feilmarginen til fordelingsmålere kan variere betydelig, fra 3,0 % til 12,4 %, og i enkelte tilfeller kan den være så høy som 30 % (Canale, et al., 2019). Energimålere, derimot, er regulert av lovfestet metrologi, noe som gjør dem godt egnet til å måle både termisk energi ved leveringspunktet og som undermålere i bygninger.

Til tross for at måleteknologien stort sett har forblitt uendret siden 2019, har det skjedd betydelige fremskritt innen smarte løsninger for validering av måledata og korrekt fakturering. I følge Techem leveres i dag moderne målesystemer som standard med OMS-protokollen, en åpen og leverandøruavhengig kommunikasjonsstandard (Lein, 2024). Denne protokollen sikrer sikker kommunikasjon med kryptert data, og er en del av EUs standard for smarte målere. I tillegg er det en økende bruk av målere med integrerte kommunikasjonsmoduler som muliggjør sanntidsoverføring av data, som blant annet benyttes til lekkasjeovervåking og systemkontroll. Utbredelsen av sensorer for måling og varsling av temperatur og fuktighet gir også bedre kontroll over innneklimaet.

I følge ISTA har deres målere intern minnekapasitet som sikrer at ingen data går tapt, selv ved midlertidig bortfall av trådløs tilkobling (Karlsholmen, 2024). Hvis en måler gir ufullstendige data, for eksempel grunnet slitasje eller dårlig signalforbindelse, kan data stipuleres når kun en liten andel (f.eks. 3 %) mangler. Dette sikrer nøyaktig fakturering, på samme måte som ved strømvaregning. Målerne overvåkes kontinuerlig, og eventuelle avvik, som nullforbruk eller større endringer i forbruksmønstre, varsles automatisk til serviceavdelingen for oppfølging.

2.3 Avregning, fakturering og energioppfølging

I boligsameier har varme tradisjonelt blitt fakturert basert på eierbrøk, hvor kostnadene for varme og kjøling fordeles etter eierandel (Krogstad & Pedersen, 2024). Enkelte sameier opplyser også at varmtvann faktureres etter antall personer i husstanden (Kjos-Hanssen, 2024). Vanligvis betaler beboerne et fast a-konto-beløp hver måned, basert på beregnede årlige utgifter, med en avregning ved årets slutt basert på faktisk energikostnad. Ved innføring av individuell måling kan hver boenhet nå faktureres basert på sitt faktiske målte forbruk, i stedet for basert på eierbrøk eller antall personer. I flerboligbygg med sentraliserte energikilder blir varmeutgiftene ofte delt inn i variable og faste kostnader. De variable kostnadene gjenspeiler hver boenhets faktiske energiforbruk, mens de faste kostnadene dekker driften av systemet, inkludert oppvarming av fellesarealer, varmetap og vedlikehold av utstyr (Canale L., et al., 2019).

Flere aktører er involvert i avregning og fakturering, noe som kan føre til skjevfordeling av kostnader på grunn av administrative påslag fra avregningsleverandører (Krogstad & Pedersen, 2024). Først installeres en hovedmåler som måler totalforbruket for bygget, og undermålere som registrerer forbruket i hver enkelt boenhet. Måledataene samles deretter inn og håndteres av en avregningsleverandør, ofte det samme selskapet som har levert målerne. Avregningsleverandøren beregner det individuelle energiforbruket for hver boenhet og utarbeider en fordeling av kostnadene.

Den endelige faktureringen, hvor kostnadene presenteres for beboerne, administreres av forretningsfører, som viderefremidler regningene til beboerne. De samlede avregningskostnadene kan i noen tilfeller være så høye at de overstiger energibesparelsene, særlig for mindre og nyere leiligheter med lavt oppvarmingsbehov. Dette kan redusere incentivet til å investere i individuell måling, da de økonomiske gevinstene blir marginale eller negative.

EUs energieffektiviseringsdirektiv trekker konkret frem dette med frekvensen på faktureringen slik at beboere kan justere forbruket sitt kontinuerlig (Simon Robinson, 2016). De fleste leverandører tilbyr tjenester som lar brukere overvåke energiforbruket via nettsider eller apper, noen ganger mot en ekstra kostnad. Forbruksdata oppdateres daglig, ukentlig eller månedlig, og noen brukere kan også sammenligne sitt forbruk med tidligere perioder og andre leiligheter i bygget. For boliger med radiatormålere kan man få detaljert innsikt ned til radiatornivå (romnivå). Til tross for muligheten til å gjennomføre hyppigere avregninger, velger mange boligselskap likevel å benytte akonto-fakturering med årlig avregning basert på individuell måling. Dette gjøres for å redusere kostnadene knyttet til fakturering ved at avregning kun skjer en gang i året (Krogstad & Pedersen, 2024).

I næringsbygg er a-konto og leiearealbrøk fortsatt den vanligste fordelingsmetoden for energikostnader, selv om individuelle målere noen ganger installeres for leietakere med avvikende bruksmønstre. For energioppfølging i næringsbygg er det vanlig å benytte dedikerte energioppfølgingssystemer. Disse systemene gjør det mulig å samle data fra ulike typer målere, for eksempel målere tilknyttet SD-anlegg. På denne måten kan eiendomsaktører integrere data fra flere målere i ett system, noe som forenkler energioppfølgingen.

3 Erfaringer og analyse av EU sitt direktiv og virkning av individuell måling

Den 14. juli 2021 la EU-kommisjonen frem et forslag til et oppdatert energieffektiviseringsdirektiv (EED) som en del av "Fit for 55"-pakken og European Green Deal, med mål om å redusere klimagassutslippene med 55 % innen 2030 (Energidepartementet, 2024). EED pålegger medlemslandene å iverksette tiltak for å fremme energieffektivitet i flerbolighus og bygninger med flere formål, særlig gjennom forbruksbasert kostnadsfordeling og fakturering av termisk energi som oppvarming, kjøling og varmtvann. Hovedmålet er å gi brukerne tilstrekkelig informasjon og incentiver for å endre adferd til fordel for energibesparende tiltak.

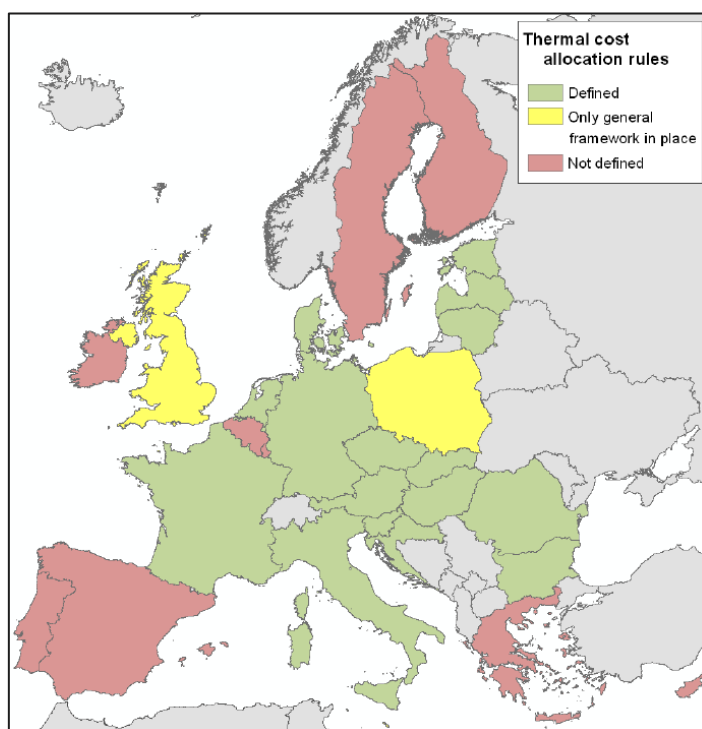
Direktivet krever at individuelle målere eller kostnadsfordelere for oppvarming installeres i nye og eksisterende bygninger, der dette er teknisk gjennomførbart og økonomisk forsvarlig. I tillegg skal det gis hyppig og forbruksbasert fakturainformasjon, slik at beboerne kan tilpasse energiforbruket sitt basert på egne vaner (Simon Robinson, 2016).

Selv om EED stiller krav om individuell måling basert på teknisk gjennomførbarhet og kostnadseffektivitet, mangler mange medlemsland klare retningslinjer for referanseverdier for energibesparelser og standardkostnader i sin lovgivning. Det er imidlertid gjort forsøk på å utvikle verktøy og veiledninger for økonomiske analyser av individuelle varmemålingssystemer. Studier fra sentrale EU-land viser potensielle energibesparelser på mellom 8 % og 40 %, mens nyere undersøkelser fra Middelhavslandene har rapportert lavere besparelser, fra 10 % til 20 % (Canale L. , et al., 2019).

For å sikre fleksibilitet kan medlemslandene definere forskjellige klasser av bygninger. Bygninger kan klassifiseres som «levedyktige», «ekskluderte» eller «åpne». For bygg klassifisert som «levedyktig» er det obligatorisk å installere individuell måling av termisk energi. Bygg i klassen «ekskludert», som for eksempel kan omfatte nullutslippsbygg eller spesialiserte bygninger som sykehjem eller

studentboliger, fritas fra disse kravene. Mens i den «åpne» klassen kreves at hver bygning vurderes individuelt for teknisk gjennomførbarhet og økonomisk levedyktighet før tiltak settes i verk.

I 2017 gjennomførte Europakommisjonen, ledet av Luca Castellazzi, en studie for å analysere medlemslandenes regler knyttet til individuell måling og allokering av varme-, kjøling- og varmtvannskostnader i flerbrukerbygg og leilighetskomplekser som får energi fra en felles kilde (Castellazzi, 2017). Dette ble gjort i forbindelse med at de den 30. november 2016 presenterte et forslag til revisjon av EED, som endret kravet om individuell måling av varme og varmtvann fra et anbefalt "bør"-krav til et obligatorisk "skal"-krav. Formålet med Europakommisjonens rapport var å gi en systematisk oversikt over eksisterende regler for fordeling av varmekostnader i medlemslandene. Ifølge Europakommisjonens analyse har 16 av 28 medlemsland innført nasjonale regler for kostnadsfordeling knyttet til oppvarming av rom og varmtvannsforbruk i flerleilighetsbygg som forsynes fra sentralvarmesystemer, som vist i Figur 3. Litteraturstudien indikerer at det har vært minimal utvikling siden 2017, noe som tyder på at figuren fortsatt er relevant og representativ for dagens situasjon. I noen land, som Italia og Østerrike, er individuell måling påbudt, og med få unntak i form av ekskluderte klasser. Derimot har land som Sverige og Finland valgt å ikke innføre slike krav på grunn av manglende lønnsomhet i stor skala. Dette illustrerer at tilnærmingen til implementering varierer betydelig mellom EU-land, og at det er ulik oppfatning av om tiltaket er lønnsomt og/eller variasjon landende imellom hva gjelder energibruk, energikostnader, oppnådde energibesparelser samt kostnader for installasjon og drift, som vil gi forskjellige resultater i økonomiske analyser.



Figur 3 - Status i 2017 for innføringen av regler for fordeling av varmekostnader i EU (Castellazzi, 2017).

3.1.1 Kontinentaleuropeiske land sammenlignet med Norge

Oppvarmingskostnadene per kWh i kontinentaleuropeiske land som Tyskland, Frankrike, Italia, Polen og Ungarn er ofte betydelig høyere enn i Norge. Dette skyldes i hovedsak en stor avhengighet av importert gass og olje, som både gir høyere energipriser og gjør landene mer sårbare for prissvingninger på det internasjonale markedet (Eurostat, 2024).

I Norge gir den stabile tilgangen til rimelig vannkraft en helt annen situasjon. De relativt lave og mer stabile oppvarmingskostnadene reduserer den økonomiske risikoen for norske husholdninger, selv

om elektrisitetsprisene kan variere avhengig av værforhold og vannmagasinkapasitet. Disse forskjellene i oppvarmingskostnader har innvirkning på lønnsomheten ved tiltak som individuell måling. I land med høyere og mer ustabile energikostnader kan slike tiltak gi større økonomisk fordel for husholdningene, mens lønnsomheten i Norge gjerne fremstår som mindre på grunn av lavere og mer stabile energipriser.

I Kroatia, der oppvarmingskostnadene generelt er lavere enn i Norge, spiller både et mildere klima og lavere energipriser en rolle. Oppvarming basert på gass gir lave grunnkostnader, men med større periodiske svingninger enn i Norge. Studien «*Evaluation of the Cost-Effectiveness of the Installation of Heat-Cost Allocators in Multifamily Buildings in Croatia*» har evaluert kostnadseffektiviteten ved å installere varmfordelingsmålere i flerfamiliebygg (Slijepčević, Mikulić, & Horvat, 2019). Studien viser at individuell måling kan gi betydelige energibesparelser, i snitt 20-35 %, men at lønnsomheten varierer med fjernvarmeprisene. Primært er lønnsomhet oppnådd i byer med høyere fjernvarmepriser og betydelige energibesparelser. I områder med lavere fjernvarmepriser kreves større energireduksjoner, på minimum 25 %, for å oppnå positiv lønnsomhet.

Bygningens energistandard spiller også en stor rolle for lønnsomheten ved individuell måling. Bygninger med høyt energiforbruk har et større økonomisk potensial for besparelser ved redusert forbruk enn nyere og mer energieffektive bygg. To italienske studier, fra 2016 og 2018, har undersøkt denne sammenhengen i detalj. Resultatene fra 2016-studien viser at lønnsomheten øker med bygningens energiforbruk, og at tilbakebetalingstiden øker fra 3 til 16 år når det totale energibehovet går fra 300 kWh/m² til 100 kWh/m² per år (Celenza, Dell'Isola, Ficco, Greco, & Grimaldi, 2016). En oppfølgingsstudie i 2018 bekreftet disse funnene, og fant at grensen for når det er økonomisk fordelaktig å installere individuelle målesystemer, varierer fra et totalt energiforbruk på 90 til 150 kWh/m². For bygninger med lavere energiforbruk enn dette, vil installasjon av individuell måling sannsynligvis ikke være lønnsomt (Canale, et al., 2019).

EU's energieffektiviseringsdirektiv (EED) legger vekt på at energimålere bør prioriteres dersom installasjon er teknisk og økonomisk gjennomførbart. Imidlertid har flere europeiske studier vist at rimeligere varmfordelingsmålere ofte foretrekkes over energimålere for både varme og varmtvann (Canale L., et al., 2019). Fordelingsmålerne anses som enklere og mindre kostbare å installere, noe som gjør dem attraktive i prosjekter med budsjettbegrensninger. Denne praksisen kan også bli gjeldende i Norge.

3.1.2 Danmark

Ved vurdering av energibesparelser i Norge er det naturlig å se til erfaringer fra våre nærmeste naboland. Danmark har innført krav om individuell måling av varme og varmtvann i flerleilighetsbygg som et tiltak for å fremme energieffektivitet og redusere energiforbruket. Dette er del av implementeringen av EUs energieffektiviseringsdirektiv (EED).

I deres målerbekjentgjørelse har de lagt til grunn forventede besparelser ved innføring av individuell måling, som er forankret i lovverket. De anslår besparelser på 10 % for varme, 10–20 % for kaldtvann og 20–25 % for varmtvann, og disse tallene danner grunnlaget for lønnsomhetsberegningene (Castellazzi, 2017). Som nevnt i 2019-rapporten fra Norsk Energi har Danmark hatt lovkrav om installasjon av målerutstyr for individuell avregning av varme og varmtvann siden 1999. Dette kravet gjelder både for nybygg og eksisterende bygg. Minst 40 % av de totale oppvarmingskostnadene, inkludert oppvarming av varmtvann, må fordeles basert på individuelle målere. Når det kun gjelder romoppvarming, må minst 60 % fordeles i henhold til individuelle varmemålere eller varmfordelingsmålere.

3.1.3 Sverige

I Sverige finnes det ingen generelle krav om individuell måling av varme i flerleilighetsbygg. Selv om det svenske regelverket spesifiserer at kostnadsfordeling skal baseres på faktisk forbruk *der hvor* individuelle målere er installert, er det i praksis få bygg som har slike løsninger. I tilfeller uten individuell måling er det vanlig praksis at varmekostnadene fordeles etter leilighetens størrelse i forhold til byggets totale areal, en metode kjent som «komfortmåling». Metoden er nærmere beskrevet i Norsk Energi sin rapport (Haugen, 2019).

Avgjørelsen om å ikke innføre obligatoriske krav til individuell måling bygger på resultater fra en svensk studie utført i 2015. Studien inkluderte en kost-nyttevurdering på nasjonalt nivå, som tok hensyn til usikkerheter knyttet til både fordeler og kostnader ved slike investeringer. Ved hjelp av Monte Carlo-simuleringer ble det analysert om individuell varmemåling ville være kostnadseffektivt på nasjonalt nivå. Resultatene viste at investering i individuell måling og avregning, enten ved bruk av energimålere eller fordelingsmålere, generelt ikke var kostnadseffektivt i eksisterende bygninger (Carlsson, Engström, & Jönsson., 2015). Konklusjonen ble at de potensielle fordelene ikke rettferdiggjorde investerings- og driftskostnadene for slike systemer i Sveriges eldre bygningsmasse. Hovedfaktorer som støttet denne konklusjonen, inkluderer:

1. **Høye installasjons- og driftskostnader:** Ettermontering av individuelle målere i eldre bygninger vurderes som kostbart, med driftskostnader som kan overstige besparelsene.
2. **Sosial rettferdighet:** Sentralvarme sikrer en jevn kostnadsfordeling. Individuell måling kunne føre til høyere oppvarmingskostnader for enkelte leiligheter, spesielt de med økt varmebehov på grunn av plassering, noe som ble ansett som urettferdig for økonomisk sårbare beboere.

I stedet har Sverige valgt å prioritere energieffektiviserings tiltak som forbedret isolasjon og energibesparende teknologi, som er vurdert som mer bærekraftige og kostnadseffektive.

3.1.4 Finland

Finland, i likhet med Sverige, har valgt å ikke innføre krav om individuell måling av varme i flerleilighetsbygg. Ut ifra tilgjengelig informasjon ser det ut til at oppvarmingskostnadene i Finland i all hovedsak fordeles basert på leilighetenes gulvareal. Etter innføringen av EUs energieffektiviseringsdirektiv (EED) ble det finske Arbeids- og næringsdepartementet bedt av det Tekniske forskningscenteret i Finland (VTT) om å vurdere kostnadseffektiviteten ved å installere individuelle varmemålere og varmefordelmålere i flerleilighetsbygg. Studien konkluderte med at i 99 % av de eksisterende flerleilighetsbyggene ville individuell varmemåling eller kostnadsfordeling basert på indirekte forbruk ikke være kostnadseffektivt. I stedet ble det vurdert som mer økonomisk fordelaktig å investere i styring og balansering av varmesystemet (Castellazzi, 2017).

Hovedårsakene bak Finlands valg om å avstå fra krav om individuell måling er sammenfallende med Sveriges: Høye installasjonskostnader, et begrenset energisparingspotensial i eldre bygg og hensynet til sosial rettferdighet for beboere.

4 Individuell måling og fakturering i Norge

I løpet av prosjektet har vi forsøkt å kartlegge hvor mange husstander som bor i boliger med vannbaserte oppvarmingssystemer. Dette gir en indikasjon på hvor mange som potensielt vil bli påvirket av et fremtidig krav om individuell måling.

Ifølge SSB har type oppvarmingssystem i husholdningene endret seg betydelig fra 1990 til 2023 (SSB, 2024). Elektrisitet har vært den dominerende energikilden gjennom hele perioden og er fortsatt den mest brukte totalt sett. Samtidig har bruken av fyringsoljer og parafin gått kraftig ned og ble helt faset ut etter forbudet i 2020. Bruken av ved og pellets har holdt seg stabil, mens forbruket av fjernvarme har økt fra 286 GWh i 1990 til hele 1 925 GWh i 2023. Det er imidlertid begrenset statistikk om hvor stor andel av husholdningene som benytter el-kjeler, biokjeler eller varmepumper som oppvarmingsløsning. Elektrisitetsforbruket har også steget fra 30 299 GWh i 1990 til 36 418 GWh, hvor en betydelig andel antas å brukes til oppvarming, enten via el-kjeler eller varmepumper. For en gjennomsnittshusholdning utgjør oppvarming ofte 50-60 % av samlet energiforbruk, men dette varierer etter boligens alder og isolasjonsevne.

Antall husholdninger har økt fra 1 751 363 i 1990 til 2 581 721 i 2023. Fjernvarme utgjorde rundt 12 % av oppvarmingsbehovet i 2023, noe som tilsvarer over 300 000 husholdninger med fjernvarme. Ifølge Enova sin Byggstatistikk fra 2016, utgjør fjernvarme cirka 50 % av all vannbåren varme i Norge (Enova, 2017). Selv om byggstatistikken omfatter flere bygningskategorier, kan vi anta at andelen husholdninger med vannbåren varme ligger rundt 600 000.

Et krav om individuell måling i boliger med vannbaserte oppvarmingssystemer vil derfor påvirke et betydelig antall husholdninger, spesielt i urbane områder, og vil medføre omfattende økonomiske og praktiske konsekvenser for både boligselskaper og beboere. Samtidig, når tiltaket fører til energibesparelser, kan de akkumulerte besparelsene bli betydelige på grunn av det høye antallet berørte husholdninger.

Med tanke på belastningen på strømnettet og målet om å øke bruken av fornybare energikilder, er det sannsynlig at antallet husholdninger med vannbårene systemer vil fortsette å øke i fremtiden. Dagens energikrav i TEK setter krav om energifleksible varmesystemer for nybygg over 1000m², og utviklingen avhenger av om slikt krav videreføres eller endres i fremtidige nye energikrav.

4.1 Utbredelse av individuell måling i Norge

Generelt har markedet for individuell måling av termisk energi i Norge vært noe mindre enn det vi ser i andre europeiske land (Lein, 2024). Hovedårsaken til dette er, som tidligere nevnt, at EU-direktivene, spesielt energieffektiviseringsdirektivet (EED), lenge har fremmet individuell måling som et viktig tiltak for å redusere energiforbruket og øke bevisstheten om energibruk i bygninger med felles energitilførsel, med mål om å skape incentiver for besparelser. Likevel rapporterer leverandører om en tydelig økende interesse for individuell måling også i Norge, med en årlig vekst på gjennomsnittlig 20 % (Lein, 2024).

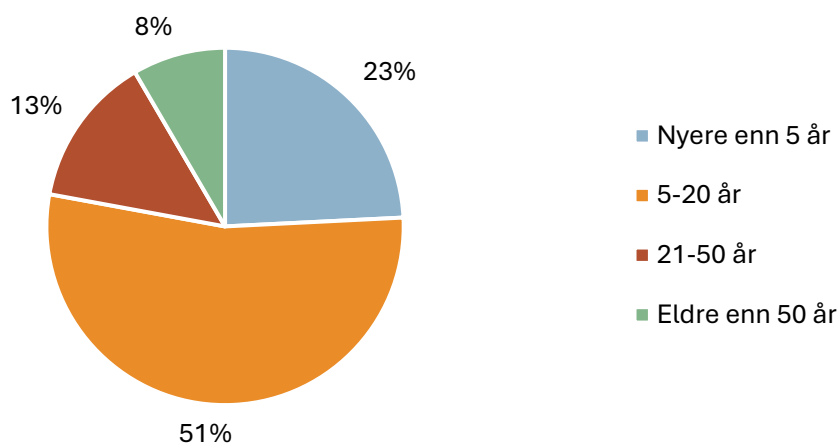
I Norsk Energi sin rapport fra 2019 anslås det at rundt 80 000 boliger har individuell måling av termisk energi. Anslaget er basert på antall boligblokker i Norge med vannbaserte oppvarmingssystemer, kombinert med leverandørestimater som viser at rundt 10–20 % av disse byggene har installert individuelle målesystemer (Haugen, 2019). Med den økningen som har funnet sted siden 2019, er det sannsynlig at dette tallet nå har økt til minst 100 000 boliger (Lein, 2024) (SSB, 2024).

De siste årene har det vært en økning i installasjonen av individuell måling av termisk energi i Norge, både ved bruk av energimålere og fordelingsmålere (Karlsholmen, 2024). Flere av intervjuobjektene forklarer at dette er et resultat av en kombinasjon av økt miljøfokus gjennom flere BREEAM-

sertifiseringer, ønsket om å redusere energiforbruket, samt et sterkt ønske om mer rettferdig fordeling av energikostnader (Krogstad & Pedersen, 2024). Statkraft Varme er blant de som informerer om at kundene deres etterspør en systematisk og rettferdig måte å fordele energikostnader på. De opplever at dette gjelder både for boligselskap, næringsbygg, kominasjonsbygg og næringsparker (Brenne, Nordahl, & Thapa, 2024).

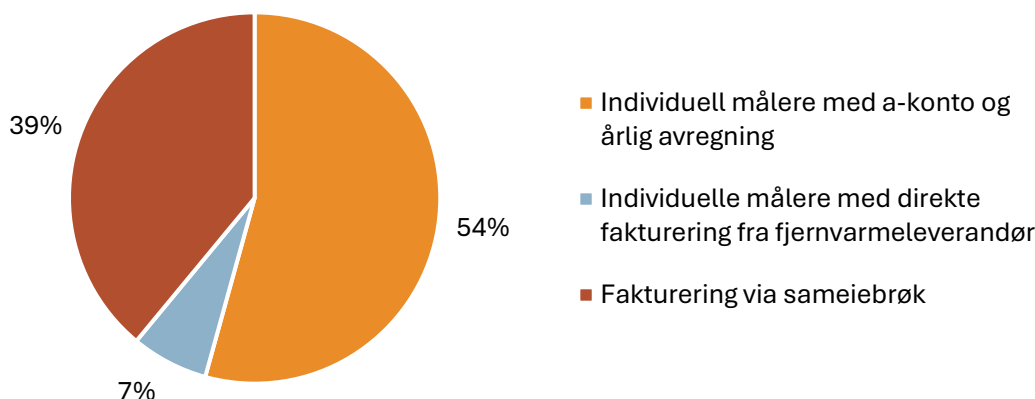
I løpet av 2023 ble det gjennomført to kundeundersøkelser om individuell måling – én utført av OBOS i samarbeid med NBBL, og en annen blant Statkrafts kunder, for å kartlegge bruken av individuell måling blant kunder og boligselskap. Den første studien, gjennomført av NBBL og OBOS i januar 2023, sendte ut spørsmål til omtrent 1000 boligselskaper og fokuserte på deres erfaringer som fjernvarmekunder. 299 respondenter besvarte undersøkelsen, og de aller fleste har fjernvarme både til romoppvarming og varmt tappevann (Krogstad & Pedersen, 2024).

Som tidligere nevnt, påvirker anleggets kompleksitet i betydelig grad kostnadene knyttet til installasjon av individuell måling. Alderen på anlegget kan derfor brukes som en indikasjon, og OBOS har derfor etterspurt informasjon om oppvarmingsanleggenes alder. Figur 4 viser aldersfordelingen på oppvarmingsanleggene til de 299 respondentene, og det fremgår tydelig at mange av de forespurte boligselskapene har nyere anlegg som sannsynligvis er bygget med individuell måling. Alderen på anlegget har stor betydning for hvilken type system det er snakk om, samt behovet for vedlikehold eller utskifting.



Figur 4 - Alder på oppvarmingsanlegg i rapport fra OBOS og NBBL (Krogstad & Pedersen, 2024).

Blant respondentene oppgir 61 % (tilsvarende 183 boligselskaper) at de har installert individuelle målere for energi og varmfordeling. Den mest vanlige modellen for betaling er á konto-innbetaling med årlig avregning. Av de resterende 39 % uten individuell måling vurderer halvparten å implementere dette i fremtiden (Krogstad & Pedersen, 2024). Dette indikerer at en stor del av respondentene er kjent med individuell måling som løsning. Det høye antallet boligselskaper som enten har installert eller vurderer å installere individuell måling kan forklares med at denne modellen er utbredt blant OBOS sine eiendommer, samt at alle deres nye eiendommer bygges i tråd med BREEAM-standarder, som stiller krav til individuell måling. Av de med individuelle målere svarer 11 % at de får direkte fakturering fra fjernvarmeselskapet. Oversikt over de ulike typene fakturering av energikostnader er vist i figur 5. De fleste oppgir at fjernvarmen avregnes årlig (87 %), mens halvårlig (6 %), kvartalsvis (5 %) og månedlig (2 %) avregning er mindre vanlig. Det er få som ønsker hyppigere á konto-avregning, men blant de som gjør det, foretrekkes månedlig avregning.



