

RAPPORT



VANNBÅREN VARME – FORVENTET VIRKELIG ENERGIBRUK, ENERGIFLEKSIBILITET OG KOSTNADER

VANNBÅREN VARME – FORVENTET VIRKELIG ENERGIBRUK, ENERGIFLEKSIBILITET OG KOSTNADER

Oppdragsgiver Energi Norge og Norsk Fjernvarme	Dato 11.02.2020
Oppdragsgivers kontaktperson Heidi Juhler	EH-oppragsnummer 014436
Utarbeidet Monica Havskjold	Dokumentnummer
Sidemannskontroll Ida H. Bryn	EH Godkjenning
Revisjonsnummer 0	Revisjonsdato

INNHOLD

1 BAKGRUNN	5
1.1 Forslag om økt andel energifleksible varmesystemer	5
1.2 Underlagsrapporter tok et byggherre/totalentreprenør-perspektiv	5
1.3 Underlagsrapportene viste en merkostnad på 1.000 – 10.000 kr/m ²	6
1.4 I etterkant av høringen: Økt fokus på behov for effektreduserende tiltak	6
1.5 Ønske om en tydeliggjøring og utvidelse av faktagrunnlag	6
2 HVA ER EGENTLIG RIKTIGE KOSTNADSTALL?	7
2.1 Mange ulike typer varmeanlegg	7
2.2 Kostnaden inkluderer ofte varmeavgivende utstyr	7
2.3 Et godt vannbårent anlegg krever kompetanse og konkurranse	7
3 VANNBÅREN VARME IKKE EN PRISDRIVER	8
3.1 Reell merkostnad 1.000 – 10.000 kr pr leilighet	8
3.2 Strømkostnaden vil øke for mange husholdninger	8
3.3 Vannbårene anlegg utvikles i takt med endret behov	9
3.4 Tilbud og etterspørsel bestemmer prisen på leiligheter	10
4 REELT VARMEFORBRUK ER OFTE HØYERE ENN NORMEN	12
4.1 Vi foretrekker høy innetemperatur, spesielt på badet	12
4.2 Tappevann bestemmes av antall brukere og ikke av arealet	13
4.3 Beregning av reell energibruk til romvarme og tappevann	14
4.4 Normtallene representerer ikke reell energibruk, og kan gi feil beslutninger	17
5 VANNBÅREN VARME FRIGJØR EFFEKT TIL ANDRE FORMÅL	19
5.1 Strømnettet dimensjoneres etter effektbehov, ikke energibehov	19
5.2 Vannbåren varme kan frigjøre effekt de kaldeste periodene	19
5.3 Vannbåren varme kan gi store besparelser i nytt nett	21
5.4 Effektprising vil gjøre energifleksible anlegg mer lønnsomme	22
5.5 Lagringsteknologier muliggjør effektiv ressursutnyttelse	24
6 HUSHOLDNINGER KAN BLI "STUCK MED STRØM" I LANG TID	25
REFERANSER	27

SAMMENDRAG

Forslaget fra Direktoratet for Byggkvalitet (DiBK) om å øke andelen av oppvarmingsbehovet som skal dekkes med energifleksible varmesystemer i store nybygg (over 1000 m²) er foreløpig satt på vent på grunn av påstander om store merkostnader.

For leiligheter er merkostnaden for vannbåren varme mellom 1.000 og 10.000 kr.

Direktoratets egne rapporter som ble utarbeidet som underlag til høringen viste et spenn i merkostnad fra 15 kr/m² til 170 kr/m², som betyr 1.000-10.000 kr for en leilighet på 60 m². Dette står i kontrast til påstander som har fremkommet i en del presseoppslag om 100.000 kr i merkostnad for en leilighet.

Det er ikke krav om energifleksible oppvarmingsløsninger som driver opp prisene på boliger i Oslo. I Oslo er gjennomsnittsprisen for en ny bolig over 80.000 kr/m², som tilsvarer 4,8 millioner kroner for en leilighet på 60 m². Den beregnede merkostnaden på 1.000-10.000 kr som direktoratets rapporter legger til grunn utgjør derfor kun 1-2 promille av leilighetens salgsverdi i Oslo-området.

Energiforbruk til oppvarming er ofte langt høyere enn beregnet basert på normtall. Ved beregning av energibruk benyttes lavere innetemperaturer enn det som er reelt. Da undervurderes behovet for romoppvarming. Leiligheter kan ha nesten dobbelt så stort varmeforbruk som det som er beregnet basert på gjeldende normtall. Standardene og de normerte beregningene bør derfor justeres for i større grad ivareta faktiske forhold.

Forbrukere risikerer å bli "stuck med strøm" for lang tid fremover. Etablering av oppvarmingsløsning i nye bygg er infrastruktur som har lang levetid, og som det er krevende å skifte ut. Helelektriske løsninger for romoppvarming inkludert badetrom vil gjøre det svært vanskelig for forbrukere å tilpasse seg endringer i strømpris fordi de ikke kan skifte til andre varmeløsninger.

Energifleksible oppvarmingsløsninger muliggjør varig redusert effektbehov de kaldeste periodene. Det er mulig å redusere strømforbruket i panelovner i noen få timer, mens med vannbåren varme kan det oppnås en varig effektreduksjon i hele kuldeperioden. Varme kan flyttes ved bruk av termisk lagring ("termos") som er en langt rimeligere løsning enn lagring av elektrisk energi i batterier. Flexibel romoppvarming vil bety mye, fordi effektbehov til oppvarming er størst kaldeste dag, det vil si når kraftsystemet har størst belastning.

Samfunnet vil spare like mye som det koster å investere i vannbåren varme. Med energifleksibel oppvarming vil vi trenge mindre utbygging av nytt strømmnett. Denne besparelsen tilsvarer omtrent kostnaden ved å investere i et anlegg for vannbåren varme.

Vannbåren varme i bygninger bidrar til økt elektrifisering av andre sektorer. Dersom oppvarmingen skjer med vannbåren varme og andre energikilder enn direkte elektrisitet vil det frigjøre nettkapasitet (effekt). Den ledige effekten vil kunne tas i bruk til lading av el-biler og andre kjøretøy, til ny industri eller den kan bidra til å unngå eller utsette behovet for investeringer i nytt nett.