Figur 5 - Måling og avregning i rapport fra OBOS og NBBL (Krogstad & Pedersen, 2024).

Nesten ingen av respondentene har greid å redusere fjernvarmekostnadene under strømkrisen i 2022, til tross for forsøk på å oppnå dette gjennom adferdsendringer, tekniske tiltak eller justeringer i energireguleringen. Dette samsvarer med funn fra SSB, som viser at husholdninger i blokkbebyggelse har færre muligheter til å redusere strømforbruket ved å ta i bruk alternative energikilder, sammenlignet med eneboliger. Strømsparing i slike husholdninger kan i større grad påvirke velferdsnivået negativt (Halvorsen, 2022).

Blant de respondentene som har installert individuelle målere, oppgir 71 % (115 boligselskaper) at de har tilgang til en app eller nettside hvor beboerne kan overvåke sitt eget energiforbruk, mens 29 % svarte enten "nei" eller "vet ikke." Av de med tilgang til slike løsninger, rapporterte 76 % at beboerne enten ikke brukte appen eller at de ikke visste om den ble brukt, mens kun 13 % bekreftet aktiv bruk. Disse funnene tyder på at selv om verktøy for å overvåke og potensielt redusere energiforbruket er tilgjengelige, har beboerne i liten grad et aktivt forhold til hvordan de kan påvirke sitt eget forbruk. Leverandørene informerer om at appens primære formål er å varsle brukerne ved uregelmessigheter i forbruket, snarere enn å oppfordre til kontinuerlig overvåking av forbruket.

En lignende kundeundersøkelse utført i 2023 blant Statkraft Varme sine kunder (omtrent 400 borettslag og sameier) gir verdifull innsikt i markedets interesse for individuell energimåling. Av de 400 borettslagene og sameiene som mottok undersøkelsen, svarte 60 enheter, inkludert både de som har individuell måling levert av Statkraft og de med måling fra andre leverandører som Techem og ISTA. Undersøkelsen viser en økt interesse for individuell energimåling, delvis på grunn av stigende energipriser, men også på grunn av en voksende bevissthet om ønsket om å betale for eget forbruk i stedet for å subsidiere andres. Selv om undersøkelsen inkluderer flere typer boligselskap enn de som dekkes i OBOS- og NBBL-undersøkelsen, samsvarer funnene i stor grad når det gjelder hvor mange som fakturerer etter eierbrøk (37 %) kontra de som benytter individuell måling (63 %). Enkelte borettslag og sameier kan ha deltatt i begge undersøkelsene, særlig de som ligger i Statkraft Varmes forsyningsområder, der OBOS også har noen boligselskaper.

En fremtredende forskjell mellom undersøkelsene til NBBL/OBOS og Statkraft Varme ligger i faktureringsmetoden for bygg med individuell måling. Per i dag har Statkraft Varme kun individuell måling i nybygg med tre-rørssystem og varme som energibærer, og disse får direkte fakturaer fra Statkraft Varme (Brenne, Nordahl, & Thapa, 2024). Omtrent 20 borettslag og sameier med individuell måling fra Statkraft Varme mottar månedlige fakturaer direkte fra fjernvarmeleverandøren, noe som utgjør 58 % av alle borettslag og sameier i undersøkelsen som har individuell måling, enten fra Statkraft Varme eller andre leverandører.

4.2 Forretningsmodeller

Gjennom arbeidet med rapporten har vi identifisert flere forretningsmodeller for salg og drift av energimålere, som skiller seg fra hverandre i antall involverte aktører og fordelingen av ansvar i verdikjeden. Kostnadene knyttet til de ulike modellene gjennomgås nærmere i kapittel 6.

For privatboliger (eneboliger og rekkehus etc.) som er tilkoblet fjernvarme, har beboeren et direkte forhold til fjernvarmeleverandøren, da leveransen skjer direkte til boligens eget varmesystem. Dette etablerer et tydelig grensesnitt hvor kunden kun forholder seg til fjernvarmeselskapet. I leilighetsbygg er imidlertid situasjonen annerledes. Her går varmeleveransen gjennom et fellesanlegg i boligselskapet, noe som betyr at beboerne ikke har kontraktsforhold direkte med fjernvarmeleverandøren, men kun mot boligselskapet.

Tabell 1 og 2 klargjør roller og ansvarsområder ved å kategorisere aktørene i kunde- og leverandørsegmenter basert på energibehov og grensesnitt, som dekker privatboliger, boligselskaper, næringsaktører og offentlige bygg. Leverandører som fjernvarme- og nærenergileverandører og tjenesteleverandører for individuell måling er også beskrevet med tanke på deres ansvar i ulike forretningsmodeller.

Kundeselement	Volum av energi	Kommentar
Privatkunde (enebolig/rekkehus)	Lite behov for energi	Private boliger som får levert energi fra for eksempel fjernvarme
Boligselskap	Behov for energi til både boligseksjon, fellesareal og evt. næringsseksjon	Boligselskapet er kunden til fjernvarmeselskapet. Bolig- og næringsseksjonene er kunde av tjenesteleverandør for individuell seksjonsvis måling og fakturering
Beboer i Boligselskap	Lite behov for energi	Betaler ofte energi akonto per m ² fra boligselskapets forvalter. Alternativt, betaler forbrukt energi fra tjenesteleverandør av individuell måling og fakturering.
Næringsaktører	Større behov for energi	Kunde av fjernvarmeselskap for leveranse av energi. Kunde av tjenesteleverandør for individuell seksjonsvis måling og fakturering.

Tabell 1 - Beskrivelse av kundegrupper og segmenter (Aarsand, Vestbøstad, Helland, & Granbakken, 2024).

Leverandører	Ansvar	Kommentar
Nærenergileverandør	Leveranse av energi til kunden. Månedlig faktura for forbrukt energi.	Kundegrensesnitt slutter ved leverandørens kundesentral hos kunden. Kunden er ansvarlig for distribusjon av energi etter nærenergileverandørens kundesentral.
Fjernvarmeleverandør	Leveranse av energi til kunden.	Kundegrensesnitt slutter ved leverandørens kundesentral hos kunden. Kunden er ansvarlig for distribusjon av energi etter fjernvarmeleverandørens kundesentral. Dette refereres til som sekundærsiden.
Infrastruktur for rør i bygget	Kundens rørlegger. Serviceavtale for drift av energi i bygget.	Ansvarlig for all rørinfrastruktur for transport av varmt- og kaldt tappevann, samt energi i bygget.

Boligforvalter/ Forretningsfører/ Boligbyggelag	Forvalter alle fellesutgifter på vegne av boligselskapet.	Er leverandør til boligselskapet på vegne av bolig- og næringsseksjonene.
Tjenesteleverandør for individuell måling og fakturering	Montere og drifte målere i bolig- og næringsseksjoner etter avtale med kunden.	Montere og drifte målere i alle seksjoner. Månedlig individuell måling, avregning, og eventuelt fakturering og kundeservice for bolig- og næringsseksjoner.

Tabell 2 - Beskrivelse av ulike leverandører (Aarsand, Vestbøstad, Helland, & Granbakken, 2024).

Fjernvarmeleverandører har vanligvis ansvar for levering av varme frem til kundens hovedsentral, som ofte er boligselskapets fellesanlegg i leilighetsbygg. Her faktureres boligselskapet som den juridiske kunden, mens beboerne i de enkelte boenhetene vanligvis ikke har et direkte kontraktsforhold med fjernvarmeleverandøren (Aarsand, Vestbøstad, Helland, & Granbakken, 2024). Gjennom intervjuer med aktører i bransjen er det imidlertid avdekket at enkelte fjernvarmeselskaper, som Statkraft Varme og Hafslund Celsio, også tilbyr tjenester for individuell måling til enkeltbeboere i boligselskaper.

Spesialiserte tjenesteleverandører tilbyr ofte tjenester for individuell måling, kostnadsfordeling og fakturering på boenhetsnivå. Noen leverandører leverer kun data for forbruk og kostnadsfordeling, mens andre håndterer hele prosessen, inkludert måling, avregning og fakturering til den enkelte boenhet. Flere selskaper tilbyr også leasing-løsninger for målere og datainnsamlingsutstyr, noe som gir boligselskapene muligheten til å velge en «måling som tjeneste»-modell. Med denne løsningen kan boligselskapet leie utstyret fremfor å bære en høy investeringskostnad, noe som også sikrer at utstyret holdes oppdatert og vedlikeholdes av leverandøren.

Tradisjonell modell – kunde-eide målere

I den mest tradisjonelle modellen kjøper boligselskapet selv målerutstyret direkte, og står som eier av anlegget (Krogstad & Pedersen, 2024). Boligselskapet tar da på seg investeringskostnaden, og betaler samtidig for løpende tjenester knyttet til måling og avregning. Her vil boligselskapet også ha ansvar for vedlikehold og utskifting av målerne, mens leverandøren overvåker data og varsler om eventuelle feil, som tilbakeslag eller avleiringer. Leverandøren kan også varsle om behov for utskifting etter målerens levetid, som vanligvis er rundt 10–12 år.

Tjenesteleverandørene leverer avregningstjenester for energikostnader og sikrer et pålitelig og nøyaktig datagrunnlag. Avregningsdataene sendes deretter tradisjonelt til forretningsføreren, som oftest er boligbyggelaget tilknyttet boligselskapet. Forretningsføreren har ansvar for å fordele kostnadene mellom de ulike boenhetene basert på avregningen, og deretter fakturere hver beboer individuelt. Avregningsvedlegg gjøres tilgjengelig for beboerne via en app eller sendes automatisk på e-post direkte til hver enkelt.

Det pågår arbeid med å utvikle dataintegrasjon mellom avregningsleverandørene og forretningsførerne, noe som vil sikre full åpenhet mellom partene samtidig som GDPR-regelverket overholdes. God samhandling mellom aktørene er avgjørende for nøyaktig og kostnadseffektiv avregning, spesielt i forbindelse med eierskifter (Krogstad & Pedersen, 2024). Flere leverandører tilbyr allerede full API-integrasjon, og det jobbes aktivt med å integrere flere forretningsførere og boligbyggelag. De første integrasjonene forventes ferdigstilt innen 2025 (Lein, 2024).

Forretningsmodellen kan tilpasses ulike faktureringsfrekvenser, enten månedlig, kvartalsvis eller årlig, med årlig a-konto som den mest utbredte løsningen per i dag. Denne modellen gir beboerne stabile fakturaer gjennom året, noe som sikrer forutsigbare utgifter og bidrar til enklere økonomisk planlegging.

Fleksible betalingsløsninger – kunde-eide målere

En stadig mer populær forretningsmodell innebærer at leverandører tilbyr fleksible betalingsplaner der kostnadene for målerne fordeles over en avtalt periode, typisk 1, 3 eller 5 år (Karlsholmen, 2024). Dette er særlig vanlig i nybygg, hvor utbygger ofte gjør avtaler på vegne av boligselskapet om installasjon og finansiering. Modellen gir beboerne mulighet til å betale i mindre, forutsigbare avdrag i stedet for en stor engangskostnad. Ved eierskifter kan boligselskapet kjøpe ut utstyret dersom de ønsker å bytte leverandør, noe som gir fleksibilitet. Bortsett fra betalingsløsningen, er modellen lik den tradisjonelle i oppsett og drift.

Full tjenesteleveranse – fra måling til fakturering

Noen leverandører tilbyr «måling som en tjeneste», der boligselskapet leaser målerutstyr fra leverandøren, som ofte beholder eierskapet til systemet. I denne modellen betaler boligselskapet et fast månedlig beløp som dekker kostnadene for både utstyr, avregning og fakturering. Leverandøren står også for vedlikehold i leieperioden, noe som gir garanti og vedlikeholdsdekning i hele systemets levetid, ofte opp mot 10 år. Denne ordningen minimerer boligselskapets risiko, siden leverandøren har insentiv til å opprettholde optimal drift. Forretningsmodellen tilbys både av frittstående tjenesteleverandører og gjennom samarbeid mellom boligbyggelag og tjenesteleverandører, samt av enkelte fjernvarmeleverandører.

For eksempel leverer Lyse Energiservice AS en nasjonal tjeneste for individuell måling, avregning og fakturering av energi, kaldt og varmt tappevann til boligselskaper og bedrifter. Lyse Energiservice betaler boligselskapets felleskostnader for oppvarming og vann og foretar deretter individuell måling og fakturering til hver boenhet. I tillegg tilbyr de boligselskapet tjenesten komplett med leie av målere og datainnsamlingsutstyr dersom kunden ønsker dette.

Flere energileverandører, som Statkraft Varme, tilbyr også en komplett løsning som dekker hele verdikjeden fra målerinstallasjon til sluttbrukerfakturering. Statkraft Varme håndterer installasjon, avregning og fakturering til hver boenhet, en løsning som innebærer fullstendig integrasjon mellom måling, avregning og fakturering og kan være spesielt praktisk for boligselskap som ønsker én leverandør for hele prosessen.

Til sammen gir disse modellene boligselskapene fleksibilitet i finansieringsvalg og ansvarsfordeling. Ved å inkludere aktører på ulike nivåer i verdikjeden, fra utstyrsleverandører til faktureringstjenester, tilpasses løsningene ulike behov basert på boligselskapets preferanser og økonomiske prioriteringer.

5 Markedets holdninger til individuell måling

Gjennom prosessen har det blitt gjennomført intervjuer og samtaler med 20 aktører, inkludert tjenesteleverandører for individuell måling og fakturering, boligbyggelag, boligsameier, fjernvarmeleverandører, interesseorganisasjoner, samt eiere og forvaltere av næringsbygg. På grunn av begrenset ny forskningslitteratur i Norge, er det primært resultatene fra disse intervjuene som danner grunnlaget for rapporten. Holdningene til individuell måling har vist seg å være svært varierte, fra aktører som ser forretningsmuligheter, til de som uttrykker betydelig skepsis. Deres innspill er svært verdifulle i arbeidet med rapporten og den potensielle implementeringen av regelverket. Spesielt bidrar de til å identifisere mulige flaskehalser og barrierer, samtidig som de gir innsikt i fordelene ved en eventuell gjennomføring av tiltaket.

Aktørene ble også bedt om å beskrive de største fordelene og ulempene de ser ved en eventuell innføring av krav til individuell måling. Hva aktørene selv har vektlagt i sine vurderinger er ikke presist definert, og det antas derfor at tilbakemeldingene hovedsakelig refererer til de vanligste løsningene på markedet.

5.1.1 Leverandører

Markedet for individuell måling i Norge er godt etablert, med flere leverandører som tilbyr komplette løsninger for utstyr, innsamling, behandling og fordeling av måledata. Noen leverandører utvikler egne målere, mens andre bruker utstyr fra underleverandører, og løsningene varierer i krypteringsgrad og åpenhet. Leverandørene har også ulike nivåer av ansvar for vedlikehold og kvalitetssikring av måledata, hvor noen beholder eierskap og ansvar over systemet, mens andre gir kunden mer ansvar for drift, vedlikehold og utskiftning. Vi har hatt kontakt med nøkkelpersoner som Kim Johannes Lein (Country Manager Norge, Techem) Espen Karlsholmen (Country Manager, ISTA Norge), og Kristian Helland (administrerende direktør, Lyse Energiservice), som har gitt verdifull innsikt i deres tilnærminger og systemer for individuell måling. Det har ikke vært mulig å komme i kontakt med andre store leverandører som for eksempel Brunata.

Det har vært få endringer i markedet for leverandører som tilbyr individuell måling av termisk energi siden Norsk Energi sin rapport fra 2019. Videre finnes det fortsatt dedikerte utstyrsleverandører som tilbyr måleutstyr, men ikke fakturerings tjenester. Disse har imidlertid ikke vært et hovedfokus i den tidligere eller nåværende rapporten, da de typisk blir integrert i leveranser fra større leverandører av individuell måling eller fjernvarmeleverandører som omfattes av rapporten.

Techem og ISTA er begge ledende selskaper innen individuell måling og energiavregning. Begge selskapene er eksempler på leverandører som tilbyr komplette målesystemer og avregningstjenester uten direkte kundefakturering, og de tilpasser ofte sine løsninger basert på lokale behov og regulatoriske krav.

Techem er et internasjonalt selskap som leverer tjenester for måling og fordeling av energi- og vannforbruk i boligselskaper og næringsbygg. De har spesialisert seg på tjenester som sikrer presis avregning av forbruk for hver enkelt boenhet, uten at selskapet selv står for faktureringen til sluttbrukerne. Techem tilbyr fleksible betalingsløsninger der kunden kan velge å betale for målerutstyret over en periode på 1-10 år, avhengig av behov. Deres løsninger omfatter også fjernavlesning av målere og mulighet for ulike rapporteringstjenester, som gir innsikt i forbruksmønstre og avvik.

ISTA er en annen stor aktør innen individuell måling, med tilstedeværelse i over 20 land. I likhet med Techem leverer ISTA tjenester knyttet til måling, innsamling og avregning av energi- og vannforbruk, men uten å stå for fakturering til sluttbruker. ISTA fokuserer også på å tilby fleksible

finansieringsmodeller for installasjon og drift, der boligselskaper kan fordele kostnadene for målerne over flere år. ISTA leverer både hardware og software-løsninger, og de er kjent for systemer som muliggjør fjernavlesning og digital tilgang til forbruksdata for både beboere og forvaltere.

Lyse Energiservice tilbyr en komplett løsning for individuell måling av termisk energi, som skiller seg fra andre leverandører med sitt helhetlige tilbud. Selskapet håndterer hele prosessen – fra måling til fakturering og kundeoppfølging – med et fokus på månedlig etterskuddsfakturering (Helland, 2024). Dette skiller seg fra andre leverandører som tillater akonto- eller kvartalsvis fakturering. Lyse Energiservice mener at hyppig fakturering gir kundene bedre innsikt og mulighet til å iverksette energisparende tiltak. De tilbyr derfor ikke andre faktureringsløsninger. Lyse Energiservice legger også stor vekt på datainnsamling, noe som gjør det mulig for dem å tilby rådgivning basert på kundens faktiske energiforbruk. De rapporterer at rettferdig fordeling og energibesparelser er de to største motivasjonsfaktorene for kundene deres, med omtrent en lik fordeling mellom disse to.

Leverandørene er, som forventet, svært positive til implementering av individuell måling, en løsning som direkte påvirker deres forretningsgrunnlag og markedsmuligheter. Et potensielt nasjonalt krav om individuell måling i Norge vil i stor grad øke etterspørselen etter tjenestene som disse aktørene tilbyr, noe som kan forklare deres proaktive holdning.

Flere leverandører foreslår at en alternativ tilnærming til umiddelbare krav kan være å forberede seg på potensielle fremtidige EU-krav ved å inkludere bestemmelser i Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven (TEK) som sikrer at nybygg tilrettelegges for ettermontering av individuelle målere. Dette vil gjøre det mulig å gjennomføre kostnadseffektive tilpasninger dersom slike krav blir innført på et senere tidspunkt. Slike tilretteleggingstiltak kan inkludere tilstrekkelig plass i vannfordelingsskap og installasjon av følerlommer for temperaturfølere, slik at fremtidig montering av målere kan gjøres både enklere og rimeligere. Integrering av slike løsninger i nybygg, med standardiserte mål for følerlommer og lokal avstenging, er relativt enkelt og vil ha minimal innvirkning på de totale byggekostnadene (Lein, 2024). Samtidig vil dette gi betydelige kostnadsbesparelser dersom boligselskapet senere beslutter å innføre individuell måling.

5.1.2 Boligbyggelag

Boligbyggelag er medlemsorganisasjoner som spiller en sentral rolle i verdikjeden for individuell måling. De tilbyr tjenester som etablering og drift av boligselskaper, inkludert borettslag og sameier, og bidrar med administrativ støtte, økonomistyring, vedlikehold og avregning av felleskostnader. I tillegg til å være involvert i driften, fungerer de som viktige aktører i utbygging av nye boliger, der de legger føringer som ofte definerer praksis for installasjon av individuelle målere i nybygg.

Gjennom prosessen har vi hatt kontakt med flere nøkkelpersoner, inkludert Kjetil Krogstad fra NBBL, Kari-Anne Pedersen fra OBOS, Runar Skippervik fra TOBB, Gjermund Kaupang fra LABO, og Jan-Sverre Klophmann fra USBL. I tillegg har vi intervjuet representanter i Grønn Byggallianse, som representerer flere boligbyggelag, for å få innsikt i miljøstandarder og bærekraftige praksiser innen boligutvikling.

Flere av Norges større boligbyggelag bygger nå utelukkende boligselskap med individuell måling (Krogstad & Pedersen, 2024). For TOBB har dette vært standard praksis siden 2017-2018 (Skippervik, 2024). Andre boligbyggelag, som BOB, LABO, SØBO og VESTBO, følger etter TOBB og tilbyr lignende løsninger i sine prosjekter. LABO opplyser at beslutningen om å implementere individuell måling er basert på ønsket om at dette skal være lønnsomt for beboerne og bidra til økt bevissthet om eget energiforbruk (Kaupang, 2024).

Påvirkningen av boligprisen i nybygg ved innføring av individuell måling er usikker, da den fremste driveren for pris absolutt er beliggenhet. USBL rapporterer imidlertid at individuell måling er spesielt

populært blant eldre par som flytter fra enebolig til leilighet (Klophmann, 2024). Disse boligkjøperne er vant til å ha full kontroll over egen faktura og har forventninger om samme grad av kontroll i leiligheten.

TOBB tilbyr både løsninger for måling i nye prosjekter og tjenester for implementering i eksisterende boligprosjekter (Skippervik, 2024). De har også lansert forretningsmodeller med Techem som leverandør der måleutstyr leases frem til nedbetalingstiden er over. Gjennom sin finansieringsmodell bistår de boligselskaper med å etablere slike løsninger. I nybygg er modellen relativt enkel og benyttes primært for 5-rørs systemer, som er den vanligste typen de bygger. TOBB rapporterer om høy etterspørsel, noe de delvis tilskriver eget fokus og kommunikasjon rundt temaet.

Norske Boligbyggelags Landsforbund (NBBL) er en interesseorganisasjon som samler boligbyggelag i Norge og arbeider for deres felles interesser. NBBL rapporterer at det er lav bevissthet blant forbrukere om hvordan de kan redusere energiforbruk og tilhørende kostnader. For mange er boligoppvarming ikke primært kapitaldrevet, men handler om å opprettholde en komfortabel bo-standard (Krogstad & Pedersen, 2024). Dette er spesielt utfordrende i boligselskap med vannbårne anlegg, som ofte krever høyere kompetanse enn det boligsameiene har internt. De færreste har tilgang til profesjonell hjelp, og søker gjerne støtte først når større problemer oppstår.

Generelt fakturerer boligbyggelag beboerne direkte, men baserer seg på målerdata og avregning fra tjenesteleverandører som grunnlag for faktureringen. Boligbyggelaget fungerer som forretningsfører, mens leverandøren håndterer måleravregningen. På spørsmål om hvordan individuell måling har påvirket de økonomiske aspektene ved driften, svarer flere boligbyggelag at det har ført til bedre oversikt og dermed gjort økonomien mer forutsigbar. I praksis har dette medført noe, men ikke vesentlige kostnadsøkninger for boligbyggelagene, ettersom leverandørene leverer det nødvendige datagrunnlaget. Flere boligbyggelag har likevel uttrykt et ønske om mer automatiserte løsninger, da dagens system krever mye manuelt arbeid.

Grønn Byggallianse arbeider primært med næringsbygg, men har også boligbyggelag og andre aktører som medlemmer. De fremhever at antall personer i en leilighet har stor betydning for energiforbruket, særlig når det gjelder oppvarming av varmt tappevann, noe som er relevant ved innføring av individuell måling (Kinzler Eriksen & Småge, 2024). Eksempelvis vil en enslig beboer i en leilighet på 80 kvadratmeter vanligvis bruke langt mindre varmtvann enn en familie på fem i samme leilighetsstørrelse, noe som gjør individuell måling til en rettferdig løsning for kostnadsfordeling. Flere styreledere har rapportert betydelige variasjoner i forbruk – opptil seks ganger høyere – mellom to tilsvarende leiligheter etter implementering av individuell måling. Tidligere ble kostnadene fordelt likt, men nå betaler hver husholdning i henhold til sitt faktiske forbruk (Kjos-Hanssen, 2024). Dette gir et betydelig rettferdighetsargument for å implementere individuell måling.

Fordeler

- Når beboerne blir mer bevisste på sitt energiforbruk, reduseres forbruket naturlig, noe som resulterer i lavere energikostnader. Dette gjelder ikke bare ved installasjon og oppstart, men ved at måling fungerer som et insentiv for å opprettholde og videre redusere forbruket over tid, og dermed sikre et varig «nøkternt» forbruksmønster.
- Individuell måling er en rettferdig løsning, da forbruket i stor grad påvirkes av antall beboere i en leilighet og deres livsstil. Dette sikrer at hver enkelt betaler for sitt faktiske energiforbruk, noe som bidrar til en mer rettferdig fordeling av kostnadene.
- Ofte er det store avvik i forbrukstall mellom hovedmåleren og undermålerne/individuelle målere. Dette synliggjør varme til fellesarealer og varmetap i distribusjonsanlegg og eventuelt

akkumulatortanker, som gir insentiv til å utføre forbedringstiltak. Ofte oppdages også feil på varmeanlegget eller uøkonomisk drift.

Kjell-Petter Småge i Grønn Byggallianse viser til et ekstremt eksempel der det måles både på hovedforsyningen og inn til hver leilighet. Fra el-kjelen leveres 130 kWh/m², men kun 70 kWh/m² når frem til leilighetene. Dette tapet synliggjøres ved måling på en helt annen måte enn ved fakturering på arealbrøk (Kinzler Eriksen & Småge, 2024). Det er viktig å presisere at dette kun er et eksempel og ikke representerer et generelt nivå for varmetap.

For borettslaget der Hafslund Celsio har implementert individuell måling, ligger det årlige gjennomsnittlige varmetapet på ca. 17 %. Leveransen dekker oppvarming og varmt tappevann til 137 leiligheter, en barnehage, to ventilasjonskurser og et snøsmelteanlegg, som gir et bredt spekter av bruk (Koren, 2024).

For et borettslag på Søndre Nordstrand, som består av både blokker og rekkehus med til sammen 300 boenheter som alle er tilknyttet fjernvarme, utgjør «umålt forbruk» dvs. varmetapet i distribusjonen fra felles varmesentral og fremføring til undersentraler i blokker og rekkehus ca. 15 % av total fjernvarmeleveranse.

Ulemper

- Individuell måling av termisk energi har flere utfordringer som kan redusere effektiviteten i administreringen. Boligbyggelagene peker på at fordelingsmålere ofte gir ufullstendige avregninger på grunn av sjeldne avlesninger og forsinket dataoverføring til kundene. Dette medfører forsinkelser i avregningsprosessen og krever mye manuelt arbeid.
- Boligbyggelagene informerer om at beboerne opplever betydelig usikkerhet knyttet til nøyaktigheten og påliteligheten til undermålere, noe som svekker tilliten til systemene.
- De årlige kostnadene ved individuell måling er høye, ofte rundt 10 -20 % av de totale energikostnadene (Krogstad & Pedersen, 2024) (Kinzler Eriksen & Småge, 2024). Dette gjelder spesielt for små leiligheter i godt isolerte nybygg. Det pågår arbeid med å redusere disse kostnadene, blant annet ved å innføre automatiserte systemer som kan eliminere behovet for manuelt arbeid.
- NBBL mener at individuell måling ikke bør være et generelt krav i eldre bygg, men i stedet vurderes behovsprøvd basert på nytteverdien. TOBB peker spesielt på at mange bygg mangler fordelingsskap per leilighet, og at flere rørføringer inn i hver enhet krever mange målere for både installasjon og oppfølging. Dette gjør implementeringen av individuell måling tungvint og ressurskrevende.

5.1.3 Beboere

Gjennom prosjektet har vi vært i kontakt med flere boligselskap som har ettermontert individuell måling. Disse boligselskapene har gitt Multiconsult fullmakt til å hente ut deres energidata. Disse dataene er deretter brukt til å beregne prosentvis energibesparelse som følge av innføringen av individuell måling. Noen av boligselskapene er intervjuet nærmere, mens resten har mottatt en spørreundersøkelse. Hensikten har vært å kartlegge erfaringer knyttet til individuell måling fra beboernes perspektiv.

I samtaler med boligselskapene har vi funnet at rettferdighetsprinsippet, kontroll over forbruket og energisparing har vært de viktigste faktorene for hvorfor de valgte å innføre individuell måling. Flere boligselskap nevner at energisparing var en sentral motivasjon (Løvholm, 2024). De fleste



boligselskapene vi har vært i kontakt med har fordelingsmålere i form av radiatormålere og mekaniske målere på varmtvann. De fleste har også a-konto innbetaling med årlig avregning.

Av boligselskaper som har besvart spørreundersøkelsen vil alle anbefale implementering av individuell måling av varme og/eller varmtvann til andre boligselskaper. Rundt spørsmål angående implementeringsprosessen, informerer selskapene om at prosessen har vært relativt enkel, spesielt ved bruk av radiatormålere, selv om beboere i mindre leiligheter ofte er skeptiske. Skepsisen kommer fra at alle leiligheter får samme påslag, noe som gjør at beboerne i mindre leiligheter opplever dette som en stor kostnad sammenlignet med energiforbruket deres (Klophmann, 2024). Flere påpeker at det viktig å gjøre grundig forarbeid ved valg av leverandør, med fokus ikke bare på installasjonskostnaden, men også på fremtidige kostnader knyttet til oppgraderinger, vedlikehold og digital tilgang til energidata for den enkelte beboer.

Til tross for en generell positivitet knyttet til konseptet, opplever likevel beboere flere utfordringer med individuell måling. Utfordringene går generelt ut på forståelsen av eget energiforbruk, og energifakturaene, noe som delvis skyldes usikkerhet rundt ansvarsfordelingen for målere, datatilgang og grensesnitt. For mange beboere er det uklart hvordan målingsystemet for varme fungerer i praksis, og flere sammenligner det med strømforbruk uten å forstå forskjellene.

De fleste beboere vi har snakket med, forholder seg primært til forretningsførerens til sitt boligselskap og uttrykker frustrasjon over de kompliserte avregningsvedleggene som følger fakturaene. Et standard vedlegg består ofte av flere sider med liten tekst, hvor energiforbruket er oppgitt i flere enheter som kvadratmeter, seksjoner (andeler), prosent, kWh og kubikkmeter. Den omfattende bruken av ulike enheter gjør det utfordrende for beboerne å forstå sammenhengen mellom forbrukstallene og den endelige totalkostnaden i kroner. Beboerne etterlyser derfor mer oversiktlige og lettforståelige fakturaer, som tydeligere viser hvordan forbruket er beregnet og hvordan dette påvirker deres individuelle kostnader.

Noen boligselskaper uttrykker at det er utfordrende å påvirke eget energiforbruk. For mange er det vanskelig å forstå hva som skjer når de justerer effekten på radiatoren. Dette gjelder spesielt i eldre boligselskaper, hvor beboerne opplever at justeringene har liten eller ingen effekt på energiforbruket slik det framgår på fakturaen. Mange føler at fakturaen forblir omtrent uendret, uavhengig av hvor mye de forsøker å tilpasse oppvarmingen.

I NBBL/OBOS' undersøkelse rapporterer 71 % av boligselskapene at beboerne har tilgang til en app eller nettside for å overvåke sitt eget forbruk, men bare 13 % bruker dette aktivt. De som ikke bruker appen, peker ofte på at variasjoner i oppvarmingsbehov avhenger av utetemperatur og leilighetens plassering i bygget, som for eksempel høyere oppvarmingsbehov i hjørneleiligheter. Dette reduserer nytteverdien av sammenligning med både fjorårets eget forbruk og andre leiligheter i bygget. En del opplever også tekniske utfordringer, som krevende innlogging, noe som gjør at den opplevde nytten ved å bruke appen ikke står i forhold til tidsbruken.

Videre er det en generell forvirring rundt grensesnittet til varmesystemet. Flere beboere tror at med innføring av individuell måling vil grensesnittet til varmeleverandøren flyttes fra tekniske rom til egen leilighet, og forstår ikke hvorfor store deler av varmekostnadene fremdeles faktureres som felleskostnader, inkludert kostnader for fellesarealer og systemtap.

NBBL fremhever at en modell som ligner AMS-målere for strøm, der varmeleverandøren eier målerne, kan øke beboernes forståelse og bidra til enklere sammenligning og kontroll over energiforbruket (Krogstad & Pedersen, 2024). THEMA Consulting Group foreslår også at varmeleverandøren bør ha ansvar for målerne, slik at det blir færre involverte parter og mulig lavere kostnader for sluttbruker (Tennbakk, Byenstuen, Jenssen, & Sand, 2024).

Fordeler

- Flere boligselskap har registrert lavere totalforbruk etter installasjon, og generelt økt bevissthet rundt energiforbruket.
- Rettferdig fordeling av varmekostnader der man betaler for eget forbruk, ikke andres overforbruk.
- Styret har merket at individuelle målinger resulterer i svært varierende kostnader, selv for leiligheter av samme størrelse.
- Individuell måling kan avlaste styrets arbeid ved at sluttkunden kan forholde seg direkte til leverandøren eller fjernvarmeselskapet. I tillegg kan alle felleskostnader og distribusjonstap faktureres direkte til beboerne, noe som forenkler administrasjonen for styret.

Ulemper

- Noen boligselskaper opplever økt arbeidsbelastning for styret på grunn av behov for mer informasjon til beboerne.
- Høye faktureringskostnader fra både forretningsfører og leverandør.
- For de boligselskapene som benytter seg av a-konto med årlig avregning, er det noen ganger utfordrende å fastsette korrekt akontobeløp, noe som resulterer i både store pluss- og minusbeløp ved avregning.
- Flere beboere som er intervjuet, savner bedre brukergrensesnitt for å følge eget forbruk.
- Mange synes avregningsvedleggene er vanskelige å forstå, som er med på å svekke tilliten til systemet
- Individuell måling kan oppleves som urettferdig for beboere i leiligheter plassert på bakkeplan, på toppen av bygget eller i hjørneleiligheter, ettersom plasseringen har stor innvirkning på energiforbruket. Dette ulikhetsaspektet kan særlig forsterkes i eldre bygg med dårlig isolasjon.

5.1.4 Fjernvarmeleverandører

Som beskrevet under forretningsmodellene finnes det nå flere fjernvarmeleverandører som tilbyr tjenester for individuell måling. I løpet av prosjektet har vi vært i kontakt med nøkkelaktører som Audun Brenne fra Statkraft Varme, Esten Koren fra Hafslund Celsio samt representanter fra Lyse Neo i forbindelse med intervju av Lyse Energiservice. I tillegg til å levere målingstjenester har de nevnte fjernvarmeselskapene, inkludert Eidsiva Energi, også bidratt med omfattende energidata fra boligselskaper som har innført individuell måling. Dette bidraget har vært avgjørende for analysene av energibesparelser i prosjektet.

Statkraft Varme informerer om at de jevnlig mottar henvendelser fra både nye og eksisterende boligkunder (Brenne, Nordahl, & Thapa, 2024). Utbyggere og byggherrer ønsker å gjøre sine prosjekter mer attraktive ved å tilby individuell energimåling. Samtidig finnes det eksisterende borettslag og sameier som enten ikke har individuell måling i dag, eller som opplever problemer med dagens løsninger fra andre leverandører. I Trondheim er flere borettslag og sameier påvirket av kommunale vedtak som krever individuell måling av kaldtvann, noe som øker etterspørselen etter løsninger på markedet.

Lyse Energiservice og Hafslund Celsio observerer også en klar økning i etterspørselen etter individuell måling. De peker på at denne etterspørselen er drevet av økninger i energipriser, samt av AMS-forskriften, der brukerne har blitt vant til å motta automatisk energidata (Helland, 2024). Dette har

skapt forventninger om samme nivå av detaljert informasjon og faktureringsunderlag for termisk energi. Mange kunder forstår ikke forskjellen mellom strøm og termisk energi og forventer derfor samme kvalitet på dataene.

For fjernvarmeselskapene er lønnsomheten avhengig av et høyt antall kunder. Selskapene dekker vanligvis hele investeringskostnaden for individuell måling og tilbyr en fastpris som inkluderer utleie av utstyr, måling, avregning, fakturering og kundeoppfølging. Noen, som Statkraft Varme, inkluderer også målerbytte i denne prisen (Brenne, Nordahl, & Thapa, 2024). Lyse Energiservice påpeker at dette "volumspillet" er avgjørende for lønnsomhet – det blir kun økonomisk bærekraftig dersom antallet kunder er tilstrekkelig stort (Helland, 2024). De bemerker også at markedet foreløpig ikke er villig til å betale mer enn dagens prisnivå, noe som begrenser prissettingen mot sluttbrukerne.

For å utvikle en bærekraftig forretningsmodell for individuell måling av termisk energi, understreker fjernvarmeselskapene, inkludert Statkraft Varme og Hafslund Celsio, at de må kunne ta betalt for denne tjenesten. De frykter at individuell måling kan føre til juridiske endringer der abonnementsentralen blir plassert i hver enkelt leilighet, noe som kan føre til at fjernvarmeselskapene må dekke varmetap frem til leilighetene og fellesarealene. Statkraft Varme støtter NBBLs forslag om at fjernvarmeselskapene bør eie de individuelle målerne, men understreker samtidig at ansvaret for varmetap på sekundærsiden fortsatt bør ligge hos kunden. I tillegg bør fjernvarmeselskapene sikres en rimelig fortjeneste på denne typen tilleggstjeneste (Brenne, Nordahl, & Thapa, 2024). Dette er fordi varmetap på sekundærsiden ofte bidrar til oppvarming, og fjernvarmeleverandørene har ingen kontroll over distribusjonssystemet i bygget.

Hafslund Celsio er mer tilbakeholdne når det gjelder mulig krav til individuell måling av varme for leiligheter i boligselskaper. Hovedårsaken er at ettermontering av varmemålere for oppvarming ofte kan bli svært kostbart, og investeringen står i mange tilfeller ikke i forhold til forventede energibesparelser (Koren, 2024).

Hafslund Celsio har i tillegg en egen avdeling for energimåling og analyse, og opplyser at kunder med individuell måling utgjør omtrent halvparten av kundeporteføljen. Disse kundene står imidlertid for kun 36 GWh/år, tilsvarende rundt 2 % av selskapets totale årlige energileveranse (Koren, 2024). Dette skyldes at hver enkelt bolig/leilighet betraktes som en kunde på samme måte som hovedmålere i større bolig- og næringsbygg. Kundene faktureres månedlig, etterskuddsvis, på samme måte som resten av fjernvarmekundene.

Fordeler

- Fjernvarmeselskaper som Statkraft Varme informerer om at de allerede har godt etablerte systemer for måleravlesning og fakturering til kundene. Dette gjør at de er godt rustet til å håndtere individuell måling av termisk energi ved hjelp av de eksisterende løsningene som benyttes for dagens fjernvarmekunder.
- Fra et beboerperspektiv er det naturlig å forvente individuell måling, spesielt med henvisning til AMS-forskriften fra 2019, som fastslår at forbrukere kun skal betale for strømforbruket i sin egen leilighet. Det er en økende forventning om at dette prinsippet også vil bli gjeldende for termisk energi.

Ulemper

- Hafslund Celsio mener i likhet med NBBL at individuell måling ikke bør være et generelt krav i eldre bygg, men i stedet vurderes behovsprøvd basert på nytteverdien (Koren, 2024). Implementering av individuell måling i eksisterende bygg innebærer omfattende tekniske tilpasninger, da bygg sjelden er klargjort for slike systemer. Installasjonen av et stort antall

målere for å dekke alle enheter kan føre til høye kostnader og økonomiske utfordringer, særlig i eldre bygg og enkelte næringsbygg.

- I tillegg oppstår det kommersielle utfordringer, som for eksempel hvem som skal betale for oppvarming av fellesarealer, tap etter varmeveksleren, samt hvem som har ansvar for å bygge og vedlikeholde rørrnett etter varmeveksleren. Dette inkluderer også spørsmålet om hvem som har ansvar for å isolere rørene, og hvilke insentiver som eksisterer for å sikre god kvalitet. Spesielt gjelder dette tap i sekundærnett, som fjernvarmeselskapene fortsatt mener må være byggeiers ansvar.

Fjernvarmeleverandører ønsker følgende avklaringer

- Ansvar for målerne, inkludert innkjøp, installasjon, drift og vedlikehold, bør defineres og avklares.
- Krav til type målere bør spesifiseres, særlig med hensyn til forskjellene mellom energimålere og fordelingsmålere.
- Flere fjernvarmeleverandører mener det bør stilles krav til oppløsningen på forbruksdata. For å gi et insentiv til å spare energi og kostnader, bør timesoppløsning vurderes som et minimumskrav.

5.1.5 Eiere og forvaltere av næringsbygg

NVE har ønsket at rapporten undersøker praksisen for individuell måling av varme og kjøling i næringsbygg. For å få et bredt innblikk i bransjen har vi derfor gjennomført samtaler med Grønn Byggallianse, eiendomsaktørene KLP Eiendom og Storebrand, samt Mallings og Newsec som er to av Norges største forvaltningsselskaper innen næringsseiendom. Disse aktørene har gitt verdifull innsikt i hvordan individuell måling praktiseres og vurderes i det norske markedet for næringsseiendom.

Installasjon av individuelle energimålere for varme og kjøling på leietakernivå er sjeldent, hovedsakelig fordi leietakere ofte har begrenset innflytelse på sitt faktiske energiforbruk. Grønn Byggallianse påpeker også at leietakere i næringsbygg har lavere insentiver til å redusere energiforbruket sammenlignet med boligeiere, da energikostnadene utgjør en liten del av en bedrifts totale utgifter (Kinzler Eriksen & Småge, 2024). Det kan derfor oppleves som lite lønnsomt å spare energi hvis det påvirker de ansattes produktivitet negativt. Kjell-Petter Småge fra Grønn Byggallianse illustrerer dette ved å forklare at hvis en ansatt fakturerer bare tre minutter ekstra hver dag, kan dette nulle ut energikostnadene knyttet til den ansattes plass i lokalene. Fokuset blir derfor å skape et godt arbeidsmiljø med best mulig inneliv, samtidig som man bruker minst mulig energi. Til tross for dette ser Grønn Byggallianse en økende interesse for individuell måling blant leietakere, spesielt som følge av rapporteringskrav. Dette gjelder særlig globale selskaper med lokaler i europeiske land, hvor krav til individuell energimåling er pålagt.

En annen faktor som påvirker beslutningen om å *ikke* innføre individuell måling på leietakernivå, er byggets fleksibilitet. Utskiftning av leietakere fører ofte til endringer i arealbruk og behov, noe som kompliserer måleprosessen, da rørføringer og målere kan måtte endres hver gang en ny leietaker med en annen planløsning flytter inn. Mallings opplyser at det derfor heller er ønskelig å installere separate energimålere for leietakere med høyt energiforbruk, som for eksempel bakere eller virksomheter med døgndrift, mens øvrige leietakere med lignende driftstider faktureres basert på arealbruk (Ranmarker, 2024). Dette er spesielt relevant i kombinasjonsbygg (næring/bolig), hvor det ofte er hensiktsmessig å skille næringsseksjoner med egne målere, særlig når energiforbruket varierer betydelig. Forbruket av varmtvann i kontorbygg anses fortsatt som så lavt og jevnt at individuell måling per leietaker ikke anses som kostnadseffektivt eller nødvendig.

En stor andel av de individuelle målerne som installeres i dag er drevet av miljøsertifiseringer, særlig gjennom BREEAM-systemet (Ranmarker, 2024). BREEAM gir høy poengscore for installasjon av individuelle energimålere, både i nybygg (BREEAM-NOR) og i eksisterende bygninger (BREEAM In-Use). Dette har ført til at mange næringsbygg nå utstyres med omfattende og detaljerte målestrukturer. Imidlertid viser intervjuer med eiere og forvaltere av næringseiendom at selv om mange bygg har komplekse målesystemer, utnyttes disse sjeldent optimalt for korrekt fakturering av varme og kjøling. BREEAM-sertifiserte bygg har også rapportert utfordringer med målerne. I mange bygg er målesystemet så komplekst at man ikke har fått det til å fungere som tilsiktet, eller at det har medført mye tid og kostnader for å få det i orden. I ett tilfelle klarte man fem år etter ferdigstilling fortsatt ikke å identifisere fire målere som finnes i EOS, men ikke fysisk i bygget. Slike problemer oppstår ofte når mange målere installeres kun for å oppnå miljøsertifisering. Et annet eksempel fra et BREEAM-NOR-sertifisert næringsbygg i Trondheim viser at i gjennomsnitt fungerte kun to tredjedeler av de termiske målerne, noe som førte til hyppige utskiftninger i byggets første driftsår. Etter utløpet av reklamasjonsperioden ble det besluttet å fakturere basert på leieareal fremfor å bruke målerne.

I et intervju med Grønn Byggallianse ble det fremhevet at BREEAM-NOR stiller strenge krav til antall målere som må installeres for å oppnå selv ett poeng (Kinzler Eriksen & Småge, 2024). De påpeker at relativt få prosjekter satser på de høyest oppnåelige poengene innen termisk måling av leietakerareal i BREEAM-NOR-manualen. Dette kan delvis skyldes at kravene ikke er tilpasset alle bygningstyper, noe som gjør det utfordrende å oppfylle målerkravene i visse bygg. Grønn Byggallianse foreslår at manualen kunne vært mer fleksibel, med for eksempel en tilnærming basert på bygningens størrelse eller energibruk, der de mest omfattende kravene rettes mot bygg med størst energiforbruk. Det blir ansett som viktig å vurdere nøye hvor det er hensiktsmessig å installere målere – særlig ettersom overvåking av større energiposter kan gi energibesparelser på rundt 10 %, noe som bør overstige kostnadene ved målerinstallasjonen over tid. De understreker også at en standardisering av slike målerløsninger kunne bidra til økt bransjekompetanse, noe som igjen kan gi mer energieffektive tekniske anlegg og bedre drift.

Storebrand informerer om at de ikke prioriterer installasjon av individuelle målere på leietakernivå, men har i stedet utviklet en egen kravspesifikasjon for innsamling av forbruksdata (Stenbro, 2024). Denne spesifiseringen stiller krav til at energimålere for vannbårne systemer skal inkluderes i automatikkleveransen, og tilpasses de spesifikke behovene for hvert enkelt bygg. Blant kravene er at ved leveranse av fjernvarme eller fjernkjøling, skal leverandørens måler kobles til maksimalvokterfunksjonen i SD-anlegget for å sikre optimal energistyring. I tillegg skal det installeres målere som registrerer den totale energiproduksjonen fra varmpumper eller kjølemaskiner. Videre spesifiseres det at energiforbruket i radiatorsystemene skal overvåkes ved hjelp av egne målere, samt at ventilasjonsvarmen måles for å registrere energiforbruket som går til oppvarming via ventilasjonssystemer. Tilsvarende skal energiforbruket til varmtvann, gulvvarmeanlegg og eventuelle utendørs snøsmelteanlegg registreres. Denne helhetlige tilnærmingen til energiovervåking sikrer at alle relevante energipunkter i bygget blir registrert automatisk, noe som gir bedre kontroll over energiforbruket og muliggjør mer effektiv energistyring.

KLP Eiendom støtter Storebrands vurdering og ser størst potensial for energibesparelser ved måling på komponentnivå. De krever at alle tekniske installasjoner over 5 kW, som batterier og annet teknisk utstyr, overvåkes i nybygg (Brenntrø, 2024). Krav til måling av tekniske komponenter anses som mer hensiktsmessig enn individuell måling på leietakernivå, da det ville kreve et stort antall målere, særlig for eiendommer med mange leietakere. De næringsbyggeierne vi har intervjuet mener samlet at fokuset først bør være på måling av større energiposter i næringsbygg for å optimalisere driften, før krav om individuell måling på leietakernivå vurderes.

Fordeler

- Byggeiere har tro på at individuell måling av varme og kjøling i næringsbygg kan øke leietakernes insentiver for å redusere eget energibruk, noe som kan føre til et ønske om redusert temperatur og kortere ventilasjonsdrift.
- Individuell måling hjelper driftsansvarlige med å raskere identifisere feil.
- Økte rapporteringskrav for leietakere gjør det fordelaktig at hver leietaker får tilgang til sitt faktiske energiforbruk, inkludert varme. Dette gir et solid grunnlag for ulike rapporteringsbehov knyttet til forbruksutvikling, utslipp og bærekraft.

Ulemper

- Individuell måling medfører økt driftskompleksitet, da mange målere krever betydelig kompetanse og tid for driftsansvarlige. Dette øker igjen driftskostnadene og gjør det utfordrende for driftsansvarlige å følge opp målerne.
- Mange målere gjør bygget uoversiktlig i EOS- og SD-anleggene, og feil oppstår ofte når målere ikke oppdateres med riktig plassering og navn. Ved bytte av SD- eller EOS-anlegg blir det også vanskelig og dyrt å tilpasse den eksisterende målerstrukturen.
- KLP Eiendom og Malling peker på at det er tidkrevende og komplisert å fakturere hver leietaker basert på individuelle målere, spesielt i bygg med mange små leietakere. Leietakere har ofte lignende bruksmønstre, og kostnadene for å installere og vedlikeholde målere overstiger ofte leietakernes muligheter til å påvirke sitt eget forbruk.
- Ved ombygging for nye leietakere blir det komplisert å måle energiforbruk per leietaker, da rør og systemer må flyttes. Hvis det ikke er lagt til rette for individuell måling fra starten av, er det vanskelig og kostbart å etablere i ettertid.

5.1.6 Kontrollorgan

En av de tydeligste tilbakemeldingene knyttet til målerdata er utfordringer med å sikre nøyaktige målerresultater. Når det oppstår avvik på målerne og det ikke er mulig å garantere for riktigheten av dataene, velger man ofte å fakturere basert på sameie- eller leiebrøk. Derfor er det avgjørende at forretningsfører kan stole på at de dataene som presenteres, er korrekte (Skippervik, 2024) Med utgangspunkt i disse tilbakemeldingene har vi intervjuet Eli Mogstad Ranger, avdelingsleder for Utredning og regelverk, og Andreas Aalbu Hjort, tilsynsingeniør, begge i Justervesenet, for en gjennomgang av gjeldende krav til individuell måling i Norge.

Justervesenet har hatt regler for salg av varmeenergimålere siden 2007, gjennom «Forskrift om måleenheter og måling (FOR-2007-12-20-1723)» (Nærings- og fiskeridepartementet, 2008). Kravet om at målere også må tilfredsstillende spesifikk krav i drift ble først inkludert i forskriften fra 2023. «*Veileder om krav til varmeenergimålere under bruk*» beskriver hvordan kravene skal tolkes, hvilke kontroller som skal utføres, og hvilke internkontrollrutiner brukerne må ha på plass (Justervesenet, 2023). Dette innebærer at det nå stilles krav til regelmessig kontroll av målere som brukes til økonomisk oppgjør, noe som skal sikre nøyaktighet over tid. Justervesenet utreder nå hvordan dette kravet også skal gjelde undermålere i bygninger. Denne veilederen skal gi nærmere spesifikasjoner om hvordan kravene kan anvendes på individuelle målere som brukes i boligbygg, noe som vil ha stor betydning for tredjepartsleverandører og boligselskaper.

En av utfordringene knyttet til hvem som omfattes av regelverket ligger i definisjonen av *bruker* i «*Forskrift om måleenheter og måling*», som ikke tydelig dekker leverandører av målerdata når de ikke eier målerne. Dette fører til usikkerhet om forskriften også gjelder leverandører som leverer målerdata

og avregningstjenester på vegne av anleggseier (Lein, 2024). Dagens regulering av varmemålere gjelder primært boligselskaper og fjernvarmeleverandører, som er de sentrale partene i det økonomiske oppgjøret hvor varmeleveransen faktureres fra leverandør til boligsameie. Utfordringer oppstår imidlertid når en tredjepartsleverandør leverer målerdata på vegne av boligsameiet eller forretningsføreren. Hvis fjernvarmeleverandøren også tilbyr individuell måling, kan dette også by på utfordringer, ettersom fjernvarmeleverandøren, som administrerer måleravlesningen, regnes som en tredjepart ved undermåling. I slike tilfeller er boligselskapet juridisk ansvarlig for nøyaktigheten av målerdataene. Justervesenet påpeker at det er urimelig å pålegge boligselskaper uten fagkunnskap dette ansvaret, og de understreker at dette er en viktig vurdering i deres pågående interne arbeid (Hjorth & Ranger, 2024).

«Forskriften om krav til varmeenergimålere» krever at målere som brukes til økonomisk oppgjør, produseres i samsvar med MID-direktivet (Measuring Instruments Directive 2014/32/EU). Dette direktivet fastsetter kravene for hvordan måleinstrumenter skal produseres og brukes, med mål om å sikre pålitelige målinger som kan benyttes i økonomiske oppgjør. Det stilles også krav til korrekt installasjon av målerne, og etterkontroller gjennomføres ved stikkprøver for å sikre at målerne fungerer som de skal over tid.

En av de største utfordringene med å anvende de samme kravene på undermålere er at regelverket kun gjelder MID-godkjente målere, som i praksis betyr energimålere som måler kWh direkte. Dette innebærer at fordelingsmålere ikke omfattes av Justervesenet sin regulering, da disse kun er regulert etter standarden EN 834:2017 (Hjorth & Ranger, 2024). MID-godkjente målere leverer høyere datakvalitet, og Justervesenet uttrykker skepsis til om radiatormålere noen gang vil kunne oppfylle de nødvendige kravene for regulering. Justervesenet understreker behovet for tydelige krav fra myndigheter som NVE, for å håndtere reguleringer knyttet til fordelingsmålere. De etterlyser også retningslinjer for hvordan tredjepartsleverandører kan inkluderes i regelverket, da de per i dag ikke har myndighet til å regulere disse leverandørene uten spesifikasjoner fra for eksempel NVE.

5.2 Trender fremover

Det er en generell overgang mot bruk av ny teknologi som IoT (tingenes internett) og big data, noe som muliggjør mer avansert individuell energimåling til en lavere kostnad. Forenklede rørføringer, som 3-rørsystemer, gjør det også enklere og billigere å installere målere for både varme og varmtvann (Brenne, Nordahl, & Thapa, 2024). Teknologisk utvikling er i stor grad fokusert på å forlenge levetiden på målere og øke kapasiteten til små batterier, hvor levetid og batteriprestasjon er et kontinuerlig fokusområde (Lein, 2024). Det forventes at teknologien blir rimeligere og mer tilgjengelig som en del av fremtidens smarthus-løsninger. Samtidig jobbes det aktivt med AI-løsninger som analyserer data fra individuell måling for å optimalisere driften av varmeanlegg.

Techem undersøker bruk av sensorer og IoT i noen grad, og har allerede begynt å implementere AI-teknologi for analyse og overvåking av energiforbruk (Lein, 2024). De har lansert produktet «*Digital varmesentral*», som primært består av trådløse clamp-on temperatursensorer strategisk plassert på rør i varmesystemet, kombinert med en utendørs temperatursensor. Løsningen er hittil installert i 2000 anlegg i Europa, og har gitt en gjennomsnittlig energibesparelse på 12 %. Hovedfokuset er energieffektivisering gjennom kontinuerlig analyse og overvåking, med mål om å optimalisere varmekurver, nattsinking, redusere tomgangskjøring og kontrollere vanntemperatur for å forhindre legionella. Overvåking og varsling av avvik i forbruksmønstre eller funksjonsfeil er en viktig del av Techems teknologiske løsning, som gir både styret og sluttbrukerne bedre kontroll over driften av systemene.