1 BAKGRUNN

1.1 Forslag om økt andel energifleksible varmesystemer

På oppdrag for Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD) sendte Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) i februar 2018 på høring et forslag til endringer i byggteknisk forskrift (TEK17). I korthet gikk forslaget ut på å skjerpe kravet til energifleksible varmesystemer. Hensikten var å sikre energifleksibel oppvarming i store bygg (over 1000 m²), med begrunnelse i at det gir økt fleksibilitet både i energisystemet og for byggeier.

Konkret ble det foreslått å forskriftsfeste at bygninger over 1000 m² skal ha energifleksible varmesystem som dekker minimum 80 % av normert netto varmebehov. Dette var en oppjustering fra minimum 60 %, som var angitt i forskriftsveilederen.

1.2 Underlagsrapporter tok et byggherre-/totalentreprenørperspektiv

Som et underlag til høringen utarbeidet Asplan Viak på oppdrag fra DiBK en rapport (Asplan Viak, 2016) som kartla konsekvenser av ulike minimumsytelser (30 % - 90 % for ulike bygningskategorier).

I etterkant av den første rapporten ble det på oppdrag fra KMD utarbeidet ytterligere konsekvensvurderinger (Asplan Viak, 2017) med fokus på merkostnader knyttet til en eventuell endring i kravet til minimumsyttelse fra 60 % til 80 % energifleksibel energiforsyning.

Asplan Viak skriver selv at de har lagt til grunn følgende i sine vurderinger:

"Det må forventes at en stor andel av beslutningstagerne kommer til å gjøre valg av varmforsyningsløsning først og fremst ut fra investeringskostnader, ettersom det som oftest ikke er de samme som gjør investeringsbeslutningen som betaler for energibruken i bygget".

Det vil altså si at det er boligbyggernes perspektiv som ble lagt til grunn, og ikke konsekvenser for dem som senere skal bruke de aktuelle bygningene. Det ble derfor ikke lagt vekt på om den valgte løsningen ga en god forsyningssikkerhet eller en mulighet for tilpasning dersom energiprisene endrer seg.

Energifleksible varmesystem

Energifleksible varmesystem er system for distribusjon av varme som kan bruke forskjellige varmekilder.

Som oftest betyr dette installasjon av vannbåren varme. Vannet i det vannbårne systemet kan i teorien varmes med alt som kan lage varme.

Fleksible varmesystem innebærer ikke at man må ha flere varmekilder tilgjengelig samtidig, men at bytte av varmekilde er en mulighet.

Kilde: Direktoratet for Byggkvalitet (DiBK)

1.3 Underlagsrapportene viste en merkostnad på 1.000 – 10.000 kr

Asplan Viaks analyser viste at en økning fra 60 % dekning til 80 % dekning ville medføre en økt investering på 140-170 kr/m² for boligblokker. For en 60 m² leilighet utgjør dette 8.400 – 10.200 kr. De pekte i rapporten også på forenklede løsninger som ville ha en merkostnad ned mot 15 kr/m², som tilsvarer 900 kr for den ovennevnte leiligheten (Asplan Viak, 2017).

Disse dokumenterte merkostnadene står i sterk kontrast til de 100.000 kr i merkostnad som ulike aktører har fremhevet i den senere debatten. ¹

1.4 I etterkant av høringen: Økt fokus på behov for effektreduserende tiltak

Elektrifisering av transport og industri er fremhevet som spesielt viktig for å nå mål om reduserte klimagassutslipp. Dette fremkommer tydelig av rapporten Klimakur 2030 (Miljødirektoratet, 2020) som ble fremlagt 31. januar 2020. For å nå et mål om 50 % reduksjon i utslipp fra såkalt ikke-kvotepliktig sektor, er det behov for å elektrifisere alle former for transport og erstatte bruk av fossile brensler i industrien med biomasse og elektrisitet. Det blir i rapporten vist til at ved å redusere effektbehovet i bygg, vil det være mulig å utnytte det eksisterende kraftnettet mer effektivt og gi plass til nytt forbruk.

4. februar 2020 presenterte NVE forslag til endringer i nettleiestrukturen (NVE, 2020), som blant annet innebærer at husholdningene skal betale for hvor mye nettkapasitet (effekt) de har behov for. En sentral begrunnelse for de foreslåtte endringene er at vi fremover vil bruke strøm til flere formål enn i dag, og stadig flere vil bruke mye strøm på samme tid. Dette vil sette kapasiteten i strømnettet under press.

Energimerkeordningen skal endres, og Enova har varslet at effekt vil bli inkludert i den nye utformingen. Dette er primært for å sikre best mulig utnyttelse av allerede eksisterende infrastruktur og dermed begrense behovet for kostbare investeringer (Enova, 2019).

1.5 Ønske om en tydeliggjøring og utvidelse av faktagrunnlag

Norsk Fjernvarme og Energi Norge har engasjert Erichsen & Horgen for å gjennomgå de to forannevnte utredningene til Asplan Viak for å få en klargjøring av de faktiske kostnadstallene. Videre var det et ønske å oppdatere faktagrunnlaget i forhold til hendelser i etterkant av at rapportene ble publisert. Sist men ikke minst var det behov for å løfte blikket fra et snevert investorperspektiv og se energifleksible varmesystemer i et samfunns- og forbrukerperspektiv.

¹ <https://www.tu.no/artikler/stortingsforslag-kan-gjore-nye-leiligheter-100-000-kroner-dyrere/347078>

2 HVA ER EGENTLIG RIKTIGE KOSTNADSTALL?

Det er gjort mange forsøk på å finne gode tall for hva det koster med vannbåren varme. Vi mener det i dag ikke er realistisk å finne én "riktig" kostnad pr areal, da det er svært mange faktorer som spiller inn.

2.1 Mange ulike typer varmeanlegg

Det finnes flere ulike typer varmeavgivere som har ulike fordeler og ulemper, og ulike kostnader. Disse kan deles i følgende hovedtyper:

- Gulvvarme
- Radiatorer
- Viftekonvektorer

I leiligheter kan disse kombineres på mange ulike måter. Det er dessuten utviklet ulike former for forenklede løsninger, der en utnytter tappevannsutrustning også til romvarme.

Mens en tidligere prosjekterte leiligheter med radiatorer under hvert vindu vil det med dagens energieffektive glass ikke være behov for dette i alle rom. Energieffektive leiligheter vil kunne greie seg med et lite antall varmeavgivere sammenlignet med hva som ble benyttet tidligere.

2.2 Kostnaden inkluderer ofte varmeavgivende utstyr

Resulterende kostnad for et vannbårent system avhenger av hvor systemgrensen settes. I mange sammenhenger regnes selve varmeproduksjons-enheten inn i kostnaden, mens i andre tilfeller er det kun selve distribusjonssystemet som er inkludert.

2.3 Et godt vannbårent anlegg krever kompetanse og konkurranse

Det finnes gode og dårlige løsninger på vannbåren varme i leiligheter, på samme måte som innen andre fagområder. Prosjektering og dimensjonering, installasjon og innregulering av et vannbårent anlegg er mer krevende enn for eksempel et direkte elektrisk oppvarmingsanlegg. For å få et kostnadseffektivt anlegg må det være god kompetanse i alle ledd. Videre må det på utstyrssiden være en effektiv konkurranse. Det er også svært viktig at valg av varmesystem er gjort allerede i tidligfase i et prosjekt for å unngå store merkostnader ved endringer underveis.

I og med at det i en del prosjekter har sviktet i ett eller flere av disse leddene, finnes det eksempler på dyre og dårlige vannbårne anlegg, og det er gjerne disse som fremheves når det er snakk om høye kostnader for vannbåren varme. I de senere årene har det imidlertid vært fokus på å finne gode og effektive løsninger, og det har blitt jobbet systematisk med dette. Resultatet er boligprosjekter der vannbåren varme ikke gir store merkostnader. Et eksempel på dette er AF-gruppens prosjekt i Bjørvika. (NEMITEK, 2019)

3 VANNBÅREN VARME IKKE EN PRISDRIVER

3.1 Reell merkostnad 1.000 – 10.000 kr pr leilighet

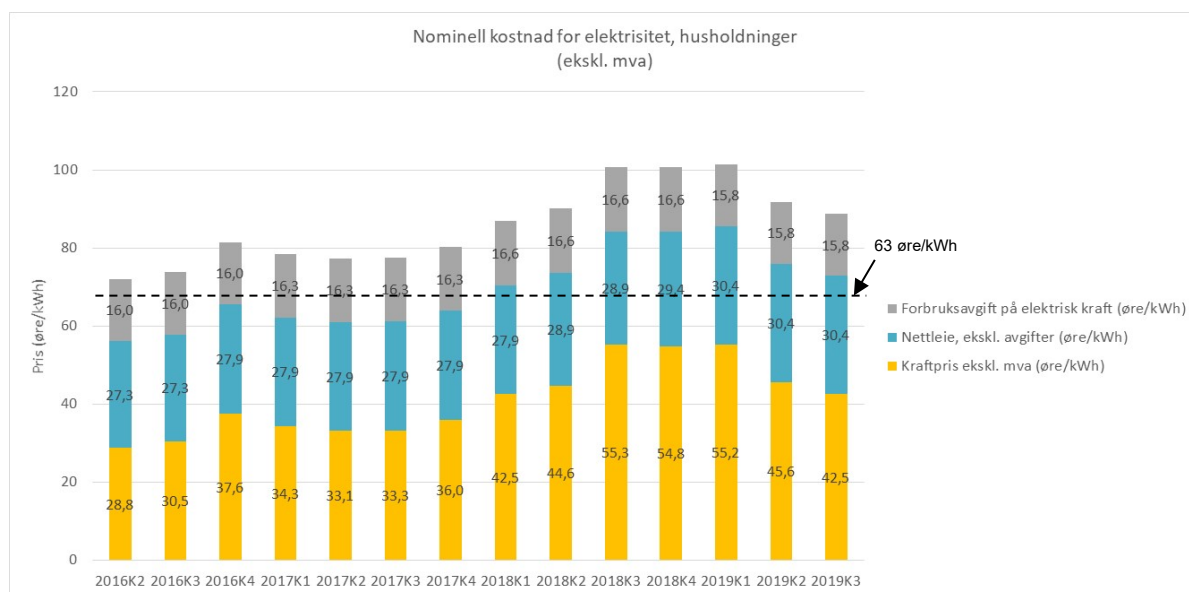
Som beskrevet i kapittel 1.3, fokuserte Asplan Viak på kostnadskonsekvenser i sin rapport fra 2017. For boligblokker ble det beregnet at en økning fra 60 % til 80 % i preakseptert ytelse ville kunne påføre utbygger en merkostnad på 140-170 kr/m². Merkostnaden forklares med at dersom preakseptert andel er 60 % kan det brukes helelektrisk oppvarming for romoppvarming, mens det ved en andel på 80 % er behov for å installere et vannbårent oppvarmingsanlegg.

Det påpekes imidlertid også at merkostnaden vil være helt nede i 15 kr/m² dersom utbygger velger å installere den forenklede løsningen som markedsføres av bl.a. LK Systems/Agder Energi eller tilsvarende fra andre leverandører.

For en leilighet på 60 m² blir merkostnaden for et energifleksibelt varmesystem derfor mellom 1.000 kr og 10.000 kr.

3.2 Strømkostnaden vil øke for mange husholdninger

Asplan Viak la i sine rapporter til grunn gjeldende priser for strøm, nettleie og forbruksavgifter. I perioden etterpå har prisen på elektrisitet (kraftprisen) økt med rundt 40 %. Dette er basert på statistikk fra SSB (se Figur 1).



Figur 1 Kostnadsutvikling, elektrisitet til husholdninger (nominelle priser). Kilde: SSB

Som Figur 1 viser, var gjennomsnittskostnad for elektrisitet til husholdninger ifølge SSB ca. 72 øre/kWh i 2. kvartal i 2016². Asplan Viak opererer i sine rapporter med en elektrisitetspris

² Asplan Viak henviser i sin rapport til kraftpris i uke 14 i 2016. Dette er første uke i kvartal 2 i 2016.

på 63 øre/kWh for elektrisitet til grunnlast. I årene etter at rapportene ble publisert har det vært en økning i kraftprisen, mens økningen i nettleie og forbruksavgift stort sett har vokst i takt med generell prisvekst. Kraftprisen økte i henhold til SSB sine data fra 28,2 øre/kWh i 2. kvartal 2016 til 45,6 øre/kWh for 2.kvartal 2019. Dette er en økning i nominell pris på nesten 60 %. Justert for prisstigning (konsumprisindeksen) er dette en reell stigning på nesten 50%. Den samlede el-prisen steg med rundt 20 % (justert for prisstigning).