ISTA har etablert sin smarte varmekontrollenhet, Sophia. Sophia tilfører intelligens til eksisterende fyringsanlegg, inkludert eldre systemer, og bidrar til å redusere både energiforbruket og CO₂-utslipp i bygg (Karlsholmen, 2024). Teknologiløsningen, som kombinerer maskinvare, programvare og tjenester, ble anerkjent av det tyske handelskammeret i Spania (AHK Spain) som et innovativt referanseprosjekt innen energieffektivitet i byggsektoren. Sophia kan installeres på eksisterende varmesystemer på få timer og justerer driften automatisk basert på data om oppvarmingsvaner og værforhold. Det sies at dette kan redusere energiforbruket med 15 til 25 % uten å gå på bekostning av komfort. I tillegg inkluderer systemet tidlig feildeteksjon og kontinuerlig overvåkning av varmtvannsberedere for å forhindre spredning av legionellabakterier.

Hafslund Celsio har også utviklet parallelle systemer for å redusere varmeforbruket i boligblokker. Deres hovedfokus har vært på smart styring ved hjelp av temperatursensorer installert i omtrent en tredjedel av leilighetene i en boligblokk (Koren, 2024). Dataene fra sensorene, sammen med værparametere, brukes til å beregne hvor mye varmeeffekt som er nødvendig for å opprettholde ønsket temperatur i blokken. Selv om dette kan fjerne individuell temperaturjustering, er kostnadseffektiviteten svært høy, med en ti ganger større lønnsomhet sammenlignet med individuell måling. Hafslund har testet systemet på flere blokker, og resultatene viser at energikostnadene reduseres med over 10 %. Selv om dette er et produkt de ønsker å tilby sine kunder, er det foreløpig ikke bredt tilgjengelig på markedet.

I tillegg ser man en generell utvikling fra produktorienterte til tjenesteorienterte forretningsmodeller på tvers av flere bransjer. Dette representerer et viktig skritt mot en mer bærekraftig forretningsmodell, der leverandørene av måle- og avregningstjenester, som selv eier målerne, har sterke incentiver til å sikre at målingene er nøyaktige og at systemene fungerer optimalt. Siden leverandørens inntekter er knyttet til tjenestens kvalitet over tid, er de motiverte til å opprettholde høy presisjon og ytelse på måleutstyret. Dette bidrar til at både tjenestetilbydere og kunder drar nytte av bedre drift og redusert energiforbruk.

6 Kostnader

I dette kapitlet presenteres kostnadene knyttet til investering i individuell måling av varme. Prisene er innhentet fra fem leverandører på det norske markedet, inkludert fjernvarmeleverandører, i tillegg til forskjellige boligsameier som nylig har investert i systemer for individuell måling.

Investeringskostnader og løpende årlige kostnader som er kommet frem i datainnsamlingen presenteres i de påfølgende delkapitlene. Som nevnt benytter ulike leverandører ulike forretningsmodeller. For å sikre en rettferdig sammenligning i Excel-verktøyet laget for NVE, har vi valgt å skille investeringskostnadene (vurdert fra år 0) fra løpende kostnader som avregning, drift, vedlikehold og forretningsførsel, som er nærmere beskrevet i delkapittel 6.2 om løpende kostnader. Alle kostnader som presenteres er eks. mva.

Lønnsomhetsvurderinger fra EU viser at installasjonskostnaden for å utstyre en bolig med et individuelt målesystem varierer mellom 300 og 3 000 € per bolig, avhengig av hvilket målesystem som brukes. Driftskostnaden ligger på omtrent 20–60 €/år/bolig (Canale, et al., 2019). Disse tallene gjelder for boliger utstyrt med varmfordelingsmålere på seks radiatorer, og inkluderer ikke tilleggsinstallasjoner eller murerarbeid.

6.1 Installasjonskostnad

Som i studier fra Europa, viser også norske erfaringer at kostnadene for installasjonsarbeider varierer betydelig, avhengig av valgt leverandør, og om utstyret installeres under oppføringen av et nybygg eller ettermonteres i eksisterende bygg. For eksempel er merkostnadene ved installasjon av energimålere i

nybygg ofte relativt lave, mens etterinstallasjon av energimålere i eksisterende bygg sjeldent gjennomføres på grunn av høye kostnader, og da velges oftest rimeligere fordelingsmålere.

Gjennom utarbeidelse av rapporten har vi vært i kontakt med flere leverandører av måler tjenester. Leverandørene er bedt om å prise ulike komponenter på enhetsnivå for kun utstyr, utstyr i nybygg og utstyr i eksisterende bygg. I tillegg er det bedt om å gi en estimert levetid for alle komponenter. For å gi et bredere grunnlag for kostnadsestimatene, har vi inkludert fem ulike caser der leverandørene har gitt prisanslag. Dette gir et mer solid grunnlag for å utarbeide egne prisestimater. En oversikt over leverandørenes prisanslag er oppsummert i Tabell 3. Som nevnt varierer betalingsmodellene, der noen målere nedbetales over 1-10 år, mens andre tilbys som en leaset tjeneste. Vi har her bedt leverandørene prise salg av måleren for seg slik at det er mulig å splitte opp kostnader i investeringskostnader og løpende kostnader.

Byggteknisk forskrift (TEK17) stiller krav om energimåling i boligblokker med sentralt varmeanlegg og i alle yrkesbygninger, gjennom § 14-2 – krav til energieffektivitet, sjette ledd. Kravet innebærer at bygninger skal ha formålsdelte energimålere som måler energiforbruket til hhv. oppvarming og tappevann på systemnivå. For eksisterende bygg kan dette imidlertid variere. En boligblokk med fjernvarme som leverer til både romoppvarming og varmt tappevann, har én abonnementsmåler fra fjernvarmeselskapet. For å skille varme og varmtvann fra hverandre, må det da som minimum installeres en ekstra energimåler (hovedmåler) på sekundærsiden i varmesentralen for enten varme eller varmtvann, og differansen mellom abonnementsmåleren og hovedmåleren vil vise forbruk for den andre energiposten. Alternativt kan det installeres energimålere på sekundærsiden for både varme og varmtvann. Behovet kan variere fra boligselskap til boligselskap ift. antall blokker / undersentraler og hvordan det er bygget opp. Hovedmåleren fungerer også som «kontrollmåler» ifm. at sum hovedmålere skal være lik forbruk fra abonnementsmåler. I tilfeller der det ikke benyttes fjernvarme, men heller varmpumpe, bioenergi eller annet må det også inn ekstra energimåler (hovedmåler) for å måle total varmeproduksjon. For at fordelingsmålere for varme og varmtvann i systemet for individuell måling og avregning skal fungere, må andelene avregnes mot hhv. hovedmåler varme og hovedmåler varmtvann, som representerer totalt forbruk.

I de bygg hvor det ikke er fordelingsmålere, men energimålere i systemet for individuell måling og avregning, har hovedmålere også en annen viktig funksjon. Differansen mellom hovedmålere og summen av de individuelle energimålerne representerer da varmetap i felles røranlegg (varmedistribusjon og varmtvannssirkulasjon), og evt. forbruk i fellesarealer. Dette varmetapet kan være betydelig, og det å synliggjøre dette gir boligselskapet insentiv til å gjennomføre tiltak for å redusere varmetapet. Hovedmålere gir altså bedre mulighet for overvåking, feilsøking og kontroll av energiforbruket. Det anbefales derfor å installere hovedmålere i bygg hvor slike ennå ikke er på plass. Derfor har vi bedt leverandørene om å inkludere kostnadsestimater for denne installasjonen.

Tabell 3 viser at prisene for innsamlingsutstyr varierer betydelig. Enkelte leverandører har innført prising per leilighet for fjernavlesningsnettverk, slik at kunden får forutsigbare kostnader, mens andre fortsatt opererer med en samlet pris per boligselskap. De dyreste enhetene i tabellen kan samle inn data med timeoppløsning og støtte opptil 510 enheter samtidig, noe som kan være gunstig for større boligselskaper med høy datainnsamlingsfrekvens.

I Norsk Energi sin rapport fra 2019 fremgår det at kablet M-bus ofte brukes i nybygg (Haugen, 2019). Vi har imidlertid valgt å prioritere batteridrevne løsninger med lavere datainnsamlingsfrekvens i våre lønnsomhetsberegninger, da leverandørene rapporterer at de primært installerer batteridrevne målere med fjernavlesning, også i nybygg. Unntaket er et fåtall BREEAM-prosjekter med strenge krav til hyppig datainnsamling, der M-bus-kabling fortsatt benyttes. Av denne grunn har vi valgt å utelate M-bus-kabling fra lønnsomhetsberegningene.

Utstyr- og installasjonskostnad	Kun utstyr	Utstyr inkludert installasjon i nybygg	Utstyr inkludert installasjon i eksisterende bygg	Levetid [år]
Hovedmåler				
Energimåler, ultralyd*	6 000 kr	6 000 - 10 000 kr	9 000 - 15 000 kr	10-20
Individuelle målere				
Energimåler (ultralyd) for varme eller kjøling	1 000 – 2 300kr	1 800 – 3 800 kr	2 300 – 6 000 kr	10-15
Fordelingsmåler (vingehjul) for varmtvann	200 - 500 kr	700 – 1 500 kr	1 000 – 2 300kr	10
Energimåler (ultralyd) for varmtvann	800 – 1 200 kr	1 000 – 2 400 kr	1 600 – 4 800 kr	10-15
Fordelingsmåler (radiatormåler) for varme, per radiator	135 - 200 kr	300 - 350 kr	300 - 350 kr	15
Fordelingsmålere per leilighet (estimert 4 stk radiatormålere)	540 - 800 kr	1 150 – 1 400 kr	1 150 - 1 400 kr	15
Innsamlingsutstyr				
Nettverk for fjernavlesning på leilighetsnivå	700 – 1 200 kr	700 – 1 200 kr	700 – 1 200 kr	10 – 15
Nettverk for fjernavlesning på boligselskapsnivå	12 000 – 13 500 kr	13 500 – 14 000 kr	16 000 kr	10 – 15

Tabell 3 – Prisintervallet for installasjonskostnader ved innføring av individuell måling hentet fra leverandøropplysninger. Priser er oppgitt i kroner eks. mva. og er gitt ved stykkpris (bortsett fra «fordelingsmålere per leilighet»).

6.1.1 Kostnadseksempler

For å sikre at alle relevante kostnadselementer er vurdert, har vi innhentet prisanslag fra leverandører for fem utvalgte caser. Disse casene danner grunnlaget for lønnsomhetsvurderingene og illustrerer hvordan ulike teknologier og løsninger påvirker den totale lønnsomheten. For både nybygg og eksisterende bygg har vi inkludert én case med installasjon av energimålere for varme og vingehjulsbaserte fordelingsmålere for varmtvann, samt én case der fordelingsmålere benyttes for både varme og varmtvann. Ifølge leverandører representerer disse casene de mest vanlige løsningene på markedet.

I tillegg er en case med nybygg og 3-rørssystem inkludert, en løsning som blir stadig mer utbredt som diskutert i kapitlet om fremtidige trender. 3-rørssystemet krever kun én felles måler for både varme og varmtvann, noe som gir betydelige besparelser i installasjonskostnadene. En oversikt over casene med tilhørende kostnadsestimater finnes i tabell 4. Alle kostnader er beregnet per leilighet, med forutsetningen om fire radiatorer og en gjennomsnittlig leilighetsstørrelse på 72 kvadratmeter. Kostnadene er oppgitt eks. mva. For eksisterende bygg forutsettes det i tillegg installasjon av en hovedmåler/energimåler til en pris på 12 000 kr, som ikke inngår i kostnaden per leilighet. Denne kostnaden legges til og fordeles på antall leiligheter i blokken ved beregning av prosjektets lønnsomhet.

Case	Forklaring	Investeringskostnad [kr per leilighet]
Nybygg		
1	Case med 5-rørs/3-rørs system, med energimåler for varme og fordelingsmåler for varmtvann	3 300 kr
2	Case med 3-rørssystem, med én felles energimåler for varme og varmtvann	2 600 kr
3	Case med fordelingsmålere for både varme og varmtvann	2 700 kr
Eksisterende		
1	Case med ett rørintak per leilighet, og energimåler for varme og fordelingsmåler for varmtvann (5-rørs system)	4 100 kr
2	Case med ett rørintak per leilighet, og fordelingsmålere for både varme og varmtvann (5-rørs system)	3 000 kr

Tabell 4 - Oppsummering av caser brukt i lønnsomhetsvurdering med tilhørende investeringskostnader.

6.2 Løpende årlige kostnader

Løpende driftskostnader avhenger i stor grad av antall installerte målere, hvilken type målere som brukes, samt hvor mange avregninger man ønsker per år. For å redusere kostnadene har mange av de boligselskapene vi har intervjuet valgt å bruke årlig a-konto avregning, da dette er den mest kostnadseffektive løsningen med kun én årlig avregning. Dette fremgår av tabell 5, som oppsummerer funnene fra kostnadsinnhenting. Alle kostnader i tabellen er gitt på årlig basis.

I tillegg til de løpende kostnadene fra leverandørene kommer kostnader fra forretningsfører. Gjennom prosjektet har vi observert at denne kostnaden varierer fra 25 til 300 kr per leilighet per avregning, avhengig av byggets kompleksitet, antall leiligheter og kvaliteten på datagrunnlaget levert av leverandøren. De fleste forespurte leverandørene tilbyr app- og web-løsninger som en inkludert del av tjenesten, og vi har derfor ikke lagt på ytterligere kostnader knyttet til dette videre i lønnsomhetsvurderinger. Løpende årlige kostnader som er benyttet i verktøyet for lønnsomhetsvurderinger er videre vist i tabell 6.

Løpende kostnader	Årlig kostnad per fakturamottaker [kr eks. mva]
Måletjeneste	
Avregning månedlig	660 – 750 kr
Avregning kvartalsvis	450 – 550 kr
Avregning årlig	250 – 350 kr
Fakturerings tjenester	
Fakturering månedlig	240 – 300 kr
Fakturering kvartalsvis	340 – 432 kr
Fakturering årlig	230 – 290 kr
Totale kostnader for måle- og fakturerings tjeneste	
Totale kostnader månedlig	900 - 1 000 kr
Totale kostnader kvartalsvis	750 – 980 kr
Totale kostnader årlig	480 - 640 kr
Løpende informasjon til bruker	
Web-løsning	0 – 200 kr
App	0 – 60 kr

Tabell 5 - Gjennomsnittlige driftskostnader ved individuell måling hentet fra leverandører.

Mange leverandører tilbyr kun månedlig fakturering for bygg som har energimålere, som måler energi direkte, noe som gjør at avregning og fakturering gjøres mer kostnadseffektivt enn for bygg med fordelingsmålere. Flere forretningsførere har også implementert systemstøtten som forenkler prosessen ytterligere. Ved månedlig fakturering mottas datastrømmen direkte i systemet i et format som kan behandles effektivt (Krogstad & Pedersen, 2024). Dette gir mulighet for lavere påslag per måned sammenlignet med kvartals- eller årsavregning, hvor det kreves mer tid for å kontrollere og verifisere utgiftene.

Tjeneste	Hypighet avregning	Kostnad [kr eks. mva/leilighet]
Fordelingsregnskap	Årlig	300 kr
Fordelingsregnskap	Månedlig	700 kr
Fakturering	Årlig	230 kr
Fakturering	Månedlig	250 kr
Tillegg for avansert tjeneste		0 kr

Tabell 6 - Løpende kostnader benyttet i verktøyet for lønnsomhetsvurdering.

6.3 Full tjenesteleveranse – fra måling til fakturering

Flere leverandører tilbyr måling som en komplett tjeneste eller leasing av målerutstyr i kombinasjon med avregning- og faktureringstjenester. I disse tilfellene er det samme leverandør som håndterer installasjonskostnaden, ofte gjennom avbetalingsordninger, og som også står for måletjenesten og faktureringen til kunden. Leverandøren eier da måleren og har ansvar for vedlikehold og sikring av nøyaktighet gjennom hele avtaleperioden. Kunden har dermed garanti i avtaleperioden, som vanligvis er satt til 10 år tilsvarende målerens levetid, ifølge leverandørene. Typisk ligger kostnaden for full tjenesteleveranse på rundt 100 kr per måned, og inkluderer prosjektering, installasjon, drift og vedlikehold av anlegget, innsamling og validering av data, fordeling av faktisk energiforbruk og fakturering. Tabell 7 viser oversikt over kostnadene for full tjenesteleveranse.

Leasingtjenester	Hypighet avregning	Årlig kostnad per fakturamottaker
Leverandør av utstyr, måle- og faktureringstjenesten	Månedlig	900 – 1 900 kr (over 10 år)

Tabell 7 - Gjennomsnittlige driftskostnader for implementering av måling som tjeneste.

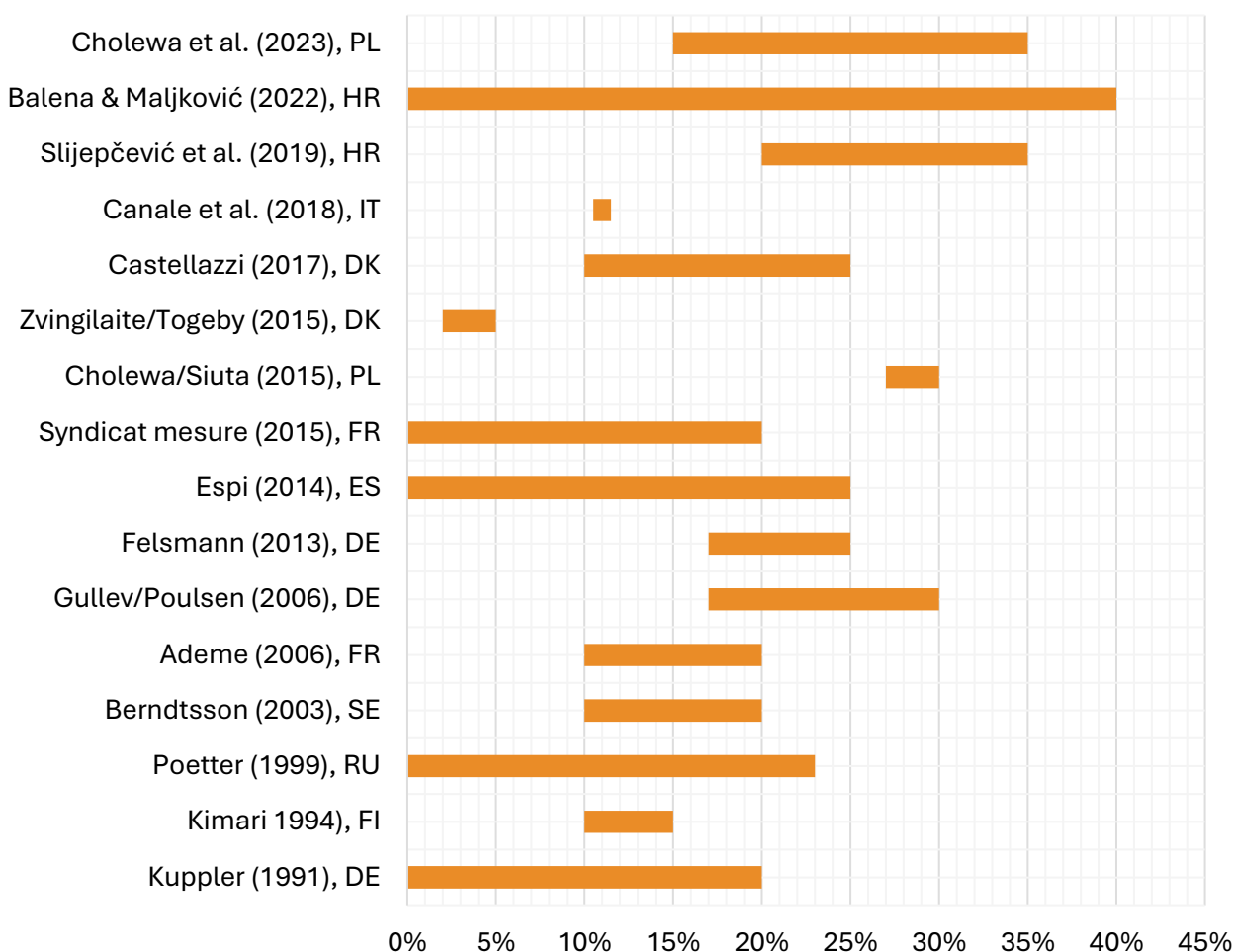
7 Energisparepotensial

Valget av hvilken prosent besparelse som skal legges til grunn for tiltaket har naturligvis meget stor innvirkning på lønnsomhetsvurderingene. Derfor har prosjektet inkludert både et omfattende litteratursøk og egen datainnsamling for å identifisere de energibesparelsene som er mest relevante for norske forhold i dag.

7.1 Litteraturstudie

I løpet av prosjektet er det gjennomført et omfattende litteratursøk samt egen datainnsamling for å kartlegge de faktiske energibesparelsene ved implementering av individuell måling. Figur 6 gir en oversikt over eksisterende litteratur som omhandler effektene av individuell måling i EU. Figuren viser intervallet (minimum-maksimum) for oppnådde besparelser i hver av studiene, og illustrerer en betydelig variasjon. I perioden 1991 til 2015 har forskere i EU estimert at mulige energibesparelser kan variere mellom 8 % og 40 %, med et gjennomsnitt på 20 % for både varmtvann og oppvarming (Canale L. , et al., 2019). Disse estimatene danner grunnlaget for vurderinger av tiltakets lønnsomhet i Europa (Simon Robinson, 2016). Nyere forskning har imidlertid vist økende skepsis til fordelene ved individuell varmemåling, med anslag på besparelser på kun 1–4 %. Langtidsstudier som kan bekrefte disse anslagene er i stor grad fraværende i den vitenskapelige litteraturen (Canale, et al., 2019).

Forskning på energibesparelse i Europa fra 1991 til i dag



Figur 6 - Oversikt over forskning som kvantifiserer energibesparelser i Europa fra 1991 til i dag (Simon Robinson, 2016), (Canale, et al., 2019), (Canale L. , Dell'Isola, Ficco, Pietra, & Frattolillo, 2018), (Slijepčević, Mikulić, & Horvat, 2019), (Balena & Maljković, 2022), (Cholewa, Siuta-Olcha, yczynska, & Specjał, 2023).

En av de mest omfattende studiene ble gjennomført i Italia i 2018, med datainnsamling fra rundt 3000 leiligheter i tre italienske byer. Resultatene viste stor variasjon i endringer i energiforbruk, fra -24 % til +15 %, med et gjennomsnitt på 11 %. Et interessant funn fra studien er at det ble avdekket et større potensial for energibesparelser i tempererte klimaer enn i kaldere klimaer (Canale L. , Dell'Isola, Ficco, Pietra, & Frattolillo, 2018).

Som en del av arbeidet med denne rapporten har vi spesielt vurdert forskning gjennomført etter 2019 for å sikre et mer oppdatert datagrunnlag enn det Norsk Energi hadde i 2019. Alle relevante studier er inkludert i Figur 6, som viser at energibesparelser i ulike studier fra 1991 til 2023 varierer fra 2 – 40 %.

7.2 Egen datainnsamling

Gjennom prosjektet har vi samlet inn data fra 29 boligselskap (borettslag og sameier) som har installert individuell måling. Alle boligselskapene har ettermontert systemene, noe som gjør det mulig å identifisere energisparing som forbruksdifferanse før og etter installasjonen. Totalt omfatter disse boligselskapene 2 844 boenheter, hvor størrelsen på boligselskapene varierer fra 20 til 300 leiligheter. Alle boligselskapene benytter 5-rørssystemer, og majoriteten bruker fordelingsmålere, altså radiatormålere og mekaniske volumvannmålere.

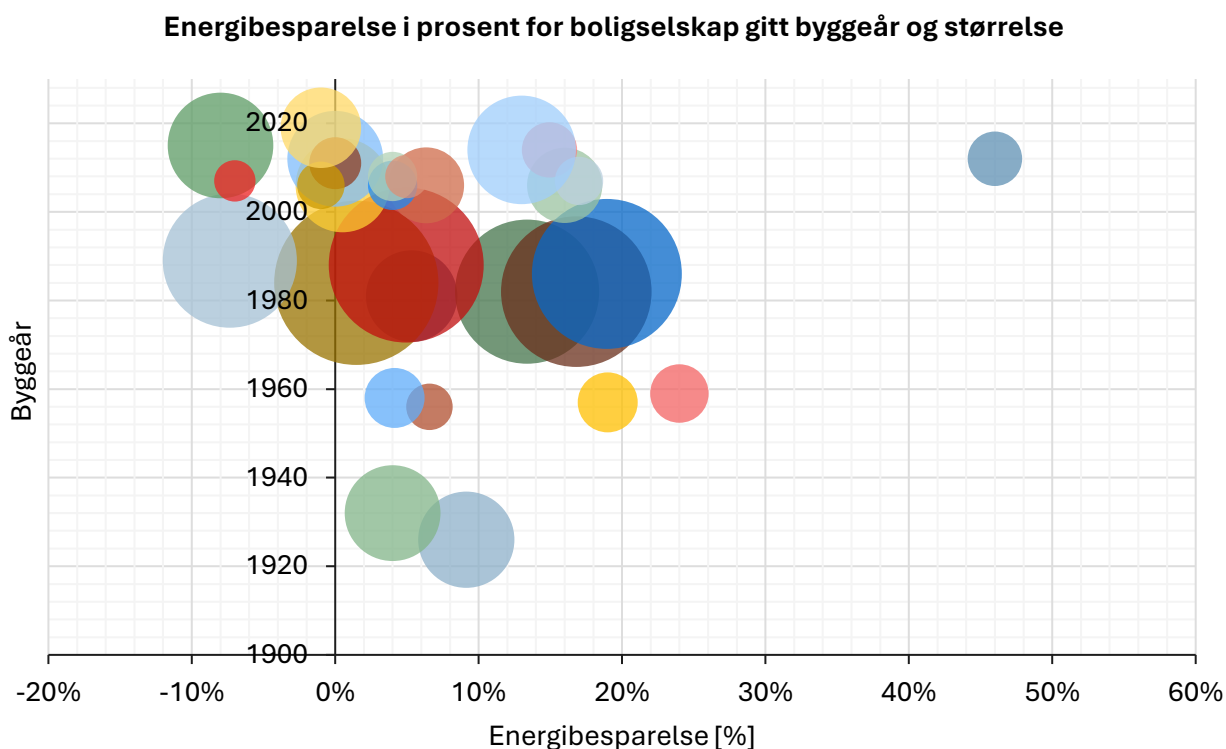
Et viktig mål med prosjektet har vært å skille mellom energibesparelser knyttet til oppvarming og varmtvann, fordi det er forventet ulik prosentvis energibesparelse. Varmtvannsforbruk kan i større grad påvirkes direkte av brukerne, typisk gjennom endringer i bruksvaner, og besparelsen er i mindre grad avhengig av bygningens utforming eller utformingen av varmtvannsanlegget. Energibruken til romoppvarming kan påvirkes eksempelvis ved å redusere innetemperaturen og større bevissthet rundt vinduslufting, men så kan det også være betydelig varmetap mellom etasjer samt faste driftsinnstillinger for varmeanlegget, noe som gjør det litt vanskeligere å justere oppvarmingsbehovet individuelt.

Som tidligere nevnt har det vært utfordrende å identifisere boligselskap som har implementert individuell måling, noe som medfører at datagrunnlaget er noe begrenset. Dette påvirker generaliserbarheten av de energibesparelsene som presenteres. Enkelte bygg har hatt energidata på månedsnivå, noe som har muliggjort en tydeligere separasjon av energiforbruket mellom sommer- og vintermånedene, og dermed skille mellom varme og varmtvann. I henhold til metodikken i kapittel 1 er temperaturavhengig andel av energiforbruket graddagskorrigert.