Kraftprisene vil variere på kort sikt som følge av blant annet værforhold. Akkurat nå (februar 2020) har vi lave kraftpriser som følge av høy temperatur gjennom vinteren og mye nedbør og vind. NVEs langsiktige kraftmarkedsanalyse (NVE, 2019) peker mot at den gjennomsnittlige årsprisen på kraft i Norge vil øke noe frem til 2040 i forhold til prisnivået i 2019.

Når det gjelder hvordan nettleien vil utvikle seg, vil det komme an på investeringsbehovet i nytt nett og også hvordan de varslede effekttariffene vil slå ut for den enkelte husholdning. Uansett vil husholdninger med direkte elektrisk oppvarming være prisgitt hvordan kraftpriser og nettleie utvikler seg. Energi Norge la i 2016 en prognose på investeringsbehovet i strømmettet på 140 milliarder kr fra 2015 til 2025 (Energi Norge, 2016). I sitt forslag til nye nett-tariffer (NVE, 2020) skriver NVE at de samlede kostnadene for strømmettet har økt de siste årene, og at kostnadene trolig vil fortsette å øke i årene fremover, noe som vil gi høyere nettleie.

Rapportene fra Asplan Viak viste ikke hvordan de aktuelle alternativene ville kommet ut ved ulike utviklinger i kraftpris. Økt pris på elektrisitet vil gjøre løsninger som pellets og varmepumper mer konkurransedyktige sammenlignet med direkte el og el-kjeler. Dersom beregningene hadde blitt basert på en høyere samlet strømpris er det sannsynlig at konklusjonene ville blitt annerledes.

3.3 Vannbårne anlegg utvikles i takt med endret behov

Det skjer en kontinuerlig utvikling innen vannbårne varmeanlegg, og i takt med mer energieffektive bygg utvikles det forenklede løsninger, blant annet basert på bruk av kombinert tappevanns- og oppvarmingsproduksjon i leiligheter (tre-rørs systemer) som omtalt i de to Asplan Viak-rapportene.

Entreprenører søker etter de kostnadseffektive løsningene, og AF-direktør Tor Olsen sier i et intervju med NEMITEK at samtidig som energi- og effektbehovet har falt drastisk, har prisen på varmeanleggene steget. "På et etter annet tidspunkt må vi begynne å bygge varmeanlegg som er tilpasset energibruken og ikke bare bygge varmeanlegg som bruker forsvinnende lite energi. Kostnadsbesparelse nummer én er å redusere omfanget av varmeanleggene". Som eksempel trekker han frem leiligheter som AF bygger ut i Bjørvika i Oslo. "Der kjøpte vi ferdige bad prefabrikkert. Vi fikk kostnadsberegnet elektrisk varme og vannbåren gulvvarme, og det kostet akkurat det samme. Argumentet om at gulvvarme er dyrt, er ikke riktig, sier han." (NEMITEK, 2019)

Nye bygg har ikke høyt varmebehov, i tillegg har brukerne gjerne en rekke energikrevende installasjoner som avgir varme i kjøkken og i oppholdsrom. Videre har nye leiligheter gjerne åpne løsninger der gang, kjøkken og stue utgjør ett rom. Godt isolerte vinduer fører til at det blir lite kald trekk og stråling ved vinduene slik at varmekilden kan plasseres nokså fritt i rommet.

Denne type rom klarer seg derfor ofte med én oppvarmingskilde. På soverom ønsker folk gjerne å ha det kjølig. Nye leiligheter trenger derfor kun 1 til 2 radiatorer avhengig av areal. I tillegg kan rørføringene være korte.

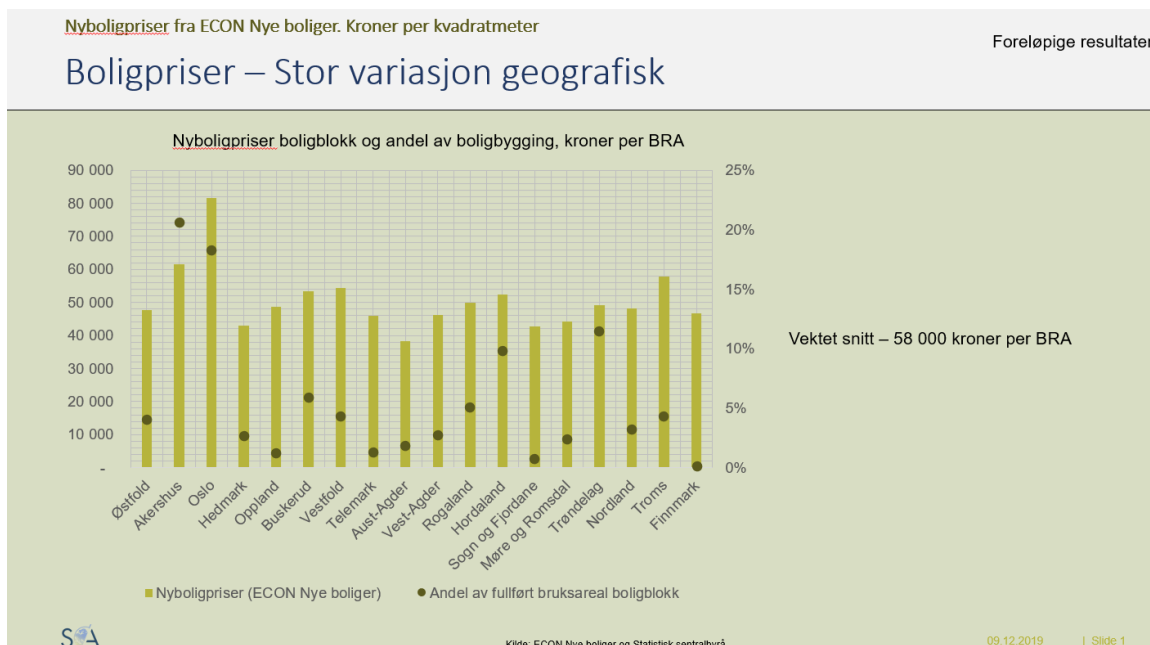
Erfaringer basert på dialog med planleggere av bygg tyder på at vannbåren gulvvarme er like rimelig eller rimeligere enn direkte elektrisk gulvvarme. Det er også enklere å tilpasse tregulv og gir mindre risiko for skader på disse.

Det er gjort flere studier av kostnader ved ulike tekniske løsninger for vannbåren varme. Et eksempel er masteroppgaven "Dokumentering og evaluering av ny teknisk løsning for vannbåren varme i norske leilighetsbygg" (Nørstebø, 2018) som viser at en forenklet løsning ga 54 % reduksjon i kostnad for rør og komponenter i røranlegget sammenlignet med tradisjonell løsning. I tillegg ga det mindre tap, mindre pumpeenergi og mer effektiv installasjon på byggeplass.

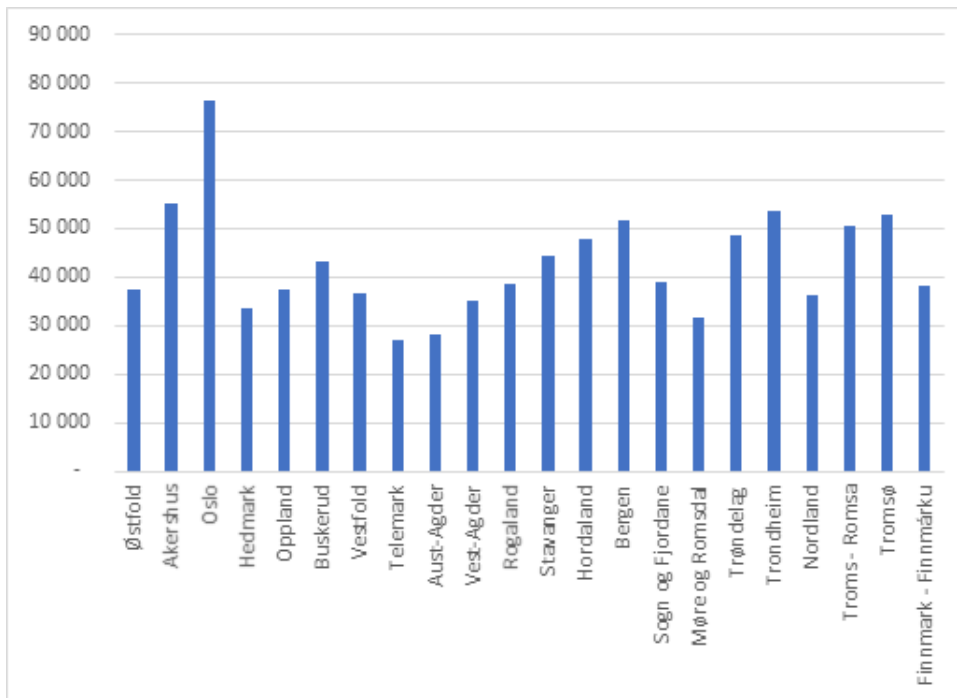
3.4 Tilbud og etterspørsel bestemmer prisen på leiligheter

Tall fra ECON (Figur 2) viser at prisene på nye boliger varierer fra 40.000 kr/m² til over 80.000 kr/m². Tall fra SSB for bruktboliger (Figur 3) viser et tilsvarende mønster.

Boligprisene i Oslo ligger langt over gjennomsnittet i landet og prisene i byene ligger generelt høyere enn gjennomsnittet. Prisen på boliger bestemmes i markedet, det vil si av tilbud og etterspørsel. Befolkningsvekst i Oslo over lang tid, kombinert med lite bygging av nye boliger, forklarer langt på vei den voldsomme prisveksten vi har hatt i Oslo de siste ti årene. Den siste tiden har mange nybygg blitt ferdigstilt i Oslo, og prisveksten har dermed roet seg. Det som driver boligprisene opp eller ned er kort sagt antall mennesker på boligjakt sett opp mot antall boliger til salgs (DnB, 2018).



Figur 2 Priser på nye boliger. Tall fra ECON. (prisen er oppgitt i kr/m²)



Figur 3 Bruktboligpriser. Tall fra SSB (prisen er oppgitt i kr/m²)

Sett i lys av variasjonen i prisnivåer for boliger blir merkostnadene for vannbåren varme så små at det nesten er irrelevant å hevde at det påvirker prisen, spesielt når vi tar inn positive gevinster for beboere knyttet til driftskostnader over levetiden.

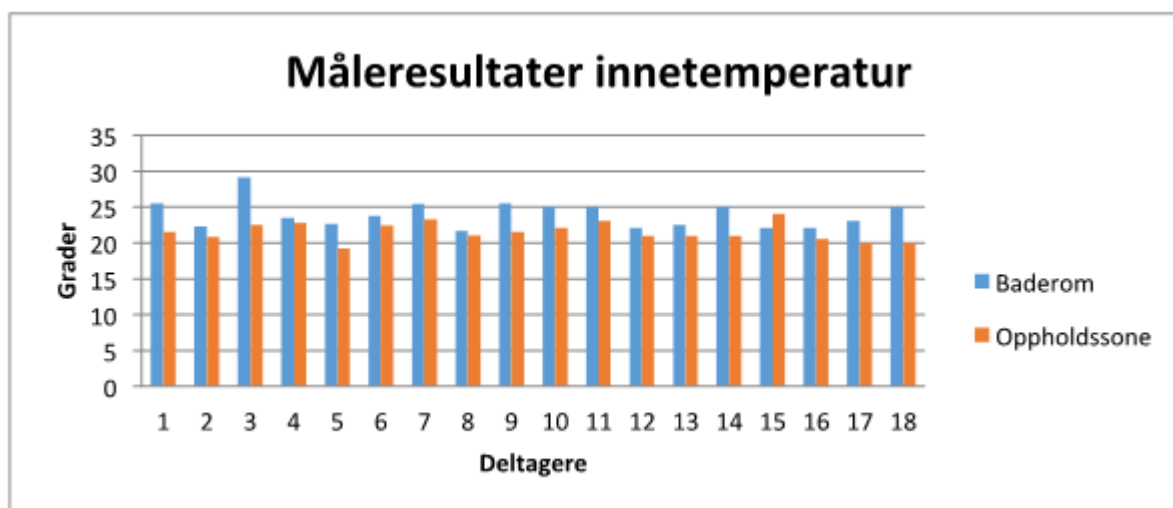
4 REELT VARMEFORBRUK ER OFTE HØYERE ENN NORMEN

Energiforbruk beregnes med utgangspunkt i normerte verdier, som for eksempel at på dagtid er innetemperaturen 21 °C i alle rom, inkludert badet. Forskere har vist at mange foretrekker 25 °C fremfor de 21 °C som legges til grunn i beregningene. Dette har stor betydning på faktisk energibruk. Ved å undervurdere ønsket innetemperatur undervurderes også oppvarmingsbehovet vesentlig. (NEMITEK, 2019)

Tappevann og oppvarming av baderom utgjør en stor andel av totalt oppvarmingsbehov.