7.2.1 Varme og varmtvann

De fleste boligselskapene som ble inkludert i studien har individuell måling av både varme og varmtvann, noe som også er utgangspunktet for mange av de europeiske studiene på området. I vår undersøkelse er den gjennomsnittlige energibesparelsen ved individuell måling på 8 %, men med en betydelig variasjon – fra økt forbruk på 8 % til besparelser opp til 46 %. Av de 29 byggene i analysen viser 7 bygg forbruksøkning eller ingen besparelse. Det er altså 75 % av tilfellene vi har undersøkt der man har identifisert en energibesparelse. Årsaken til manglende besparelse for resterende bygg er ukjent, da ingen spesifikke forhold ble fremhevet i datainnsamlingen som kunne forklare dette. Det antas at andre faktorer enn selve målingen kan spille en rolle. For byggene som oppnådde besparelser, ligger gjennomsnittlig reduksjon i energiforbruket på 11,6 %.

Funnene fra datainnsamlingen er illustrert i figur 7, som viser energibesparelse samlet for varme og varmtvann som prosentandel for boligselskaper med ulike byggeår. Størrelsen på hver sirkel representerer størrelsen på det aktuelle boligselskapet målt i antall leiligheter. Resultatene viser at de fleste boligselskaper har oppnådd energibesparelser mellom 0 % og 20 %. Videre tyder datainnsamlingen på at det ikke er noen betydelig forskjell i prosentvis energireduksjon mellom eldre og nyere boligselskaper. Basert på dette har vi derfor vurdert at det ikke er nødvendig å variere prosentvis energibesparelse etter byggeår i lønnsomhetsberegningene (men energiforbruket varierer naturligvis etter byggeår / energitilstand).



Figur 7 - Resultat fra datainnsamling fra 29 boligselskaper som har etter-montert individuell måling. Størrelsen på sirkelen indikerer antall leiligheter i boligselskaper og varierer fra 20 til 300 leiligheter.

Datagrunnlaget vårt består utelukkende av eksisterende bygg, der utfordringer knyttet til rørsystemer og vanninntak ofte fører til bruk av fordelingsmålere. Uten kontrollmålere som måler kWh direkte, er det vanskelig å fange opp feil i fellesanleggene, siden eventuelle energitap fra disse inngår i totalforbruket som fordeles fra hovedmåleren. Mangelen på data gjør det utfordrende å avgjøre om energimålere gir større besparelser enn fordelingsmålere.

7.2.2 Varmtvann

Det har ikke vært mulig å skille varme fra varmtvann i alle bygg, da dette krever energidata på månedsnivå. Vi har imidlertid kunnet gjøre dette for 19 boligselskaper. Resultatene antyder at energibesparelsen for varmtvann er noe høyere enn for oppvarming, slik også studier fra Europa indikerer. Datainnsamlingen viser at energibesparelsen for varmtvann kan være så høy som 43 %. Gjennomsnittlig besparelsesnivå er på 9 % når vi inkluderer boligselskaper som har hatt økt forbruk. Økt eller ingen endring i forbruk er observert i 6 av de 19 boligselskapene, noe som kan indikere at andre faktorer enn individuell måling har påvirket forbruket i disse byggene. Når vi ekskluderer disse seks, øker den gjennomsnittlige besparelsen til 14 %. Basert på disse funnene, sammen med resultatene fra de europeiske studiene, har vi valgt å bruke følgende besparelsesnivåer i lønnsomhetsberegningene: 5 % som lavt, 15 % som middels og 25 % som høyt nivå.

7.2.3 Oppvarming

Analysen viser at energibesparelsen for oppvarming alene er noe lavere sammenlignet med bygg som måler både oppvarming og varmtvann. Dette bekreftes også i de europeiske studiene. Basert på disse funnene, har vi valgt å bruke følgende besparelsesnivåer i lønnsomhetsberegningene: 5 % som lavt, 10 % som middels og 15 % som høyt nivå.

7.3 Resultater fra to prosjekt

I Norsk Energi sin rapport ble det referert til seks studier som kvantifiserte energibesparelser i Norge. Disse studiene estimerte besparelser på mellom 5 % og 32,2 % for både varme og varmtvann, hvor leverandørene rapporterte de høyeste besparelsene. I forbindelse med denne rapporten er det gjennomført intervjuer for å undersøke utviklingen i energiforbruk i to av disse prosjektene. Formålet med dette er å vurdere om de rapporterte besparelsene var vedvarende, eller om de primært var et resultat av økt energibevissthet rett etter installasjon.

TOBB implementerte individuell måling av varme og varmt tappevann i Ustmyra borettslag i Trondheim i perioden 2005–2007, samtidig som de gjennomførte en rekke rehabiliteringstiltak. Det ble forventet en besparelse på 10 % som følge av måling og 30 % som følge av bygningsmessige tiltak. Totalt oppnådde de en energibesparelse på 33 %, men de var usikre på hvor stor andel av dette som kunne tilskrives individuell energimåling alene. De antok at individuell energimåling stod for ca. 5–10 % av besparelsene på varme og varmtvann (Haugen, 2019). Ustmyra-prosjektet var en del av et EU-finansiert program, men det ble besluttet å avslutte den individuelle målingen da finansieringen opphørte. En av hovedgrunnene til dette var at systemet var komplekst og kostbart, med opptil syv ulike målere per leilighet, med en kombinasjon av manuelle avlesninger og pulsmålere på radiatorer. Dette gjorde systemet både tidkrevende og dyrt i drift. I tillegg rapporterte beboerne at de ikke forstod faktureringsystemet, noe som førte til at mange følte at de hadde minimal kontroll over egne energikostnader. Som et resultat av dette har borettslaget nå gått tilbake til fakturering basert på eierbrøk (Skippervik, 2024).

Det andre eksempelet er fra Søndre Nordstrand i Oslo, der seks boligselskap fra 1980-tallet har installert individuell måling og avregning av varme og varmtvann, med oppfølging av energiforbruket fra 2002 og frem til i dag. I prosjektet ble energiforbruket for boligselskapene kartlagt både før og etter implementering av målesystemet. Med unntak av ett boligselskap, kan alle vise til besparelser etter innføringen av målesystemene. Besparelsene varierer fra 1,5 % til 19 %, basert på gjennomsnittlige verdier for de tre årene før og de tre årene etter installasjonen, i tråd med metodikken beskrevet i kapittel 1 (Kristiseter, 2024). Energidata for perioden etter viser også at energiforbruket har holdt seg lavt etter installasjonen, uten å returnere til tidligere nivåer. Dette tyder på at beboernes energibevissthet har vedvart flere år etter gjennomføringen av tiltakene.

7.4 Forhold som påvirker energisparende adferd

Som nevnt i Norsk Energi sin rapport fra 2019 er det flere faktorer som påvirker energisparende adferd. Ved bruk av arealbrøk som grunnlag for energifordeling opplever mange at de må «få valuta for pengene», noe som ofte fører til økt energiforbruk sammenlignet med systemer som benytter direkte fakturering av faktisk forbruk. Eksempelvis rapporterer boligselskap at beboere har sluttet å la vinduene stå åpne om vinteren etter innføring av individuell måling. Dette understøtter at prinsippet om rettferdighet i kostnadsfordeling fortsatt er den vanligste årsaken til at individuell måling installeres i boligbygg (Haugen, 2019).

Intervjuene med leverandører og forretningsførere indikerer også at etterspørselen etter individuelle målesystemer øker i perioder med høyere energipriser, spesielt som følge av energikrisen som oppsto

etter Russlands invasjon av Ukraina. Den markante tredoblingen av energiprisene har hatt en klar effekt på villigheten til å spare energi (Karlsholmen, 2024). Dette viser hvordan økonomiske insentiver kan være en sterk drivkraft for energiadferd, ettersom høye energikostnader umiddelbart påvirker husholdningers prioriteringer.

Norsk Energi peker videre på flere sosioøkonomiske faktorer som påvirker energiadferd, inkludert inntekt, boligtype og eierskap, alder og livsfase, samt geografisk beliggenhet. Disse forholdene er komplekse og vanskelig å kvantifisere, og ble derfor ikke spesifikt etterspurt eller hensyntatt i denne datainnsamlingen. Likevel er det viktig å anerkjenne at slike faktorer kan påvirke hvor mye energi husholdninger bruker, og hvor villige de er til å investere i energibesparende tiltak.

8 Lønnsomhetsberegninger

I denne rapporten er det innhentet oppdaterte vurderinger av kostnader, levetid og energibesparelser for å utføre lønnsomhetsberegninger spesifikt tilpasset norske forhold. Estimaten for kostnadene knyttet til komponenter, løpende utgifter og de ulike casene brukt i lønnsomhetsberegningene er nøye vurdert og presentert i kapittel 6, mens vurderingene av energibesparelser er beskrevet i kapittel 7. Dette kapitlet introduserer modellens forutsetninger, forklarer de valgte verdiene, og illustrerer hvordan variasjoner i disse påvirker resultatene. Videre presenteres resultatene både for nybygg og eksisterende bygg gjennom de fem casene som leverandørene har priset, som beskrevet i avsnitt 6.1.1. Casene er valgt for å representere de vanligste prosjektene leverandørene arbeider med og illustrerer dermed et bredt spekter av potensielle lønnsomhetsutfall.

Excel-verktøyet som er laget i forbindelse med rapporten er designet slik at de forhåndsinnlagte verdiene i forutsetningene enkelt kan tilpasses etter behov. Dette gjør at verktøyet kan anvendes selv om kostnader reduseres, teknologier utvikles, eller nytt datagrunnlag tilsier andre energibesparelser enn det som fremgår av litteraturstudier og egen datainnsamling. Nøkkeltallene er derfor lagt inn som redigerbare parametere i et åpent Excel-ark, slik at brukeren kan oppdatere dem i henhold til oppdatert informasjon eller nye behov.

8.1 Forutsetninger

I resultatdelen presenteres hvordan lønnsomheten påvirkes av variasjoner i eksisterende energitilstand, energibesparelse, energipris, kostnader og levetid. Verktøyet gir fleksibilitet ved å kunne justere for både lav, middels og høyt energibruk, energibesparelse og energipris, noe som muliggjør analyser tilpasset ulike scenarier. Verdiene som ligger til grunn for de ulike besparelsesnivåene er forklart i kapittel 7 og oppsummert i Tabell 8 nedenfor. I tillegg har verktøyet flere faner som gir mulighet til fremtidige justeringer av besparelsesanslag. Dette inkluderer for eksempel effekten av avansert tjeneste (app-løsninger) og hyppigheten av avregninger, slik at nye mer spesifiserte lønnsomhetsberegninger kan utføres dersom mer presise data blir tilgjengelige.

Nivå	Varme	Varmtvann
Lav	5 %	5 %
Middels	10 %	15 %
Høy	15 %	25 %

Tabell 8 - Energibesparelser benyttet i verktøyet.

Energiprisene lagt til grunn i beregningen er vist i Tabell 9. Energiprisene er valgt med bakgrunn i NVE's analyse «Utviklingen i kraftmarkedet mot 2050 – En utvidelse av Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2023», fra oktober 2024, og vi har forutsatt at pris på fjernvarme følger kraftprisen. (Boligselskaper med varmepumpe vil kunne ha en vesentlig lavere resulterende energipris, og vil i så fall behandles

spesielt, - dette har vi ikke gjort i denne studien). Kraftmarkedsanalysen viser forventet stor prisvariasjon og svingninger, men stipulerer forventet årsgjennomsnittlig kraftpris på 80 øre/kWh i 2030, 59 øre/kWh i 2035, 49 øre/kWh i 2040 og 42 øre/kWh i 2050. Med dagens nivå på nettleie, elavgift og energifond på i sum typisk ca. 50 øre/kWh for boligselskap (basert på Elvia sin nettleiemodell, og effektledd omregnet fra kr/kW til kr/kWh basert på månedlige effekttopper og årsforbruk for typisk boligblokk), tilsvarer dette energipriser eks. mva på ca. 130 øre/kWh i 2030, 110 øre/kWh i 2035, 100 øre/kWh i 2040 og 90 øre/kWh i 2050. Historiske energipriser har vært lavere. Dette i sum er basis for de valgte energiprisene til lønnsomhetsberegningene, men de kan justeres i Excel-verktøyet utviklet for NVE.

For varmtvann gjelder årsgjennomsnittlig energipris, siden varmtvannsforbruket er konstant over året. Energiprisen for varmtvann kan justeres enten direkte i inndataarket eller ved å bruke funksjonene for lav, middels og høy pris som er presentert i tabellen. Videre benytter vi en sesongjustert energipris, basert på historiske data som viser at energiprisen vanligvis er 25 % høyere om vinteren enn gjennomsnittet for året, og 25 % lavere om sommeren. Det prosentvise påslaget for varme (vinter) i forhold til varmtvann (årssnitt) kan også justeres.

Nivå	Varme [kr / kWh]	Varmtvann [kr / kWh]
Lav	1,00	0,80
Middels	1,25	1,00
Høy	1,63	1,30

Tabell 9 - Energipriser benyttet i verktøyet, kr/kWh eks. mva.

I Excel-verktøyet må man gjøre et valg for byggets spesifikke energibruk til hhv. oppvarming og varmtvann, som er kategorisert som lavt, middels eller høyt forbruk. Tabell 10 nedenfor viser de verdiene som er valgt for hver kategori. Verdiene er basert på data fra verktøyet PROFet v2.0, som er utviklet i forskningsprosjektet FME-ZEN, og som baserer seg på reelle forbruksdata innhentet fra en rekke eksisterende bygg. I PROFet kan man sette inn klimadata for ønsket klimasone, og få ut forbrukstall for hhv. oppvarming, varmtvann, kjøling og el. spesifikt for bygninger klassifisert som «regular», «efficient» og «very efficient». Disse dataene er vist i Excel-verktøyet for tre forskjellige klimasoner for å illustrere variasjonene i energiforbruket. Tabellverdiene i verktøyet kan justeres, slik at NVE har en fleksibel modell som kan tilpasses ulike forhold.

Når det gjelder varmtvannsforbruk, viser PROFet en gjennomsnittlig verdi på 40 kWh/m² for blokkleiligheter og 20 kWh/m² for småhus, uavhengig av klassifisering (nybygg / eksisterende). Man kan tenke seg at nybygg kan være utstyrt med mer effektive varmtvannssystemer, men det er det ikke gode erfaringstall på. Normerte verdier ifølge NS 3031:2014 ligger på 30 kWh/m², mens den nye standarden SN-NSPEK 3031:2023 setter nettoforbruket til 25 kWh/m², som med tap i distribusjons- og akkumuleringssystem vil medføre bruttoforbruk på minst 30 kWh/m². Valget av nivå for varme- og varmtvannsbruk har selvsagt en stor innvirkning på lønnsomhetsanalysene, da for eksempel en 10 % besparelse ved et høyt forbruk på 155 kWh/m² vil være betydelig mer økonomisk gunstig for tiltaket enn samme prosentvise besparelse ved et lavt forbruk på 85 kWh/m².

Nybygg/Eksisterende	Nivå	Varme [kWh / m ² BRA]	Varmtvann [kWh / m ² BRA]
Nybygg	Lav	45	20
Nybygg	Middels	65	30
Nybygg	Høy	85	40
Eksisterende	Lav	85	20
Eksisterende	Middels	120	30
Eksisterende	Høy	155	40

Tabell 10 – Nivåer for energiforbruk før implementering av individuell måling for varme og varmtvann.

Vurderinger av varmtvannsforbruk i boligselskaper viser at det kan variere betydelig mellom husholdninger, et forhold som flere boligselskaper har rapportert gir utslag i faktureringen. I mange tilfeller har disse variasjonene oversteget forventningene før implementeringen av individuelle målere. En viktig årsak til dette er de demografiske forskjellene blant beboerne. Et kollektiv på seks personer, en familie på fire og en enslig pensjonist kan ha svært ulike behov for varmtvann, selv om de bor i tilnærmet like leiligheter. For oppvarming er forskjellene i energibruk ofte mindre, siden de fleste beboere har lignende preferanser for inneklime og temperatur, men også her er det forskjeller i valgt innetemperatur og vinduslufting eksempelvis. Verktøyet som er utviklet i forbindelse med denne studien, gir mulighet til å justere nivåene på varmtvannsforbruk for å tilpasse beregningene til slike variasjoner.

Reduksjon i varmtvannsforbruk gir kostnadsbesparelse både for redusert energibehov til varmtvannsoppvarming (kWh) og i form av redusert vannvolum dvs. redusert vann- og avløpsavgift. Energibehov for varmt tappevann [kWh/m³ vann] for produksjon samt distribusjons- og akkumuleringstap, vil variere fra bygg til bygg. En av leverandørene for individuell måling bruker erfaringstall på 70 kWh/m³ vann, og vi har valgt å benytte det samme.

Vann- og avløpsgebyrene i Norge fastsettes av hver enkelt kommune, og det er betydelige variasjoner i gebyrsatser mellom kommunene. Gebyrene dekker kostnadene for produksjon, vedlikehold og drift av vann- og avløpsinfrastrukturen og følger selvkostprinsippet, som innebærer at gebyrene skal dekke kostnadene uten å gi overskudd. Dette gir kommunene fleksibilitet til å justere gebyrene etter lokale behov og investeringer i infrastrukturen.

Det er forventet at vann- og avløpsgebyrene vil øke fremover, særlig på grunn av behovet for omfattende oppgraderinger av en aldrende vann- og avløpsinfrastruktur i mange deler av landet. Investeringene skyldes både nødvendig vedlikehold og nye krav til vannkvalitet, miljøhensyn, og robuste systemer for å møte økt risiko for flom og ekstremvær. I verktøyet som benyttes for lønnsomhetsberegningene, er det mulig å justere disse gebyrene etter verdiene som vises i Tabell 11. Ved større fremtidige endringer kan man oppdatere vann- og avløpsgebyrene via inndata-arket.

Nivå	Gebyr [kr/m ³]
Lav	25
Middels	40
Høy	65

Tabell 11 - Vann- og avløpsgebyrer benyttet i verktøyet.

Verktøyet inkluderer også justeringsmuligheter for andre faktorer som antall vanninntak per leilighet og tettheten av radiatorer, som begge påvirker antall målepunkt og dermed investeringskostnad. Standardinnstillingene er satt til ett vanninntak per leilighet og én radiator per 18 kvadratmeter, men for eldre bygg kan det være hensiktsmessig å endre disse for mer presise beregninger.

Kalkulasjonsrenten kan også evt. justeres, men er i utgangspunktet satt lik 4 % som er i henhold til Samfunnsøkonomiske analyser (DFØ, 2023) og rundskriv R109/2021 fra Finansdepartementet.

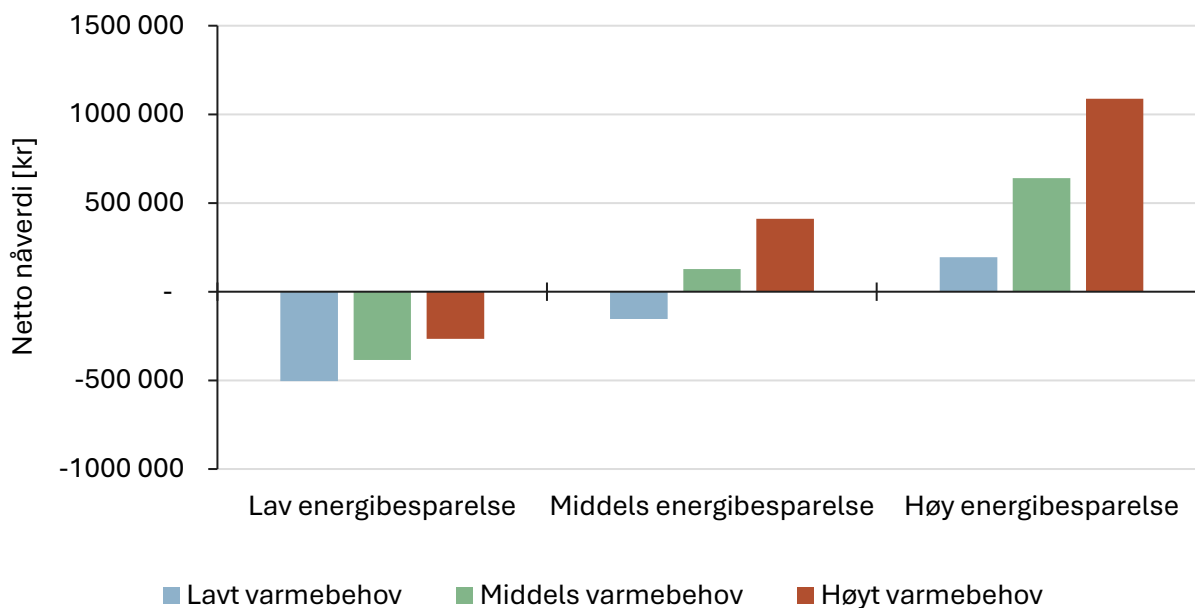
8.2 Lønnsomhetsvurdering for nybygg

Som nevnt informerer boligbyggelagene om at de fleste nye boligblokker som bygges i dag, blir utstyrt med individuell måling. Dette medfører en ekstra kostnad, men den er lavere sammenlignet med kostnaden for å ettermontere slike systemer i eksisterende bygg. I løpet av prosjektet har vi bedt leverandører om å prise tre ulike case for nybyggprosjekter, som ifølge leverandørene representerer de mest vanlige løsningene på markedet: én case med 5-rørs- eller 3-rørssystem med energimålere for varme og fordelingsmåler for varmtvann (case 1), én case med 3-rørssystem med felles

energimåler for både varme og varmtvann (case 2), samt én case med bruk av fordelingsmålere for både varme og varmtvann (case 3). Det benyttes samme energibesparelse i disse tre casene.

I lønnsomhetsberegningene er det både for nybygg og eksisterende bygg tatt utgangspunkt i prosjekter med boligselskaper bestående av 100 leiligheter, hver med en gjennomsnittlig størrelse på 72 kvadratmeter. Energipris er satt til middels nivå, vann- og avløpskostnader er satt til et middels nivå, og det er benyttet en modell med årlig avregning. Kalkulasjonsrenten i beregningene er fastsatt til 4 %.

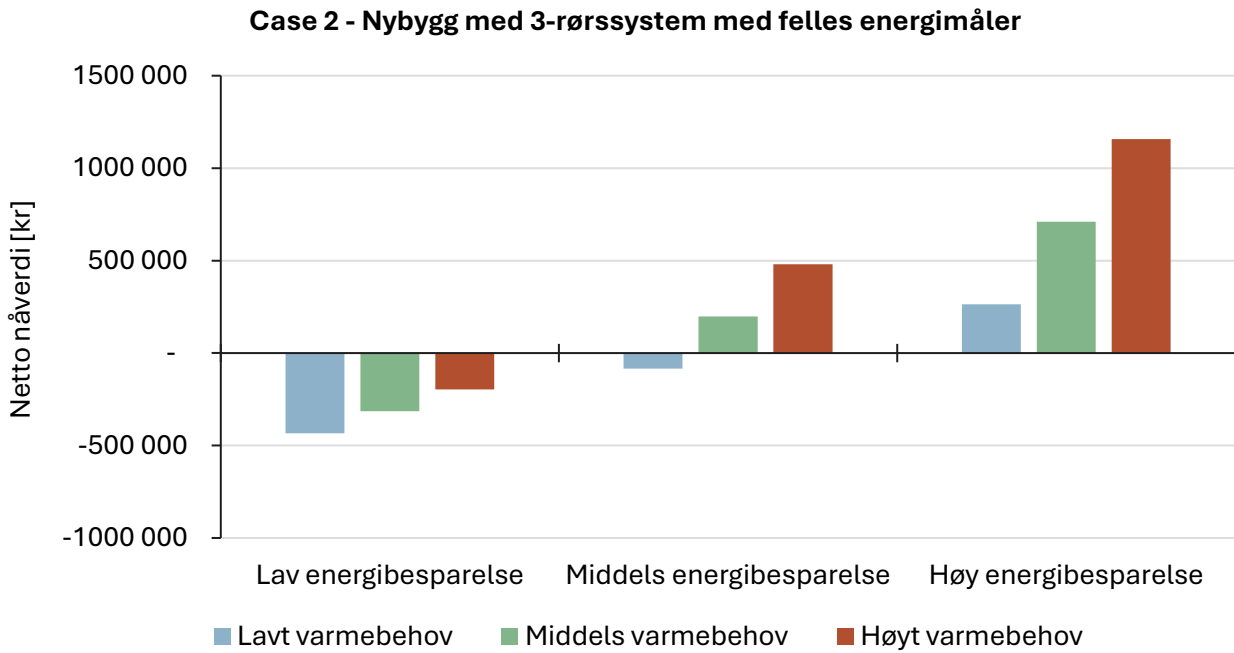
Case 1 - Nybygg med energimåler varme og fordelingsmåler varmtvann



Figur 8 - Lønnsomhetsberegninger for case 1 - Nybygg. Det forutsettes: middels energipris og middels vann- og avløpsgebyrer.

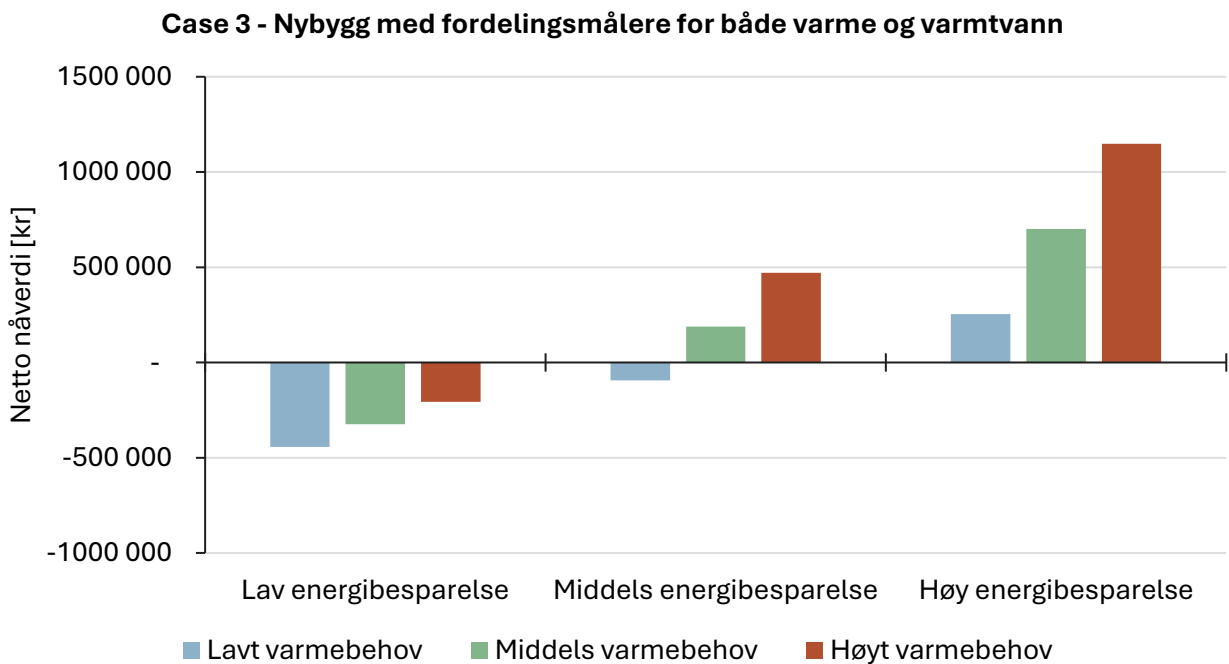
Resultatene for case 1, som omfatter nybygg med enten 5-rørs- eller 3-rørssystem og bruk av energimålere for varme samt fordelingsmålere for varmtvann, vises i figur 8. Ifølge leverandøren er denne løsningen den mest representative for nybyggprosjekter i dagens marked. Resultatene viser at tiltaket ikke vil være lønnsomt ved lav energibesparelse for både varme og varmtvann i noen av scenariene. Ved middels energibesparelse oppnås lønnsomhet i bygg som ikke tilhører de mest energieffektive. Ved høy energibesparelse blir tiltaket lønnsomt for alle energitilstander, inkludert svært energieffektive bygg med lavt varmebehov. Dette viser at individuell måling ikke er lønnsomt i alle nybygg, men at lønnsomheten naturlig nok er helt avhengig bygningsmassens faktiske varme- og varmtvannsbehov, og av hvor stor energibesparelse som vil oppnås.