4.1 Vi foretrekker høy innetemperatur, spesielt på badet

Ved beregning av normert energiforbruk legges det til grunn innetemperaturer på 19-21 °C. SSB kartla i 2012 faktiske innetemperaturer i boliger, og konkluderte med en gjennomsnittstemperatur på 21,3 °C i stuen, og 23,4 °C på badet (SSB, 2012). En spørreundersøkelse blant leilighetsbeboere på Koksa i Bærum (Borgli, Nørstebø, & Albarracin, 2014) ga et tilsvarende resultat (se Figur 4).



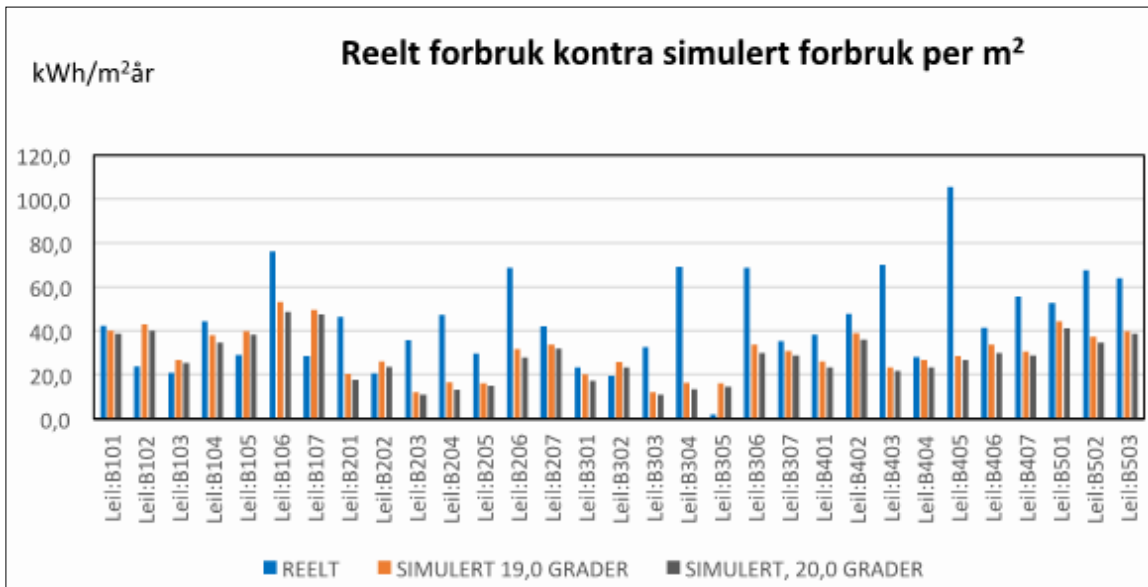
Figur 4 Målte innetemperaturer, baderom og oppholdsrom (Borgli, Nørstebø, & Albarracin, 2014)

I leiligheter bygges ventilasjonsanlegg gjerne med avtrekk kun fra våtrom, bad og kjøkken. En høy baderomstemperatur vil bety at mye av luften i leiligheten må varmes mer opp enn forutsatt i normerte beregninger. Videre brukes gjerne varmeanlegget i et bad til å tørke opp fukt på gulvet etter dusjing og i en del tilfeller også til å tørke tøy. Alle disse faktorene til sammen medfører at baderommet har svært høyt energiforbruk sammenlignet med boligen for øvrig. Ingen av disse faktorene medtas i normerte beregninger som er det myndighetene baserer sine beslutninger på. Dette slår spesielt mye ut for små leiligheter, der baderommet utgjør en større del av totalt areal enn for større leiligheter.

Det finnes en rekke undersøkelser av virkelig energibruk i bygg, de aller fleste viser et høyere oppvarmingsbehov enn beregnet. De viktigste årsakene er sannsynligvis de som er beskrevet

over, i tillegg har vi forhold som at de tekniske ytelsene ikke er som beskrevet, at det er feil i bygg eller tekniske systemer og at tekniske systemer ikke driftes optimalt.

Masteroppgaven "Vannbåren oppvarming i fremtidens leiligheter " (Borgli, Nørstebø, & Albarracin, 2014) analyserte energibruken til oppvarming i et leilighetskompleks på Fornebu og sammenlignet med normerte beregnede verdier. Resultatet er vist i Figur 5. Den faktiske energibruken er sterkt varierende og ligger over normerte verdier i 23 av 31 leiligheter.

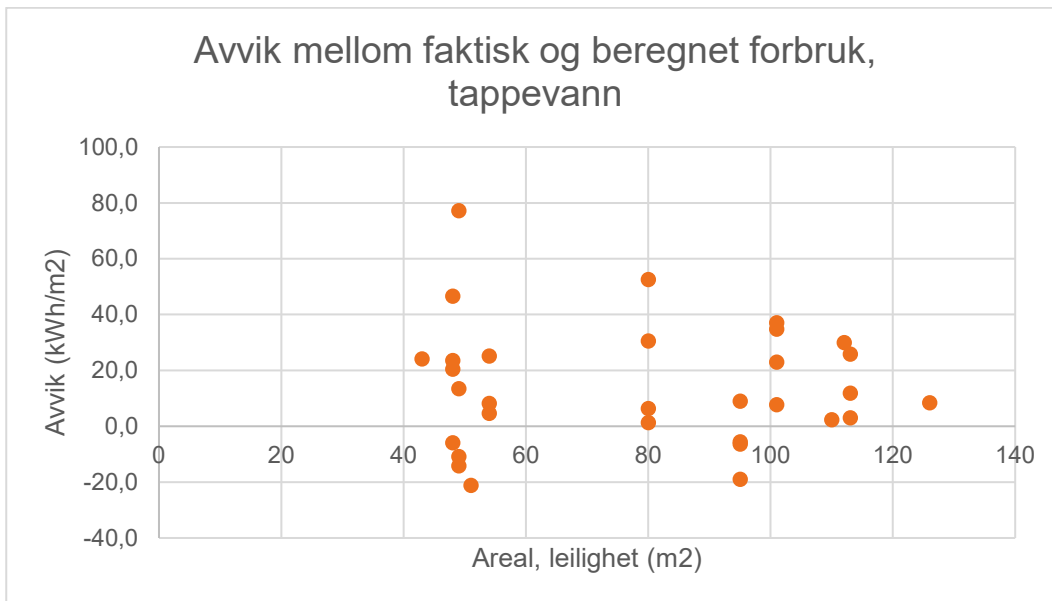


Figur 5 Reelt vs. simulert forbruk til romoppvarming og ventilasjonsluft (Borgli, Nørstebø, & Albarracin, 2014)