Statkraft Varme er blant selskapene som leverer en standardløsning for 3-rørssystemer. Dette systemet muliggjør måling av både varme og varmtvann med én enkelt måler, noe som kan bidra til å redusere installasjonskostnadene. Løsningen er foreløpig begrenset til nybygg, ettersom de fleste eksisterende bygg benytter tradisjonelle 5-rørssystemer. Resultatene fra lønnsomhetsberegningene for case 2, nybygg med 3-rørssystem og felles energimålere, er vist i figur 10. Lønnsomheten er generelt noe bedre enn for case 1, selv om grenseverdiene for lønnsomhet fortsatt er like. Med lav energibesparelse er det fortsatt ikke mulig å oppnå lønnsomhet uavhengig av byggets varmebehov. Lavt varmebehov fordrer fortsatt høy energibesparelse for at tiltaket skal oppnå lønnsomhet.



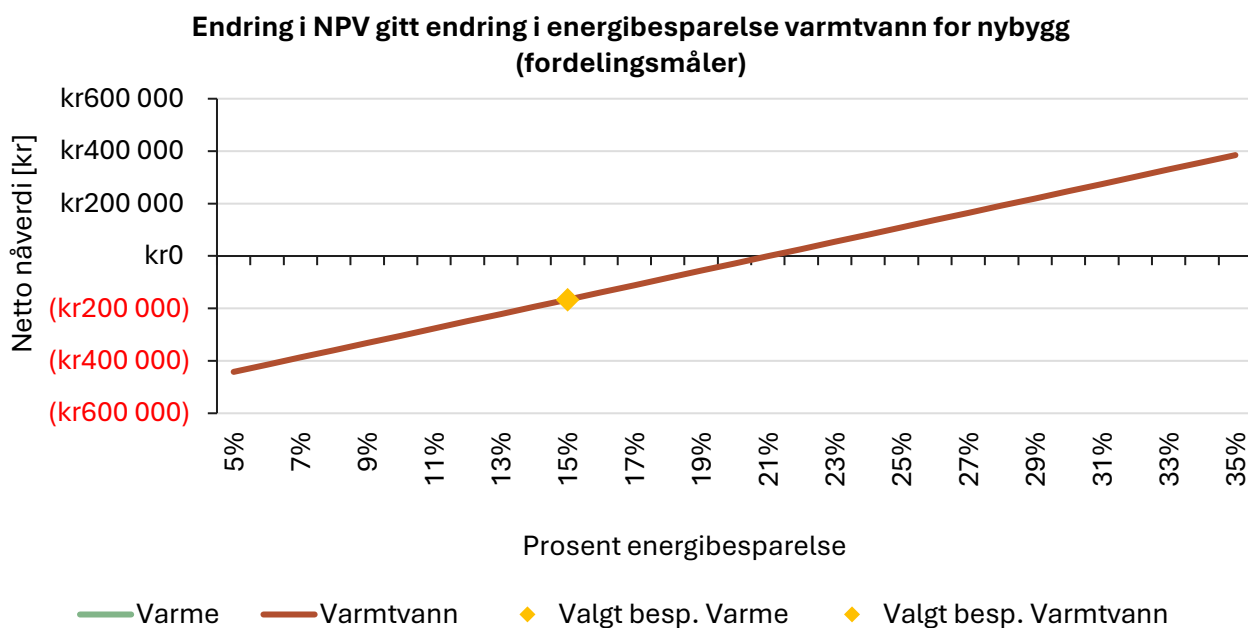
Figur 10 - Lønnsomhetsberegninger for case 2 - Nybygg. Det forutsettes: middels energipris og middels vann- og avløpsgebyrer.

I enkelte prosjekter velges fordelingsmålere for både varme og varmtvann i nybygg som en kostnadsbesparende løsning. Kostnadsinnsamling fra leverandører viser at investeringskostnadene for slike prosjekter kun er omtrent 100 kroner høyere per leilighet sammenlignet med 3-rørsløsningen beskrevet tidligere. Resultatene fra lønnsomhetsberegningene for case 3, nybygg med 5-rørssystem og fordelingsmålere for både varme og varmtvann, presenteres i figur 9. Lønnsomheten for denne modellen er generelt på nivå med case 2, med minimale forskjeller.



Figur 9 - Lønnsomhetsberegninger for case 3 - Nybygg. Det forutsettes: middels energipris og middels vann- og avløpsgebyrer.

Verktøyet åpner også for beregning av lønnsomhet i tilfeller der man velger kun individuell måling av varme eller varmtvann. Dette kan være aktuelt da oppvarmingsbehovet i nybygg ofte er lavt. I slike tilfeller, hvor det kun installeres en måler per leilighet for varmtvann, er investeringskostnaden redusert til 2 150 kroner for energimålere og 1 500 kroner for fordelingsmålere, hvor sistnevnte er den vanligste løsningen. Driftskostnadene holdes imidlertid uendret, da disse i stor grad er faste og ikke påvirkes av antall målepunkter. For at besparelsen i tappevannsforbruk alene skal dekke investerings- og driftskostnadene, kreves en reduksjon på 21 % i varmtvannsforbruket ved bruk av fordelingsmålere, gitt et middels varmtvannsbehov. Figuren nedenfor illustrerer følsomheten i energibesparelse for varmtvann og viser hvordan lønnsomheten varierer med endringer i prosent



besparelse.

Figur 11 - Lønnsomhet for implementering av måling på varmtvann i nybygg gitt ulike energibesparelser. Det forutsettes: middels energipris, middels energibesparelse, middels varmebehov og middels vann- og avløpsgebyrer.

8.3 Lønnsomhetsvurdering for eksisterende bygg

I eksisterende bygg varierer kompleksiteten for ettermontering av energimålere betydelig. I nyere bygg, som for eksempel ti år gamle prosjekter, kan installasjon av energimålere være relativt ukomplisert på grunn av enkel tilgang til installasjonspunkter og ett vanninntak per leilighet. I andre bygg, som eksempelvis Ustmyra borettslag i Trondheim, har enkelte leiligheter derimot opptil syv vanninntak, noe som øker kostnadene og utfordringene ved ettermontering. Disse store variasjonene gjør det utfordrende å gi en generell vurdering av lønnsomheten ved ettermontering av energimålere i eldre bygg. Verktøyet utviklet for NVE tar derfor hensyn til denne kompleksiteten ved å tillate justering av ulike parametere, slik at hvert bygg kan vurderes individuelt.

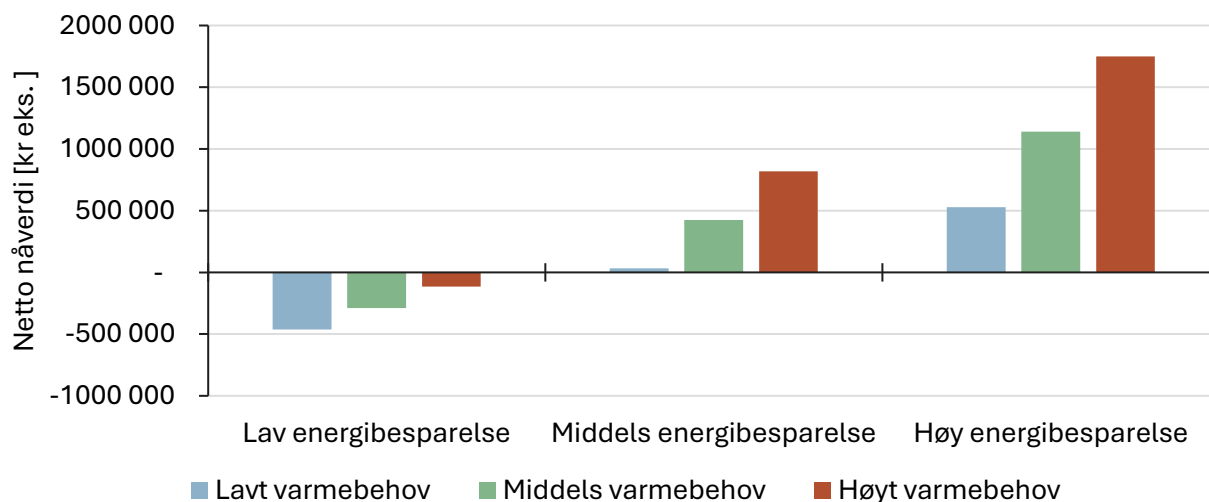
Leverandørene har blitt bedt om å prise to caser for eksisterende bygg, som ifølge leverandørene representerer de mest vanlige løsningene på markedet: én case der hver leilighet har ett vanninntak og bruker energimålere for varme og fordelingsmålere for varmtvann (case 1), og én case hvor fordelingsmålere benyttes for både varme og varmtvann (case 2). I eldre bygg er varmerør ofte ført opp

langs fasadene, noe som gjør det lite hensiktsmessig å installere energimålere på hver radiator. For slike bygg er radiatormålere ofte den mest kostnadseffektive løsningen.

Lønnsomhetsberegningene for eksisterende bygg tar utgangspunkt i boligselskap med 100 leiligheter på i gjennomsnitt 72 kvadratmeter. For beregningene er det forutsatt ett vanninntak per leilighet, men det kan bemerkes at i større leiligheter i eldre bygg ofte er flere enn ett. Videre har vi antatt at det er nødvendig å installere en hovedmåler til en kostnad på 12 000 kroner. Energipris er satt til middels nivå, vann- og avløpskostnader er satt til middels nivå, og det er brukt en modell med årlig avregning. Kalkulasjonsrenten er fastsatt til 4 % for å reflektere realistiske økonomiske forhold.

For nyere bygg med sentraliserte stigeledninger i stedet for fasadefordeling kan det være aktuelt å installere energimålere for varme. Ifølge leverandørene benyttes det likevel ofte fordelingsmålere for varmtvann i slike tilfeller. Lønnsomhetsvurderingen for Case 1 for eksisterende bygg, som inkluderer energimålere for varme og fordelingsmåler for varmtvann, er vist i Figur 12. Figuren viser at individuell måling er lønnsomt ved alle varmebehovsnivåer når det legges til grunn middels besparelse for både varme og varmtvann. Ved høy besparelse kombinert med høyt varmebehov gir tiltaket spesielt høy lønnsomhet, med en nedbetalingstid på under 1,6 år i slike tilfeller. Resultatene indikerer at individuell måling er mer lønnsomt i eksisterende bygg enn i nybygg, primært på grunn av høyere energibehov i eldre bygg. Dette større energibehovet kompenserer for de økte installasjonskostnadene.

Case 1- Eksisterende bygg med energimålere for varme og fordelingsmålere for varmtvann

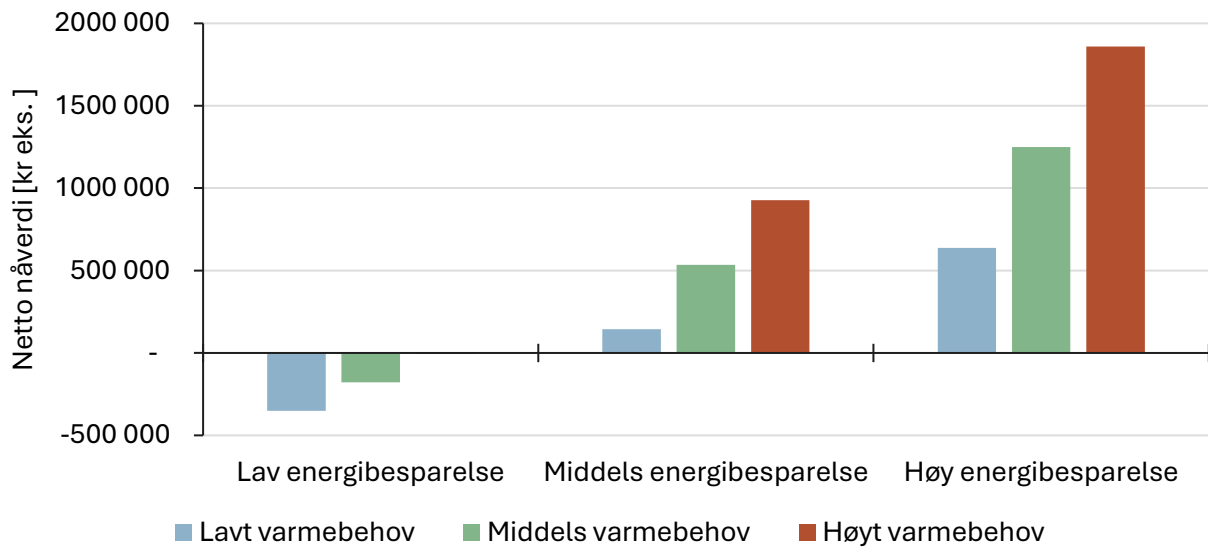


Figur 12 - Lønnsomhetsberegning Case 1 - Eksisterende bygg. Det forutsettes: middels energipris, middels vann- og avløpsgebyrer og installasjon av en hovedmåler.

Datainnsamlingen viser at de fleste eksisterende bygg som implementerer individuell måling, velger fordelingsmålere, som radiatormålere og mekaniske vingehjulsmålere til varmtvann. Dette er ofte den eneste kostnadseffektive løsningen som gir positiv lønnsomhet. Case 2 for eksisterende bygg er derfor basert på det leverandørene beskriver som den vanligste løsningen. Resultatet for case 2 – eksisterende bygg med fordelingsmålere for varme og varmtvann er vist i Figur 13. Resultatene viser at kravet til energibesparelse for å oppnå lønnsomhet er lavere ved bruk av fordelingsmålere enn ved energimålere i eksisterende bygg. Nedbetalingstiden i scenarioet med høy lønnsomhet og høyt energibehov er redusert til 1,2 år, mens ved middels energibesparelse og middels varmebehov ligger nedbetalingstiden på omtrent 3 år.

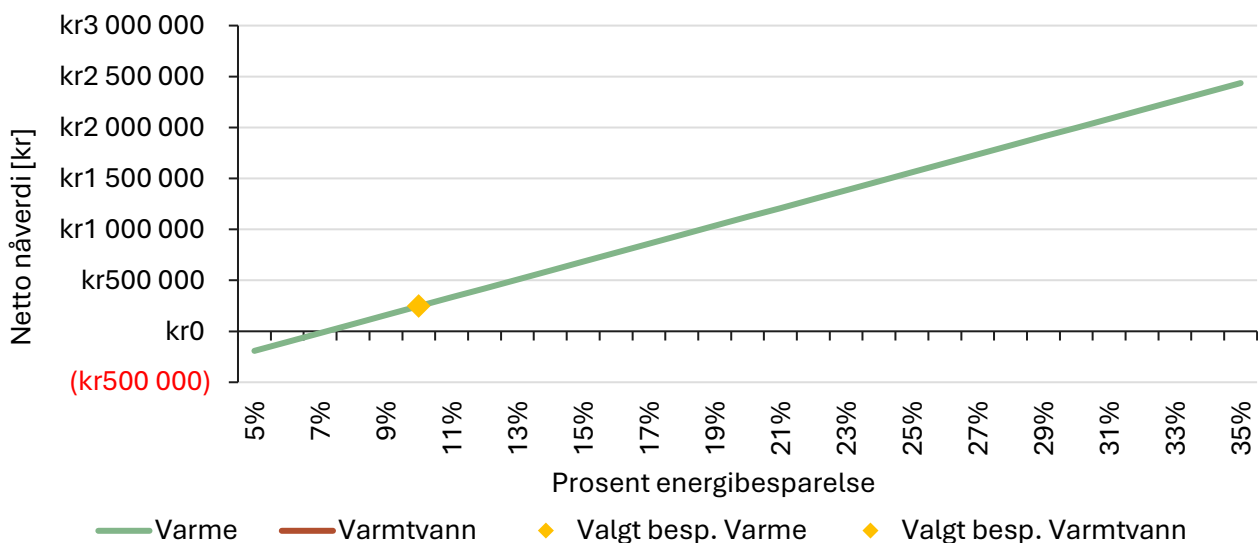


Case 2- Eksisterende bygg med fordelingsmålere for varme og varmtvann



Figur 13 - Lønnsomhetsberegninger Case 2 - Eksisterende bygg. Det forutsettes: middels energipris, middels vann- og avløpsgebyrer og installasjon av en hovedmåler.

Verktøyet gjør det også mulig å beregne lønnsomheten for tilfeller der man kun installerer energimålere eller fordelingsmålere for enten varme eller varmtvann. For eksisterende bygg med høyt varmebehov kan det for eksempel være aktuelt å installere målere kun for varme. Dette gjelder spesielt for eldre bygg, hvor man ofte installerer fordelingsmålere på radiatorer for å fordele oppvarmingskostnadene. I dette scenariet reduseres investeringskostnaden til 2 000 kroner for leilighet med radiatormålere på fire radiatorer. I likhet med varmtvannsmålere for nybygg reduseres ikke driftskostnadene, da disse i stor grad er faste og uavhengige av antall målepunkter. For at besparelsen i varmeforbruket alene skal dekke investerings- og driftskostnadene, kreves en reduksjon i varmeforbruket på 7,2 % ved middels varmebehov. Figuren nedenfor illustrerer følsomheten i energibesparelse for varme i eksisterende bygg med middels varmebehov, og viser hvordan lønnsomheten varierer med endringer i prosent besparelse.



Figur 14 - Lønnsomhet for implementering av måling på varme i eksisterende bygg gitt ulike energibesparelser. Det forutsettes: middels energipris, middels energibesparelse, middels varmebehov og middels vann- og avløpsgebyrer. Eksempelet inkluderer ikke hovedmålere.

8.4 Sensitivitet

Som analysene viser, vil implementering av individuell måling være lønnsomt dersom tiltaket fører til høy energibesparelse, uavhengig av byggets opprinnelige varmebehov. På den motsatte enden av skalaen, vil tiltaket ikke være lønnsomt derom tiltaket kun fører til lav energibesparelse, som her er definert som 5 % for både varme og varmtvann.

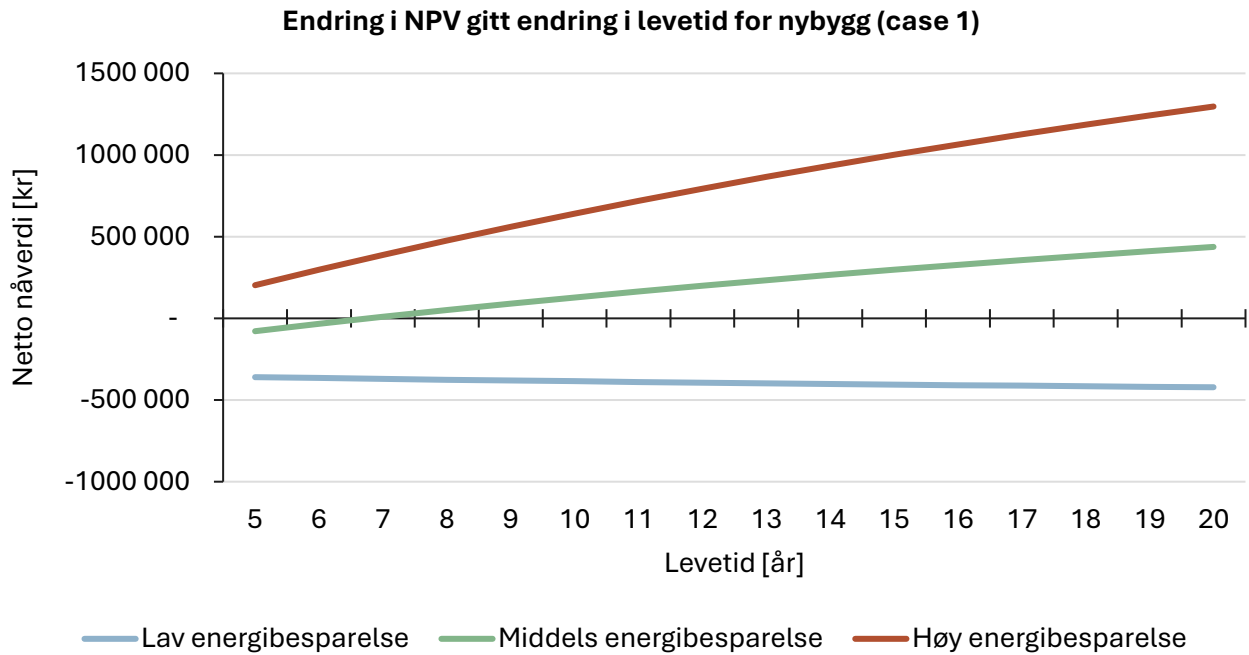
Ved middels energibesparelse varierer lønnsomheten basert på faktorer som typen målere som benyttes, byggets eksisterende varmebehov, og om det gjelder nybygg eller eksisterende bygg. En viktig forutsetning i denne analysen er antakelsen om at eksisterende bygg kun har ett vanninntak per leilighet, noe som reduserer behovet for antall vannmålere og dermed bidrar positivt til kostnadsbildet.

Verktøyet utviklet for NVE legger til rette for analyser av sensitiviteten for alle scenarioer, der formålet er å vurdere hvordan lønnsomheten endres med variasjoner i gjennomsnittlig leilighetsstørrelse, levetid på målerutstyr, energibesparelser, investeringskostnader, årlige driftskostnader og energipriser. Sensitivitetsanalysen utføres ved å justere én parameter av gangen, mens øvrige faktorer holdes konstante iht. valgene gjort i verktøyet. Sensitivitetsanalysen kan videre benyttes til å illustrere hvilke kostnader leverandører kan ta for sine tjenester, eller hvilken levetid målerne må ha for at tiltaket skal bli samfunnsøkonomisk lønnsomt – også ved lav energibesparelse. For å demonstrere resultatene fra verktøyet er det inkludert eksempler fra de mest representative scenarioene for både nybygg og eksisterende bygg. Nybygg illustreres med energimåler for varme og fordelingsmåler for varmtvann (Case 1 – nybygg), mens resultatene for eksisterende bygg er basert på scenarioet med fordelingsmålere for både varme og varmtvann (Case 2 – eksisterende bygg). Det er fremdeles lagt til grunn et boligselskap bestående av 100 leiligheter, der hver leilighet har et gjennomsnittlig areal på 72 kvadratmeter og er utstyrt med fire radiatorer. I analysene er vann- og avløpskostnadene til et middels nivå, med årlig avregning og en kalkulasjonsrente på 4 %.

Endring av levetid

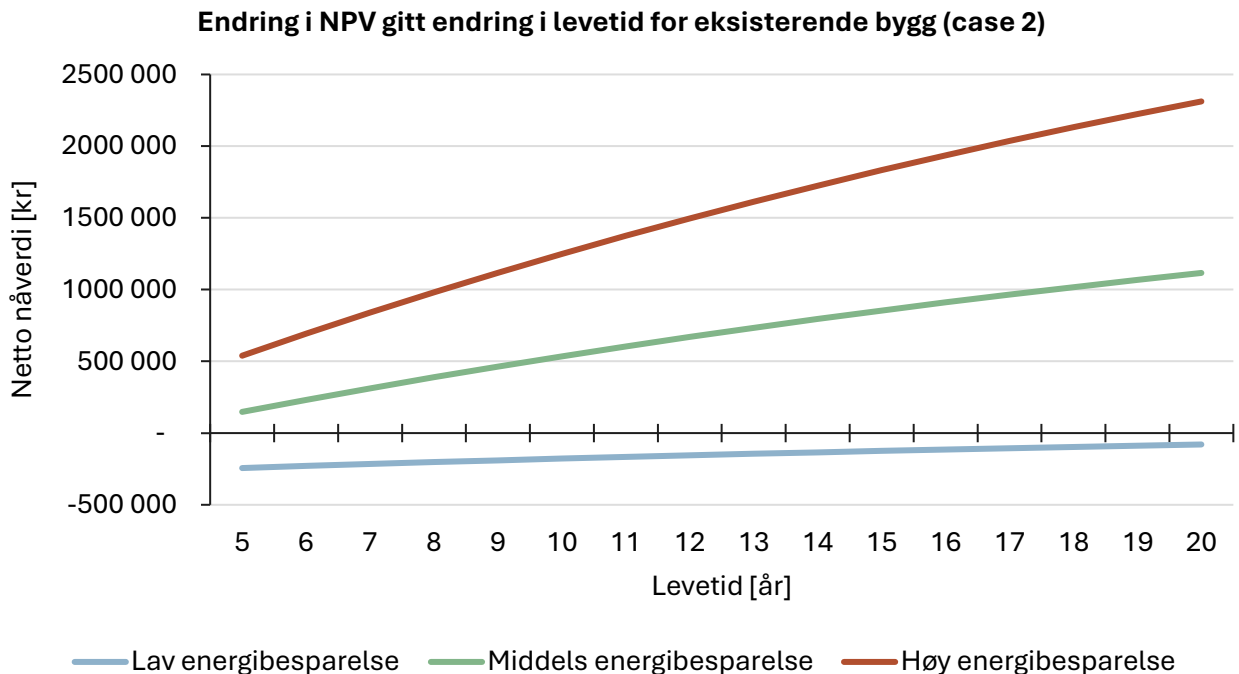
Samtaler med ulike leverandører har gjort det klart at levetid og forbedringer innen batteriteknologi er blant deres viktigste fokusområder. I utgangspunktet er det lagt til grunn en levetid på 10 år. Likevel oppgir flere leverandører en forventet levetid på målere til 12 år, med mulighet for å nå opptil 15 år med dagens teknologi. For å undersøke hvordan levetid påvirker lønnsomheten, har vi utført en sensitivitetsanalyse som illustrerer hvordan økt levetid forbedrer lønnsomheten.

Sensitivitetsanalysen er visualisert i figur 15 for nybygg og figur 16 for eksisterende bygg, der netto nåverdier er beregnet under forutsetningene om lav, middels og høy energibesparelse, og der alle scenarier er basert på et middels energibehov og middels energipris. Analysen viser at for nybygg vil prosjektet være lønnsomt ved høy energibesparelse uavhengig av levetid, mens for middels besparelse kreves en levetid på minst 7,5 år for å oppnå lønnsomhet. Ved lav energibesparelse er lønnsomheten imidlertid negativ hvert år, noe som indikerer at prosjektet ikke vil oppnå positiv økonomisk verdi selv med økt levetid, da de løpende kostnadene overstiger de årlige besparelsene.



Figur 15 - Endring i lønnsomhet gitt endring i levetiden for målerne ved lav, middels og høy energibesparelse. Det forutsettes: middels energipris, middels varmebehov og middels vann- og avløpsgebyrer.

For eksisterende bygg med høy energibesparelse viser analysen en nedbetalingstid på kun ett år. Ved middels energibesparelse oppnås lønnsomhet innen omtrent tre år. Ved lav energibesparelse peker analysen på at lønnsomhet kan oppnås, men først etter en levetid på rundt 20 år.

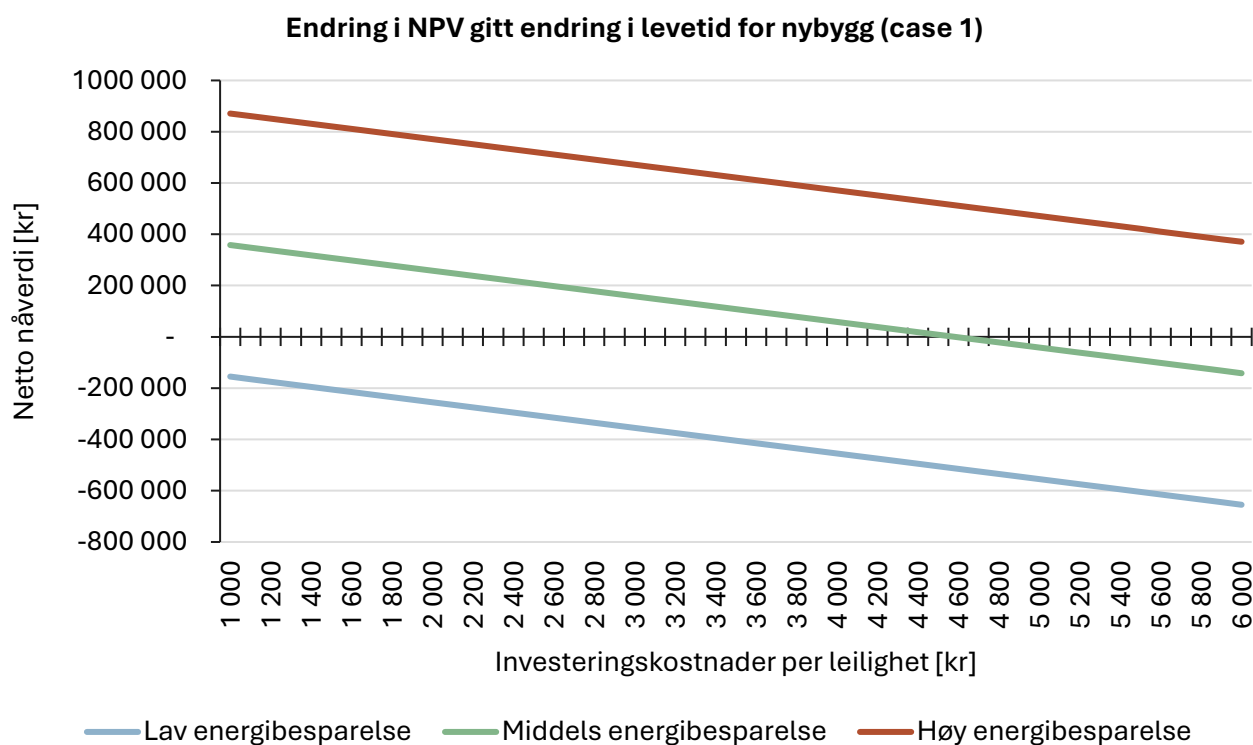


Figur 16 - Endring i lønnsomhet gitt endring i levetiden for målerne ved lav, middels og høy energibesparelse. Det forutsettes: middels energipris, middels varmebehov, middels vann- og avløpsgebyrer samt installasjon av en hovedmåler.

Endring i investeringskost

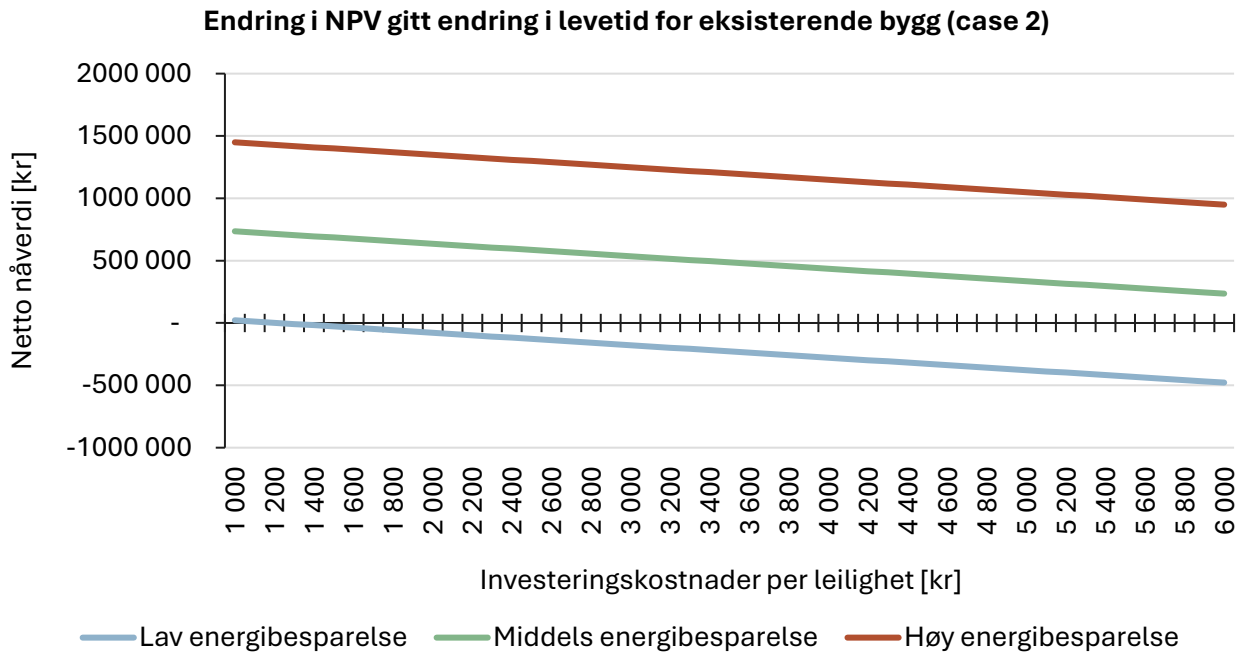
Leverandørene informerer om at de forventer ytterligere kostnadsreduksjoner innen målerteknologi, altså at trenden trolig vil fortsette. For å undersøke påvirkningen fra dette, har vi gjennomført en sensitivitetsanalyse som vurderer hvordan lønnsomheten endres med endring i investeringskostnadene. I vurderingen av investeringskostnader, oppgitt som kostnad per leilighet, viser analysen hva leverandørene må holde seg innenfor for å sikre lønnsomhet for brukerne, gitt at alle andre faktorer holdes konstante, inkludert årlige driftskostnader på 530 kr per leilighet eks. mva.

Resultatene for nybygg er vist i figuren nedenfor, og indikerer at investeringskostnaden må reduseres til under 1 000 kr eks. mva per leilighet for at tiltaket skal være lønnsomt ved lav energibesparelse, middels energibehov og middels energipris. Ved middels energibesparelse er tiltaket lønnsomt dersom kostnadene ikke overstiger 4 800 kr eks. mva, noe som omfatter alle scenarioene vi har undersøkt, med en høyeste kostnad på 4 100 kr eks. mva per leilighet i de dyreste prosjektene i våre caser. Ved høy energibesparelse er tiltaket lønnsomt selv ved investeringskostnader på opptil 6 000 kr eks. mva per leilighet, som representerer den øvre kostnadsgrensen i vår analyse.



Figur 17 - Endring i lønnsomhet gitt endring i investeringskostnad ved lav, middels og høy energibesparelse. Det forutsettes: middels energipris, middels varmebehov og middels vann- og avløpsgebyrer.

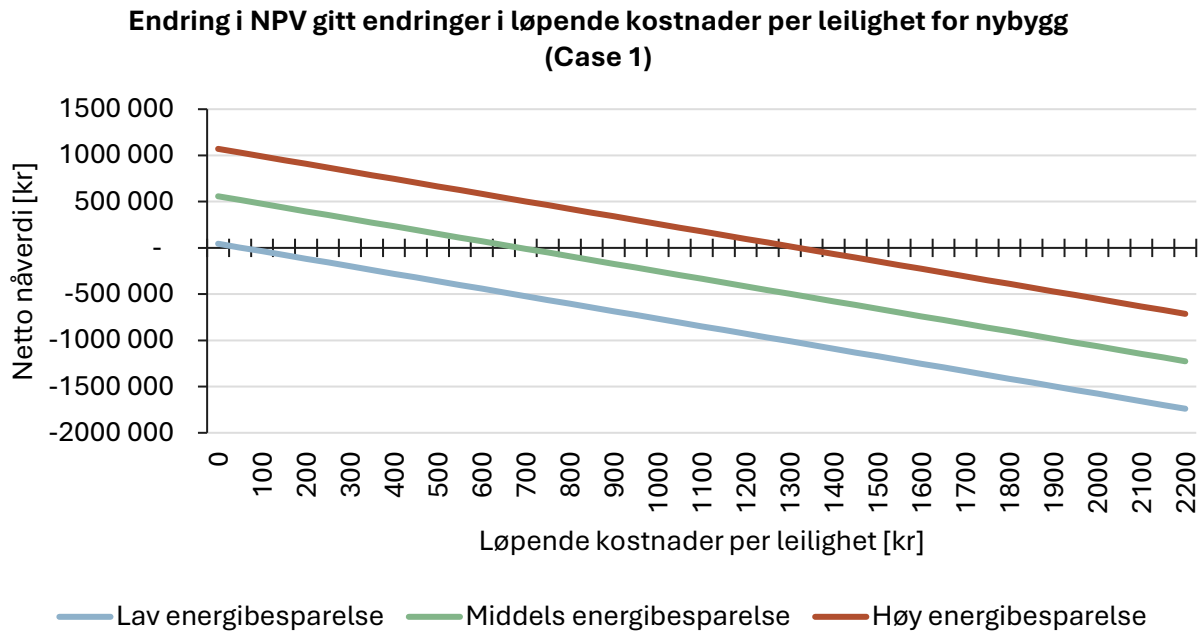
For eksisterende bygg er sensitivitetsanalysen vist i figur 18. Resultatene viser lønnsomme prosjekter kan realiseres selv ved lav energibesparelse og middels energibehov, forutsatt at installasjonskostnadene reduseres fra dagens 3 000 kr eks. mva per leilighet til under 1 300 kr eks. mva.



Figur 18 - Endring i lønnsomhet gitt endring i investeringskostnad ved lav, middels og høy energibesparelse. Det forutsettes: middels energipris, middels varmebehov, middels vann- og avløpsgebyrer samt installasjon av en hovedmåler.

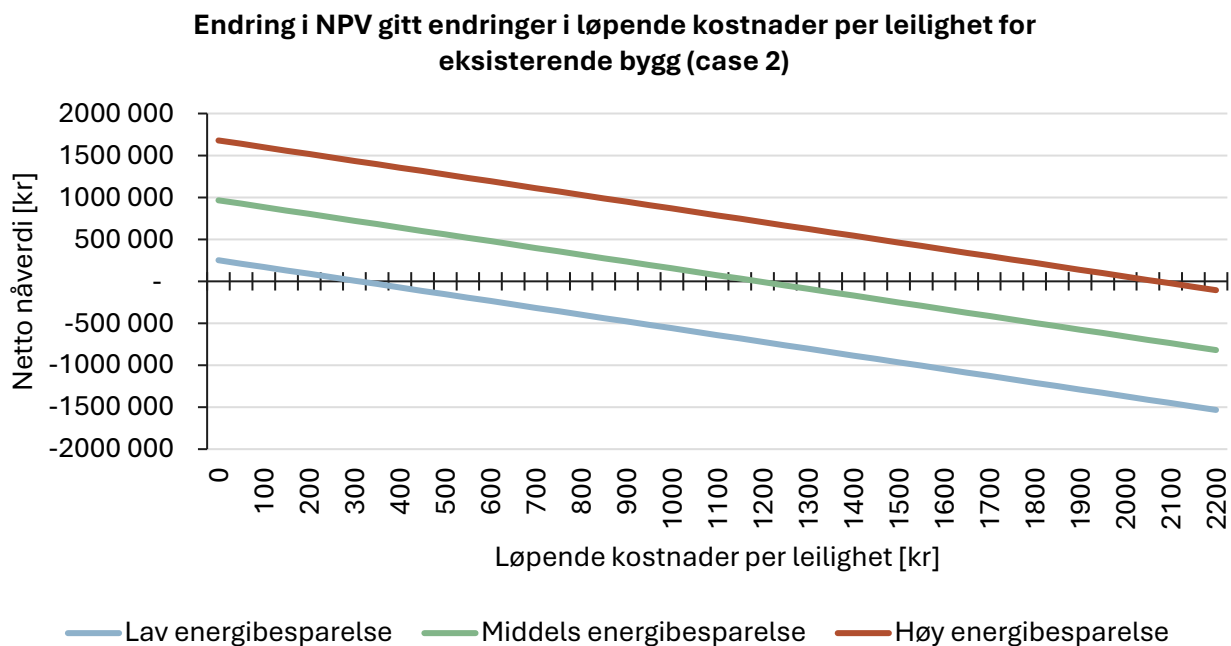
Endring i løpende utgifter

Reduksjon av løpende kostnader er et forventet resultat av økt effektivitet innen databehandling og integrasjon mellom avregningsleverandører og forretningsførere – en teknologi som er under utvikling og ventes implementert innen 2025. Denne utviklingen vil kunne bidra til raskere avregning og lavere årlige påslag på varmefakturaene til beboerne, noe som kan forbedre lønnsomheten ytterligere. Figur 19 viser hvordan lønnsomheten i nybyggprosjekter varierer ved endring av løpende kostnader per leilighet, med scenarier for lav, middels og høy energibesparelse, gitt middels energibehov og middels energipris. For bygg med lav energibesparelse er det særlig viktig å vurdere hvor mye de løpende kostnadene må reduseres for å oppnå lønnsomhet. Resultatene viser at kostnadene må ned til rundt 100 kr eks. mva per år per leilighet for at prosjektet skal være lønnsomt, selv ved lav energibesparelse. Med dagens prisnivå på 530 kr for årlig fakturering og 950 kr for månedlig fakturering, er det imidlertid lite sannsynlig at kostnadene kan reduseres nok til å sikre lønnsomhet for alle type prosjekter.



Figur 19 - Endring i lønnsomhet gitt endringer i løpende kostnader per leilighet for nybygg ved lav, middels og høy energibesparelse. Det forutsettes: middels energipris, middels varmebehov og middels vann- og avløpsgebyrer.

For eksisterende bygg, som ofte oppnår noe høyere energibesparelser, kan lønnsomhet realiseres med en årlig løpende kostnad på opptil 350 kr eks. mva per leilighet, gitt middels energibehov, middels energipris og lav energibesparelse. Resultatene for eksisterende bygg med fordelingsmåler for varme og varmtvann er illustrert i figuren nedenfor. Til sammenligning er dagens prisnivå på henholdsvis 530 kr for årlig fakturering og 950 kr for månedlig fakturering likt for både nybygg og eksisterende bygg. Denne analysen illustrerer hvor stor innvirkning teknologisk effektivisering og redusert løpende kostnad kan ha på økonomien i prosjekter med individuell måling.



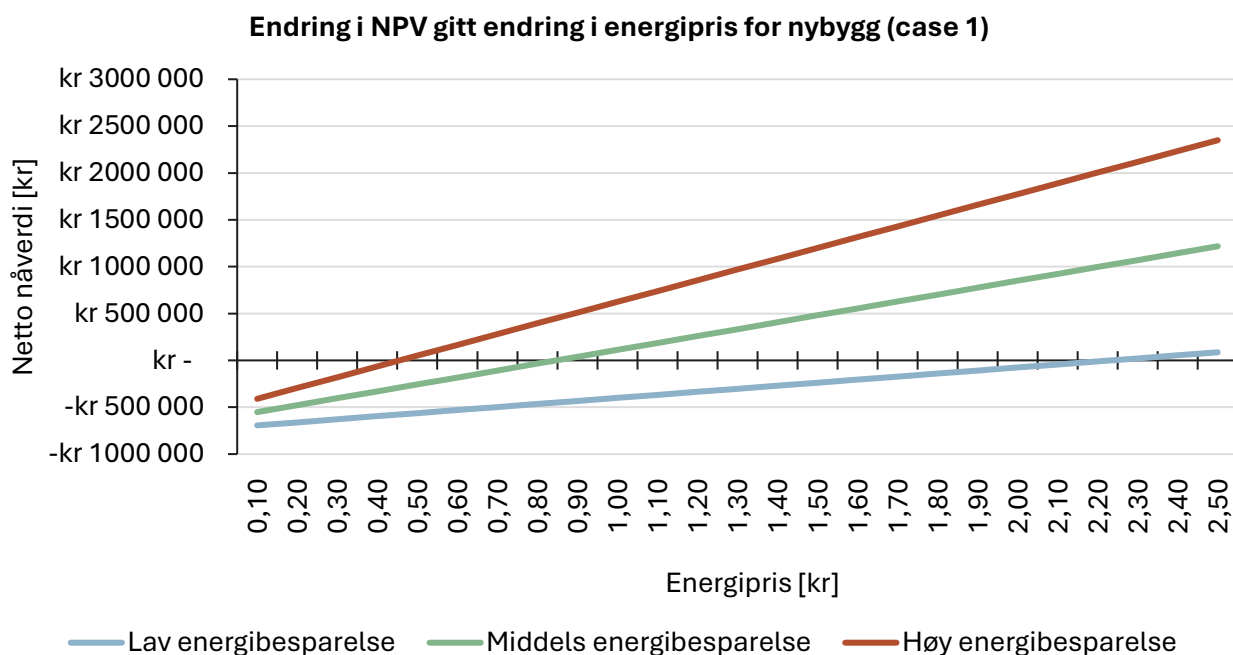
Figur 20 - Endring i lønnsomhet gitt endringer i løpende kostnader per leilighet for eksisterende bygg ved lav, middels og høy energibesparelse. Det forutsettes: middels energipris, middels varmebehov, middels vann- og avløpsgebyrer samt installasjon av en hovedmåler.

Endring i energipris

Energiprisen er en sentral parameter som har stor innvirkning på lønnsomhetsberegningene, da den direkte påvirker den økonomiske besparelsen ved tiltaket. Derfor er det gjennomført en sensitivitetsanalyse for å undersøke hvordan endringer i energiprisen påvirker lønnsomheten for både scenariet for nybygg- og for eksisterende bygg. I begge scenarier er energibehovet satt til middels nivå, med resultater vurdert for lav, middels og høy energibesparelse.

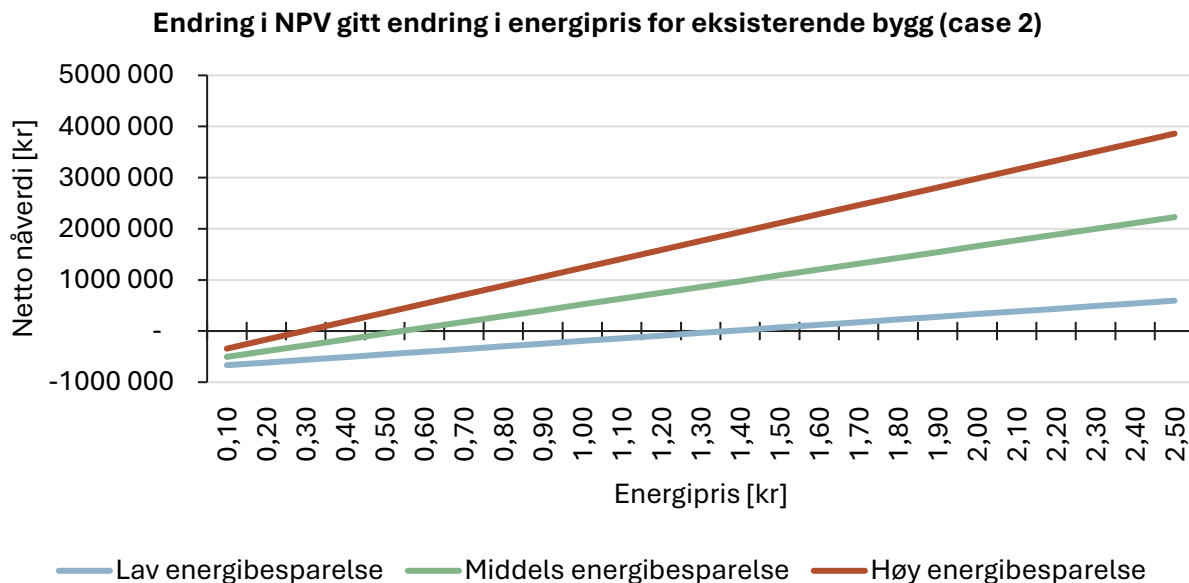
Sensitivitetsanalysen for nybygg med middels varmebehov, som presenteres i figuren nedenfor, illustrerer hvordan variasjoner i energipris påvirker lønnsomheten av prosjektet under ulike energispareforutsetninger. Når energibesparelsen er høy, viser analysen at prosjektet blir lønnsomt allerede ved en energipris på 50 øre/kWh eks. mva. Dette betyr at besparelsene er tilstrekkelige til å dekke både investeringskostnader og driftsutgifter, selv med en relativt lav energipris.

Ved middels energibesparelse, må energiprisen være rundt 85 øre/kWh eks. mva for at prosjektet skal oppnå lønnsomhet. Dersom energibesparelsen er lav (satt til 5 % for både varme og varmtvann), må energiprisen være over 2,25 kr/kWh for å oppnå lønnsomhet. Dette reflekterer at med lav besparelse vil det være nødvendig med en betydelig høyere energipris enn i dag og hva som er forventet i årene fremover, for at besparelsene skal overstige kostnadene.



Figur 21 - Endring i lønnsomhet gitt endring i energipris ved lav, middels og høy energibesparelse. Det forutsettes: middels energipris, middels varmebehov og middels vann- og avløpsgebyrer.

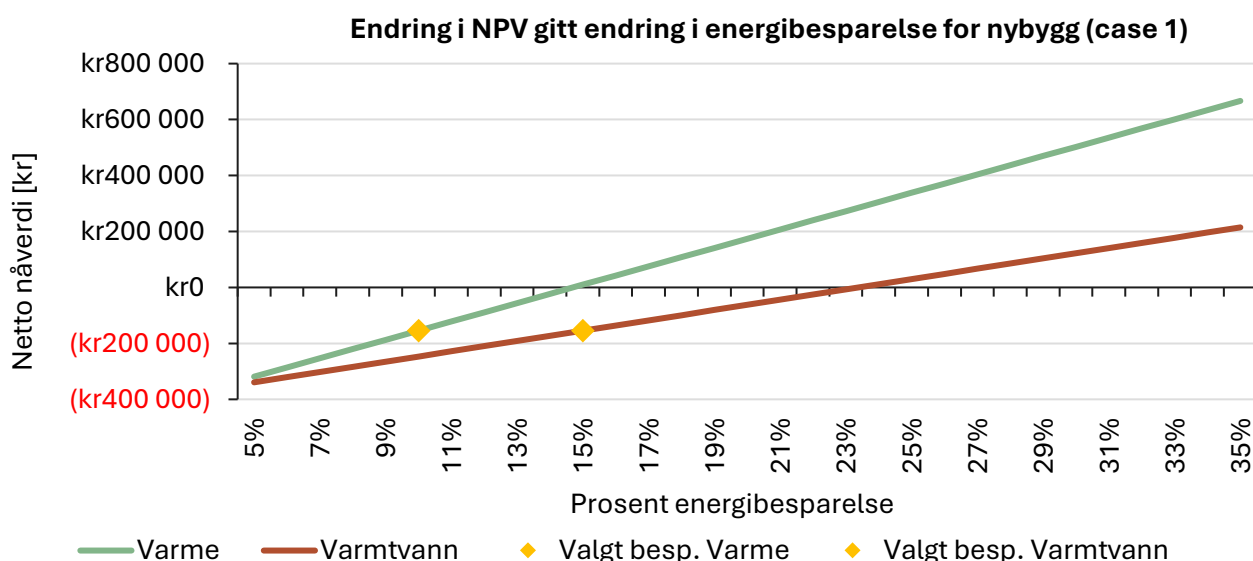
Sensitivitetsanalysen for eksisterende bygg, presentert i figuren nedenfor, viser at lønnsomheten oppnås ved lavere energiprisnivåer sammenlignet med nybygg. For bygg med høy energibesparelse er det tilstrekkelig med en energipris på 25 øre/kWh eks. mva for at prosjektet skal være lønnsomt. Ved middels energibesparelse er en energipris på rundt 55 øre/kWh eks. mva nødvendig for å dekke kostnader og oppnå lønnsomhet. I tilfeller der energibesparelsen er lav må energiprisen imidlertid øke til 1,35 kr/kWh eks. mva for å nå lønnsomhet. Dette resultatet illustrerer hvor høy energiprisen må være for å kompensere for lav besparelse i eksisterende bygg med middels energibehov.



Figur 22 - Endring i lønnsomhet gitt endring i energipris ved lav, middels og høy energibesparelse. Det forutsettes: middels energipris, middels varmebehov, middels vann- og avløpsgebyrer samt installasjon av en hovedmåler.

Endring i energibesparelse

Excel-verktøyet gir også mulighet til å beregne nødvendig energibesparelse for å oppnå lønnsomhet basert på dagens kostnadsnivå. Sensitivitetsanalysen tar igjen utgangspunkt i et scenario for nybygg med energimåler for varme og fordelingsmåler for varmtvann. I denne analysen antas et lavt varmebehov, ettersom dagens beregninger viser at lønnsomheten i slike tilfeller er begrenset. Det er benyttet middels energipris. Ved å benytte verktøyet ser vi at for å oppnå lønnsomhet med individuell måling av både varme og varmtvann, må energibesparelsen øke til henholdsvis 14,7 % for varme eller 23,4 % for varmtvann, forutsatt at den andre parameteren ligger stabilt på et middels besparelsesnivå. Resultatene er visualisert i figur 23, hvor de gule punktene markerer middels energibesparelse.

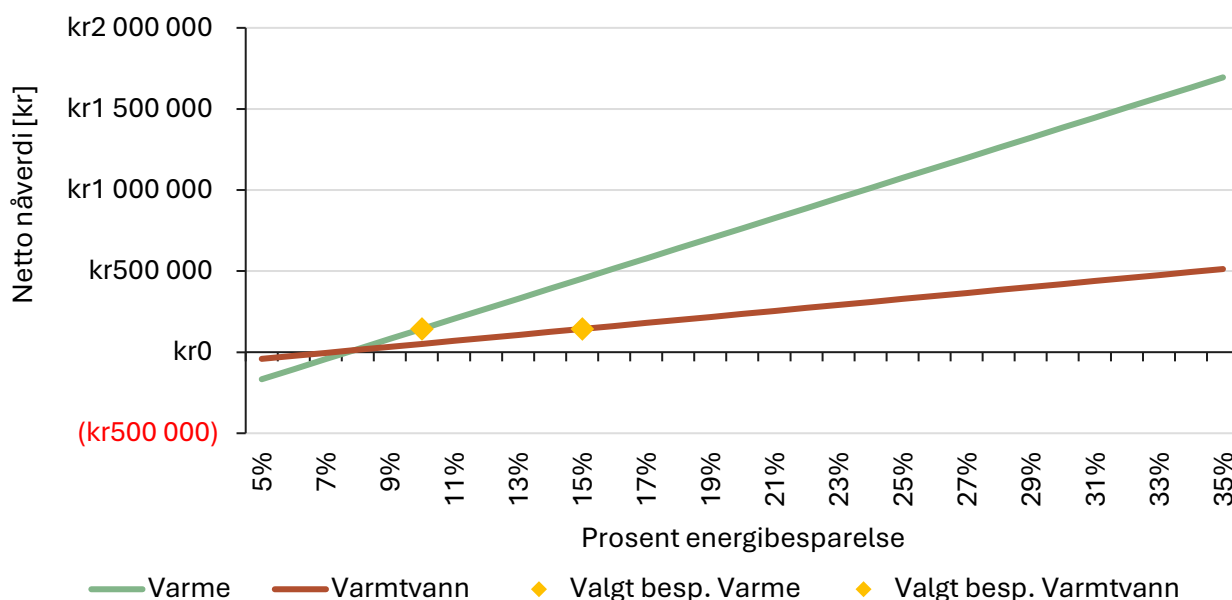


Figur 23 - Endring i NPV ved justering av energibesparelse for nybygg gitt lavt energibehov. Figuren viser hvordan netto nåverdi (NPV) påvirkes når energibesparelsen for varme justeres mens varmtvann holdes på middels besparelsesnivå, og omvendt. Det forutsettes: middels energipris, lavt varmebehov og middels vann- og avløpsgebyrer.

Hvis man vurderer å måle kun en av parameterne, viser resultatene et krav på 21 % energibesparelse for kun varme eller 31,4 % for kun varmtvann for å oppnå lønnsomhet. Dette ligger i det øvre sjiktet av hva som er registrert av energibesparelser i europeiske studier. Dermed er det lite realistisk å forvente lønnsomhet i tilfeller med lavt energibehov og individuell måling av kun én parameter.

En tilsvarende sensitivitetsanalyse er gjennomført for å vurdere hvordan lønnsomheten i eksisterende bygg påvirkes av energibesparelse, gitt bruk av fordelingsmålere for både varme og varmtvann. Analysen viser at tiltaket vil være økonomisk gunstig dersom varmebesparelsen overstiger 7,7 % eller dersom besparelsen for varmtvann er over 7,2 %. Disse verdiene faller innenfor hovedområdet av innsamlede data, hvilket gjør det sannsynlig at tiltaket vil være lønnsomt i mange bygg. Individuell måling anses derfor lønnsomt i eksisterende bygg med lavt energibehov, forutsatt at det ikke foreligger kompliserende faktorer som flere vanninntak. Resultatene er illustrert i figur 24 nedenfor.