4.2 Tappevann bestemmes av antall brukere og ikke av arealet

Varmtvann beregnes i henhold til normert metode i forhold til areal (kWh pr m²), mens den virkelige driveren heller er antall brukere og tappesteder. For boliger oppgir standarden NS3031 30 kWh/m² til tappevann. Dette fører til at man for små leiligheter undervurderer tappevannsbehovet og overvurderer det for de store leilighetene og eneboligene.

Denne tendensen vises også klart i datamaterialet (Borgli, Nørstebø, & Albarracin, 2014) som er vist i Figur 6 og som illustrerer hvor store avvik det er mellom faktisk og beregnet forbruk av tappevann for ulike leilighetsstørrelser.



Figur 6 Avvik mellom faktisk og beregnet energibruk til tappevann basert på data fra (Borgli, Nørstebø, & Albarracin, 2014)

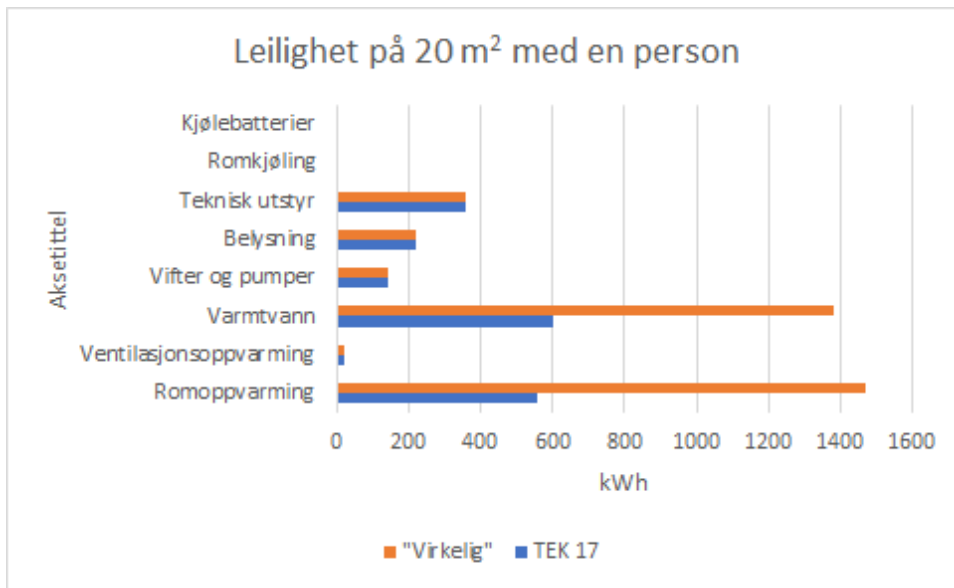
4.3 Beregning av reell energibruk til romvarme og tappevann

Basert på erfaringer og forhold omtalt i forrige avsnitt har vi tatt utgangspunkt i to leiligheter, på henholdsvis 20 m² og 60 m², og beregnet energibruk i henhold til normert metode, samt korrigert for forhold beskrevet foran.

Leilighet på 20 m²: Reelt forbruk 90 % større enn normert

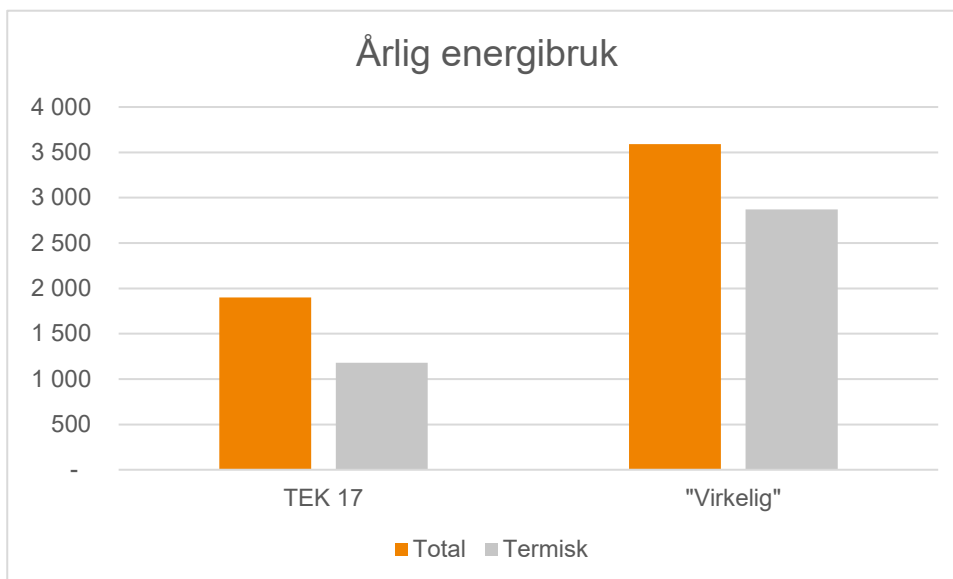
Vi har forutsatt at leiligheten på 20 m² har én person som dusjer fire minutter hver dag. I leiligheten på 60 m² har vi utført beregninger med både én og to personer som gjør det samme. Videre har vi forutsatt at badet har en temperatur på 25 °C, mens resten av rommene har en innetemperatur på 23 °C. Det er tatt hensyn til at vann må fordampes på bad. Virkningsgraden på den virkelige gjenvinneren er noe svakere enn for den normerte. Interne varmelaster samt vifter og pumper er forutsatt likt.

Energiforbruket per år for leiligheten på 20 m² med normerte beregninger blir på 1900 kWh, mens det virkelige blir 3600 kWh. Dette betyr at reelt forventet forbruk er 90 % høyere enn normert og representerer et årlig merforbruk på 1700 kWh. Figur 7 viser energibruken i normert beregning og beregnet "virkelig" fordelt på de ulike energipostene.