Endring i NPV gitt endring i energibesparelse for eksisterende bygg (case 2)

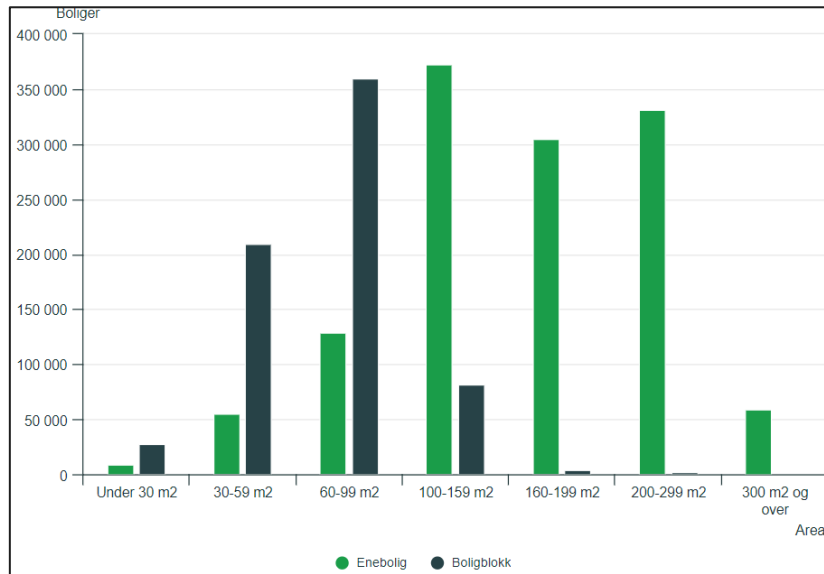


Figur 24 - Endring i NPV ved justering av energibesparelse for eksisterende bygg gitt lavt energibehov. Det forutsettes: middels energipris, lavt varmebehov, middels vann- og avløpsgebyrer samt installasjon av en hovedmåler.

Dersom måling kun implementeres for enten varme eller varmtvann, øker kravet til besparelse for lønnsomhet. Varmebesparelsen må være på 10,5 %, mens varmtvannsbesparelsen må være så høy som 34,3 % for å oppnå lønnsomhet alene.

Endring av leilighetsstørrelse

I lønnsomhetsberegningene har vi lagt til grunn leiligheter på 72 kvadratmeter med fire radiatorer. Dette er omtrent på snittet. Statistikk fra SSB i Figur 25 viser hvordan antall blokkleiligheter fordeler seg på intervaller, og det er stor variasjon. Det er derfor relevant å se på hvordan endring i gjennomsnittlig størrelse kan påvirke resultatene.

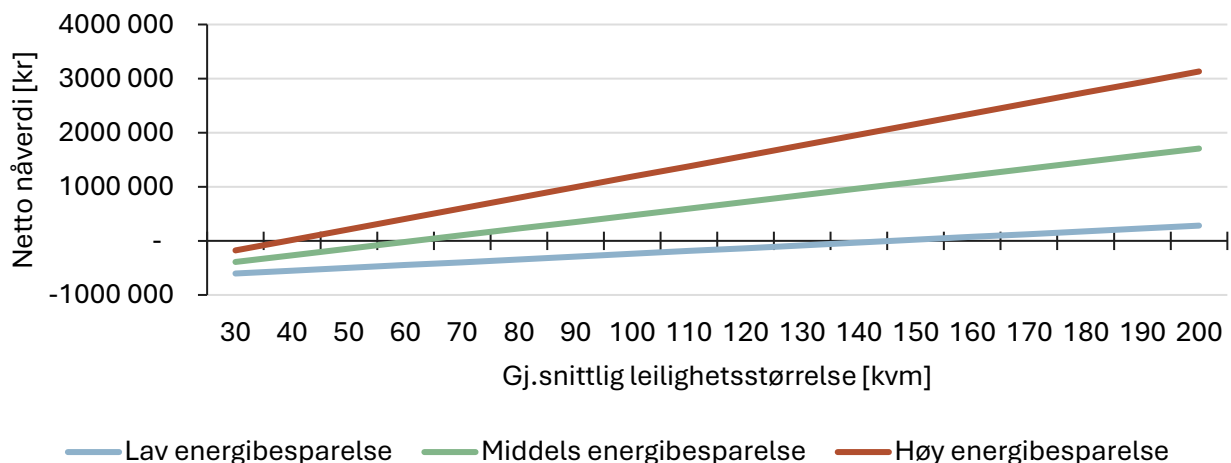


Figur 25 – Antall kvadratmeter i eneboliger (lys grønn) og blokkleiligheter (mørk grønn), figur fra SSB (SSB, 12).

Både beboere og boligbyggelag rapporterer at motstand mot individuell måling ofte kommer fra beboere i mindre leiligheter. Dette skyldes at kostnadene for avregning og fakturering er like for alle leiligheter, uavhengig av størrelse, noe som medfører at tillegget kan utgjøre 10-20 % av energikostnadene for mindre leiligheter. Investeringen i energimålere påvirkes derimot mindre av leilighetsstørrelsen; en energimåler har samme kostnad uansett leilighetsstørrelse, hvilket gir en relativt høyere kostnad per kvadratmeter i små leiligheter.

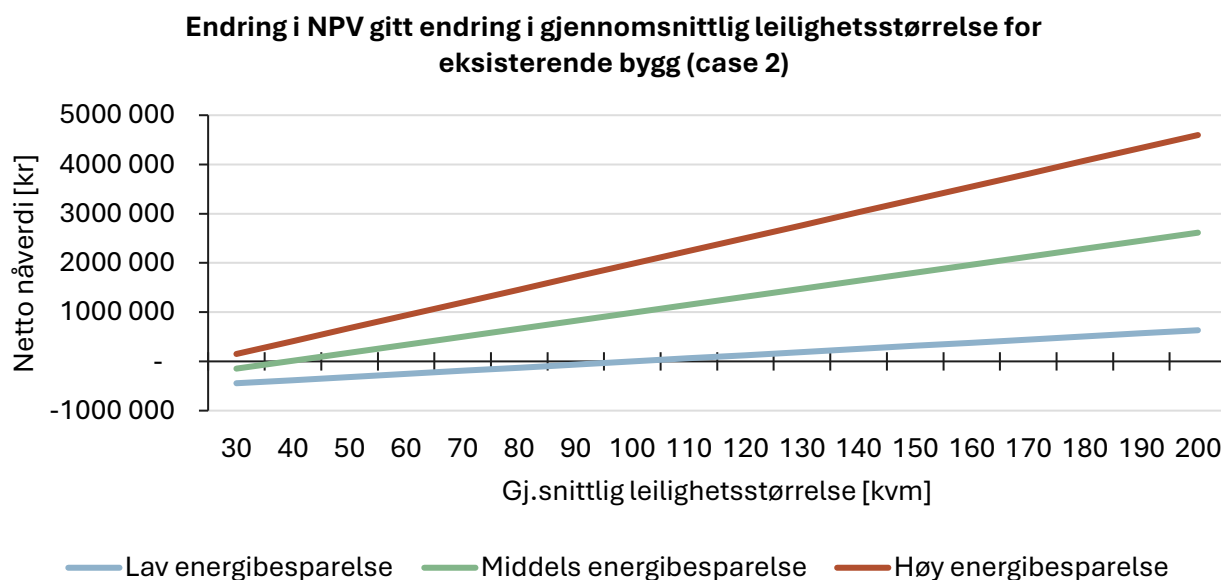
Sensitivitetsanalysen som vurderer variasjoner i leilighetsstørrelser presenteres i figur 26 og 27 nedenfor. Resultatene baserer seg på individuell måling av både varme og varmtvann. For nybygg (figur 26) viser analysen at leiligheter på 65 kvadratmeter eller større oppnår lønnsomhet ved middels energibesparelse, forutsatt middels energipris og middels energibehov. Dette funnet indikerer at omtrent halvparten av nybygg-leilighetene ikke vil oppnå lønnsomhet ved implementering av individuell måling gitt middels besparelse og varmebehov. Resultatene i kapittel 7 viser også at flertallet av prosjektene i datainnsamlingen ligger mellom lav og middels energibesparelse, noe som antyder at individuell måling i nybygg kun er lønnsomt der majoriteten av leilighetene er store.

Endring i NPV gitt endring i gjennomsnittlig leilighetsstørrelse for nybygg (case 1)



Figur 26 - Endring i NPV ved justering av gjennomsnittlig leilighetsstørrelse. Det forutsettes: middels energipris, middels varmebehov og middels vann- og avløpsgebyrer.

For eksisterende bygg, som generelt har et høyere varmebehov, er individuell måling mer lønnsomt, gitt at investeringskostnadene ikke økes vesentlig av faktorer som komplisert rørføring. Figuren nedenfor viser at individuell måling i eksisterende bygg gir lønnsomhet også for mindre leiligheter med middels energibesparelse, der grensen ligger ved ca. 39 kvadratmeter. For lav besparelse kreves imidlertid en gjennomsnittlig leilighetsstørrelse på 100 kvadratmeter for å oppnå lønnsomhet.



Figur 27 - Endring i NPV ved justering av gjennomsnittlig leilighetsstørrelse. Det forutsettes: middels energipris, middels varmebehov, middels vann- og avløpsgebyrer samt installasjon av en hovedmåler.

Det at større leiligheter oppnår høyere lønnsomhet enn mindre leiligheter kan oppleves som urettferdig, og det bør vurderes om investerings- og driftskostnadene i større grad kan fordeles etter leilighetsstørrelse for å jevne ut forskjellene. Uten en slik justering risikerer man at individuell måling kan bidra til økte samfunnsulikheter, der beboere i mindre leiligheter dekker en relativt høyere andel av kostnadene for de større leilighetene.

9 Konklusjon

EUs hovedmål med å pålegge individuell måling av varme og kjøling i flerboligbygg og bygninger med flere formål er å gi brukerne den informasjonen og de insentivene som trengs for å endre adferd og redusere energiforbruket. I vurderingen av om Norge bør innføre et tilsvarende krav, er det viktig å balansere politiske hensyn med den økonomiske forsvarligheten for å sikre at tiltakene er både kostnadseffektive og praktisk gjennomførbare.

Nytteverdien av individuell måling varierer betydelig avhengig av bygningstype og tekniske forhold. Primært viser studien vår at individuell måling kan være økonomisk lønnsomt i flerboligbygg, mens det i næringsbygg kan være mer hensiktsmessig å fokusere på måling på energipost eller anleggsnivå for effektiv energioppfølging. Vår datainnsamling fra flerboligbygg viser at individuell måling har gitt en energibesparelse i 75 % av tilfellene, hvor det er stor variasjon i resultatene, men at mange boligselskaper innfører det hovedsakelig for å sikre en rettferdig fordeling av energikostnader. Basert på egen datainnsamling, samt europeiske studier, har vi brukt 10 % besparelse for varme og 15 % for varmtvann som representativt middels nivå i analysen.

Lønnsomhetsanalysene er gjort med variasjon over ulike parametervalg for energibehov, prosentvis energibesparelse, energipris, og vann- og avløpsgebyrer. Analysene viser at individuell måling kan være økonomisk forsvarlig når det fører til høy energibesparelse (15 % for varme og 25 % for varmtvann), mens det er ikke lønnsomt ved lave besparelser (5 % for både varme og varmtvann). Om man forutsetter middels energibesparelse (10 % for varme og 15 % for varmtvann), er bildet for lønnsomhet sammensatt, og kan slå begge veier avhengig av forutsatt energibehov og energipris. Fordi lønnsomhetsanalysene ikke viser utelukkende lønnsomhet for alle/ de fleste scenarioene, men heller ikke utelukkende ulønnsomhet, er det utfordrende å konkludere ift. om Norge bør innføre individuell energimåling som krav. Dårligst lønnsomhet oppnås for energieffektive nybygg og eldre bygg med komplekse vannføringssystemer. Dette tyder på at et potensielt krav om individuell måling bør differensieres basert på bygningens energibehov og tekniske kompleksitet, med mulighet for dispensasjon for bygg med komplekse rørføringssystemer eller mange vanninntak per leilighet.

Prosjektet har avdekket at innkjøpskostnadene for målere i Norge er sammenlignbare med nivåene i Europa. De løpende kostnadene kan imidlertid oppleves som høye, og de lave energiprisene i Norge gjør at de løpende kostnadene i noen tilfeller overstiger besparelsene. Verdikjeden for individuell måling i boligbygg består av flere aktører, inkludert leverandører av målerutstyr, avregningsleverandører og forretningsførere, som alle legger påslag på tjenestene sine. For å redusere disse kostnadene bør det jobbes aktivt med automatisering av oppgaver for å minimere påslagene fra hver aktør. I tillegg er det viktig å forbedre grensesnittet mot brukerne, da mange opplever dagens fakturaer som vanskelige å forstå og har utfordringer med å se hvordan eget forbruk reflekteres i energiregningen.

Utførte sensitivetsanalyser viser at den faktoren som er mest avgjørende for lønnsomheten av individuell måling i boligselskaper er leilighetsstørrelsen. Analysen viser at individuell måling i nybygg kun er lønnsom for leiligheter som er 65 kvadratmeter eller større, gitt et middels varmebehov, middels energibesparelse og middels energipris. Dette tilsvarer omtrentlig gjennomsnittlig leilighetsstørrelse i Norge, noe som betyr at omtrent halvparten av leilighetene i nybygg sannsynligvis ikke vil oppnå lønnsomhet ved installasjon. For eksisterende bygg gir individuell måling større lønnsomhet – også for mindre leiligheter ned til 39 kvadratmeter, gitt et middels varmebehov, middels energibesparelse og middels energipris. Det at større leiligheter oppnår høyere lønnsomhet enn mindre leiligheter kan oppleves som urettferdig, og det bør vurderes om investerings- og driftskostnadene i større grad kan fordeles etter leilighetsstørrelse for å jevne ut forskjellene. Uten en

slik justering risikerer man at individuell måling kan bidra til økte samfunnsulikheter, der beboere i mindre leiligheter dekker en relativt høyere andel av kostnadene for de større.

Rettferdighetsprinsippet løftes ofte frem som et vesentlig argument for individuell måling, da beboere opplever det som mer rettferdig å betale for eget forbruk. Likevel anbefales det at rettferdighetsprinsippet alene ikke danner grunnlaget for et nasjonalt krav. I stedet bør boligselskaper selv kunne avgjøre om de ønsker å implementere individuell måling som en frivillig ordning.

I eventuelt videre arbeid bør det vurderes hvordan energiforbruket påvirkes av frekvensen på fakturering. Selv om årlig a-konto-fakturering holder kostnadene nede, kan mer hyppig fakturering potensielt øke beboernes bevissthet og gi høyere energibesparelser. Et tema for videre forskning vil være hvorvidt månedlig fakturering kan gi bedre energieffektivisering, slik at fordeler oppveier de økte administrasjonskostnadene.

Anbefalinger ved eventuell innføring av krav

- Dersom krav innføres, anbefales dispensasjonsmuligheter for boligblokker med komplekse rørføringsystemer og flere vanninntak per leilighet, samt for energieffektive nybygg som består av arealeffektive små leiligheter.
- Det bør spesifiseres hvilke målere som er tillatt for ulike bygningstyper. MID-sertifiserte energimålere gir høy nøyaktighet, mens fordelingsmålere, til tross for EU-godkjenning, kan ha større avvik og bør kun benyttes der nøyaktighet ikke er kritisk. For å legge til rette for ytterligere energieffektivisering bør energimålere prioriteres, da de gir bedre grunnlag for å identifisere og eventuelt iverksette tiltak for å redusere varmetap i selve varmeanlegget.

Alternative tiltak

Mange store boligbyggelag i Norge har allerede implementert individuell måling i nye prosjekter, delvis drevet av kundenes forventninger. Et alternativ til nasjonale krav kan være å innlemme retningslinjer i Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven (TEK), slik at nybygg klargjøres for ettermontering av individuelle målere. Dette vil kunne sikre en kostnadseffektiv overgang dersom boligselskapet senere ønsker å innføre individuell energimåling, eller dersom norske myndigheter i fremtiden skulle innføre dette som krav.

Gjennom flere intervjuer ble det fremhevet at det finnes et betydelig potensial for energieffektivisering av varmeanlegget. Der det er installert energimålere avdekkes ofte store avvik fra hovedmåler, som synliggjør varmetap i distribusjonsanlegg, akkumulertanker og varme til fellesarealer. Dette gir insentiv til å utføre forbedringstiltak, og ofte oppdages i denne forbindelse også feil eller uøkonomisk drift av varmeanlegget. På denne bakgrunn kan det derfor vurderes å sette krav til installasjon av energimålere på sekundærsiden i varmeanlegget. Dette kan innebære installasjon av energimålere ved inngangen til hver boligblokk i boligselskaper med flere blokker tilknyttet én energisentral, eller på strategiske steder som sjakter, for å avdekke varmetap i spesifikke deler av bygget. Gjennom dette kan man oppnå betydelige energibesparelser. Energibesparelsene her ligger i å identifisere og utbedre dårlig isolerte rør og komponenter, tekniske feil, uøkonomisk drift og ineffektiviteter, i motsetning til besparelsene ved individuell måling som primært er knyttet til bevisstgjøring av beboernes energiforbruk. Det kan være at den generelle lønnsomheten ved et slikt tiltak vil være høyere enn for individuell måling, men det vites ikke. Det anbefales derfor å gjennomføre en utredning som undersøker dette tiltaket nærmere. Utredningen bør inkludere innhenting og analyse av måledata fra både eldre og nyere boligblokker med installerte energimålere, for å identifisere avvik fra hovedmålere og vurdere sparepotensialet. Samtidig bør utredningen også vurdere kostnadene og lønnsomheten knyttet til tiltaket.

10 Referanser

- Aprea, C., Canale, L., Dell'Isola, M., Ficco, G., A. Frattolillo, & Maiorino, A. (2022, januar 1). *Individual metering and submetering for cooling application*. Hentet fra IRIS, Università di Cagliari: <https://iris.unica.it/handle/11584/353938>
- Balena, I., & Maljković, D. (2022, Mai 5). *A step towards decarbonised district heating systems: Assessment of the importance of individual metering on the system level*. Hentet fra International Journal of Sustainable Energy Planning and Management: <https://doi.org/10.54337/ijsepm.7088>
- Belimo. (2024, September 1). *Belimo Energy Valve™ med termisk energimåler*. Hentet fra Belimo: https://www.belimo.com/no/nb_NO/products/sensors/product-documentation/energy-valve-with-tem
- Brenne, A., Nordahl, J., & Thapa, B. (2024, September 11). Intervju Statkraft Varme. (I. Mysen, Intervjuer)
- Brennrø, J. (2024, September 18). Intervju KLP Eiendom. (I. Mysen, Intervjuer)
- Canale, L. (2020, Mars 18). *About the impact of individual metering on the energy efficiency of residential buildings*. Hentet fra UNITesi: <https://tesidottorato.depositolegale.it/handle/20.500.14242/70659?mode=simple>
- Canale, L., Dell'Isola, M., Ficco, G., Cholewa, T., Siggelsten, S., & Balen, L. (2019). *A comprehensive review on heat accounting and cost allocation in residential buildings in EU*. Hentet fra Energy and buildings: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109398>
- Canale, L., Dell'Isola, M., Ficco, G., Pietra, B. D., & Frattolillo, A. (2018, Januar 1). *Estimating the impact of heat accounting on Italian residential energy consumption in different scenarios*. Hentet fra Energy and buildings: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.040>
- Canale, L., Dell'Isola, M., Ficco, G., Cholewa, t., Siggelsted, S., & Balen, I. (2019). *A comprehensive review on heat accounting and cost allocation in residential buildings in EU*. Energy and Buildings. Science Direct. Hentet fra <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778819316883?via%3Dihub>
- Carlsson, A., & Klinghammer, S. (2021, juli 1). *Individuell måtning och debitering av värme och tappvarmvatten i flerbostadshus*. Hentet fra Digitala Vetenskapliga Arkivet: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1577056&dsid=-8812>
- Carlsson, A., Engström, C., & Jönsson, B. (2015). *Individual metering and charging in existing buildings*. Boverket.
- Castellazzi, L. (2017). *Analysis of Member States' rules for allocation heating, cooling and hot water costs in multi-apartment/purpose buildings supplied from collective systems*. Joint Research Centre (JRC). Luxembourg: European Commission. Hentet fra <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/63698cef-c8ef-11e7-9b01-01aa75ed71a1/language-en>
- Celenza, L., Dell'Isola, M., Ficco, G., Greco, M., & Grimaldi, M. (2016). *Economic and technical feasibility of metering and sub-metering systems for heat accounting*. Energy Econ. Policy.
- CEN. (2017, Februar). EN 834:2017 Heat cost allocators for the determination of the consumption of room heating radiators - Appliances with electrical energy supply;. European Committee for Standardization.
- Cholewa, T., Siuta-Olcha, A., yczynska, A. Z., & Specjat, A. (2023, Januar 16). *On the Minimum and Maximum Variable Cost of Heating of the Flat in Multifamily Building*. Hentet fra MDPI: https://www.mdpi.com/1996-1073/16/2/995?type=check_update&version=1
- Commission, E. (2023, Oktober 10). *European Commission*. Hentet fra Energy Efficiency Directive: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en
- DiBK. (2017, Juli 1). Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning. § 14-2. *Krav til energieffektivitet*. Direktoratet for byggkvalitet.
- Directorate-General for Energy. (2016). *Specific guidelines for sub-metering of thermal energy in multi-unit buildings (implementation of Articles 9-11 of Directive 2012/27/EU on energy efficiency*. empirica GmbH - Communication and Technology Research. Hentet fra [34bc2185-dcd2-4bd4-b270-115019aac933_en](https://ec.europa.eu/energy/energy_efficiency/energy_efficiency_guidelines_for_sub_metering_of_thermal_energy_in_multi_unit_buildings) (europa.eu)
- Energidepartementet. (2024, Mars 11). *Energieffektiviseringsdirektivet (EED 2023). EØS-notatbasen*.
- Enova SF. (2017). *Enovas byggstatistikk 2016*. Trondheim: Enova SF. Hentet fra https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/FEE4C85B3C05418F8DF0C397368C27EB.pdf&filename=Enovas%20byggstatistikk%202016.pdf
- Eurostat. (2024, Oktober 25). *Gas and electricity prices for household consumers*. Hentet fra Energy prices visualisation tool: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_prices/enprices.html?geos=DK&product=4100&consumer=HOUSEHOLD&consoms=GJ20199&unit=KWH&taxs=I_TAX,X_TAX,X_VAT&nrg_prc=NETC,NRG_SUP,OTH,TAX_CAP,TAX_ENV,TAX_NUC,TAX_RNW,VAT¤cy=EUR&language=EN&detail

- Gram-Hanssen, K., Bonderup, S., Aagaard, L. K., & Askholm, A. S. (2023, Oktober). *Energy justice in heat metering: Findings from a Danish experiment of metering and distribution in residential apartment buildings*. Hentet fra Aalborg Universitet: <https://vbn.aau.dk/en/publications/energy-justice-in-heat-metering-findings-from-a-danish-experiment>
- Halvorsen, B. (2022, September 15). *Slik har høye strømpriser påvirket husholdningenes økonomi*. Hentet Oktober 22, 2024 fra SSB: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/energi/artikler/slik-har-hoye-strompriser-pavirket-husholdningenes-okonomi>
- Haugen, M. (2019). *NVE bibliotekbase*. (NVE, Red.) Hentet fra Kostnader ved individuell måling av varme og kjøling: <https://asp.bibliotekservice.no/nve/title.aspx?tkey=24171>
- Helland, K. (2024, September 17). Intervju Lyse Energiservice. (I. Mysen, Intervjuer)
- Hjorth, A. A., & Ranger, E. M. (2024, Oktober 2). Intervju Justervesenet. (I. Mysen, Intervjuer)
- IEA. (2020, Desember 13). *Is cooling the future of heating?* Hentet fra [iea](https://www.iea.org/commentaries/is-cooling-the-future-of-heating): <https://www.iea.org/commentaries/is-cooling-the-future-of-heating>
- Jensen, K. (2023, Mars 29). *Sanitær og varmekvanta*. Hentet fra [svakta.no](https://www.ssvakta.no): <https://www.ssvakta.no/post/hvorfor-velge-vannb%C3%A5ren-varme>
- Justervesenet. (2023). *JV-VEI-09 Veileder om krav til varmeenergimålere under bruk*. Justervesenet.
- Karlsholmen, T. K. (2024, August 27). Intervju ISTA. (H. S. Henriette Skaret Kjos-Hanssen, Trond Ivar Bøhn, Intervjuer)
- Kaupang, G. (2024, Oktober 7). E-post: Erfaringer med individuell måling og avregning av varme i LABO.
- Kinzler Eriksen, B.-Y., & Småge, K. P. (2024, Oktober 3). Intervju Grønn Byggallianse. (I. Mysen, Intervjuer)
- Kjos-Hanssen, J. (2024, Oktober 17). Intervju styreleder Sars gate 28. (I. Mysen, Intervjuer)
- Klophmann, J.-S. (2024, Oktober 10). Intervju USBL. (I. Mysen, Intervjuer)
- Koren, E. (2024, September 13). Intervju Hafslund Celsio. (I. Mysen, Intervjuer)
- Kristiseter, A. (2024, September 6). Innsamling av data boligblokker med individuell måling. (T. I. Bøhn, Intervjuer)
- Krogstad, K., & Pedersen, K.-A. (2024, August 22). Intervju NBBL og OBOS. (T. I. Bøhn, Intervjuer)
- Lein, K. J. (2024, September 19). Intervju Techem. (I. Mysen, Intervjuer)
- Løvholm, A. L. (2024, Oktober 10). Intervju borettslag. (I. Mysen, Intervjuer)
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2008, Januar 11). *Lovdata - Forskrift om målenheter og måling*. Hentet fra Lovdata: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-12-20-1723?q=m%c3%a5lenheter*
- Ranmarker, A. (2024, September 6). Intervju Mallig. (I. Mysen, Intervjuer)
- Simon Robinson, G. V. (2016). *Guidelines on good practice in cost-effective cost allocation and billing of individual consumption of heating, cooling and domestic hot water in multi-apartment and multi-purpose buildings*. empirica GmbH - Communication and Technology Research. Hentet fra Specific guidelines for sub-metering of thermal energy in multi-unit buildings (implementation of Articles 9-11 of Directive 2012/27/EU on energy efficiency - European Commission (europa.eu))
- Skippervik, R. (2024, September 12). Intervju TOBB. (I. Mysen, Intervjuer)
- Slijepčević, S., Mikulić, D., & Horvat, K. (2019, Februar 2019). *Evaluation of the Cost-Effectiveness of the Installation of Heat-Cost Allocators in Multifamily Buildings in Croatia*. Hentet fra MDPI: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/3/507>
- SSB. (12, Mars 2024). *Fakta om bolig*. Hentet fra Statistisk sentralbyrå: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/faktaside/bolig>
- SSB. (2024, September 26). *03175: Eksisterende bygningsmasse. Boligbygg, etter bygningstype (K) 2001 - 2024*. Hentet fra Statistisk sentralbyrå: <https://www.ssb.no/statbank/table/03175/tableViewLayout1/>
- SSB. (2024, Juni 17). *13929: Energiforbruk i husholdninger og fritidshus 1990 - 2023*. Hentet Oktober 30, 2024 fra Statistikkbanken: Produksjon og forbruk av energi, energibalanse og energiregnskap.: <https://www.ssb.no/statbank/table/13929>
- Stenbro, R. (2024, September 16). Mail Storebrand.
- Stortinget. (2023, Mai 16). *Stortinget*. Hentet fra Endringer i energiloven og naturgassloven (overskuddsvarme, energikartlegging, måling og fakturering): <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Saker/Sak/?p=93721>
- Tennbakk, B., Byenstuen, J., Jenssen, Å., & Sand, Ø. (2024). *Fjernvarme og områdekjøling – barrierer og virkemidler*. Oslo: THEMA Consulting Group. Hentet fra <https://thema.no/wp-content/uploads/THEMA-Rapport-24-08-Fjernvarme-og-omradekjoling-barrierer-og-virkemidler.pdf>
- Aarsand, K., Vestbøstad, I., Helland, K., & Granbakken, K. (2024, Oktober 25). Tilbakemelding fra Lyse vedr. utkast til rapport. Stavanger.