Figur 7 Energibruk i en 20 m² leilighet bebodd av en person

Som det framkommer av Figur 7 er energibruken til både romoppvarming og tappevann med de gitte forutsetningene betydelig høyere enn normert. Oppvarmingsandelen (rom- og ventilasjonsvarme og varmtvann) av total energibruk har også økt fra 62 % for normert beregning til 80 % for "virkelig". Den termiske energibruken er med andre ord betydelig og er en stor del av totalen.



Figur 8 Termisk og total energibruk for 20 m² bolig i henhold til TEK 17 beregninger og simulert virkelig.

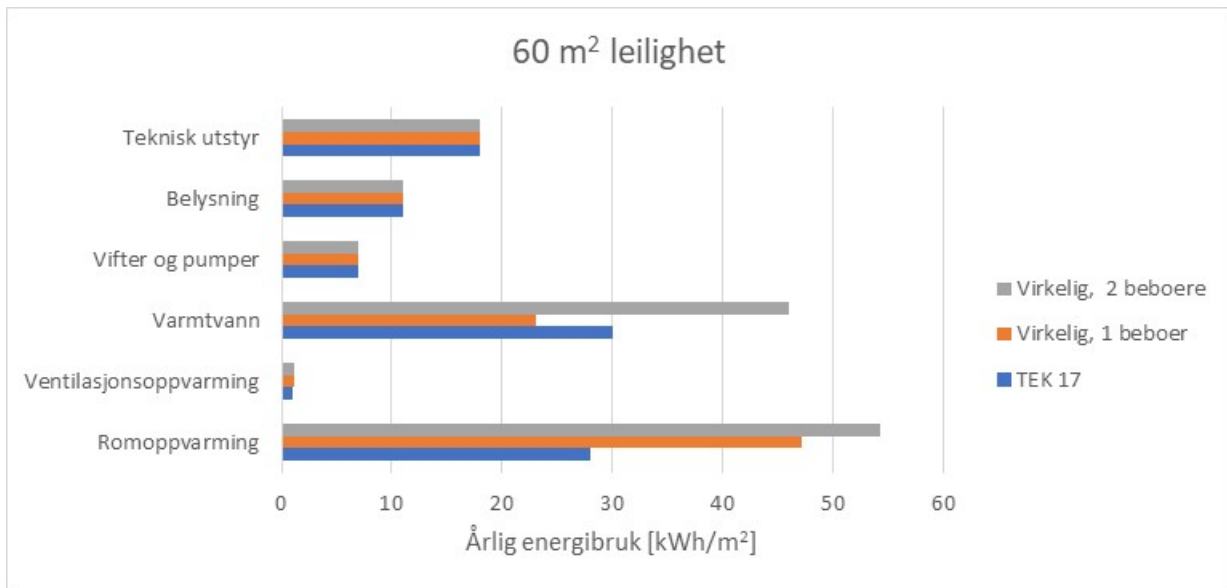
Leilighet på 60 m²: Reelt forbruk 10-30 % større enn normert

Figur 9 viser spesifikk energibruk for en 60 m² leilighet beregnet etter normert metode samt forventet virkelig med hhv én og to beboere som dusjer hver dag. Også her er energibruken til oppvarming høyere i virkelig enn i normerte beregninger. For varmt tappevann ser vi at

forskjellen mellom "virkelig" og TEK 17 ikke er så stor med én beboer, mens med to beboere blir den betydelig.

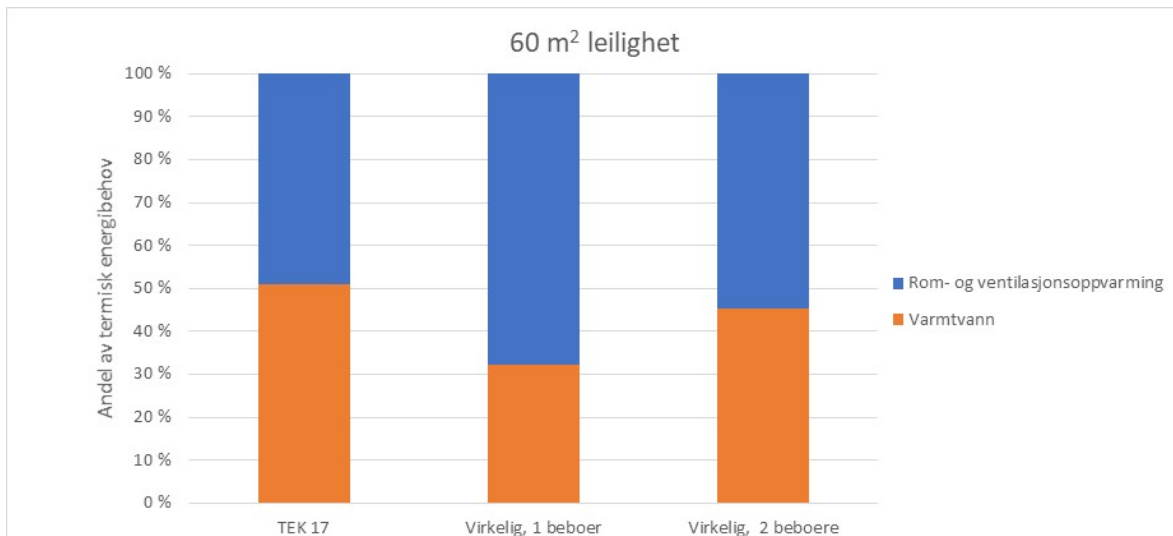
Årlig energiforbruk for leiligheten på 60 m² med normerte beregninger blir på 5700 kWh, mens for den "virkelige" blir det 6400 kWh for én beboer og 8250 kWh for to beboere. Dette betyr at reelt forventet forbruk er 13-28 % høyere enn normert.

Figur 9 viser energibruken i normert beregning og beregnet "virkelig" fordelt på de ulike energipostene.



Figur 9 Spesifikk energibruk for 60 m² leilighet beregnet etter normert metode, forventet virkelig med hhv 1 og 2 beboere.

Som det framkommer av Figur 10 har antall beboere svært stor betydning for størrelsen på de ulike energipostene. Dette illustrerer noe av årsaken til at den virkelige energibruken varierer i så stor grad som den gjør.



Figur 10 Fordeling av termisk energibehov i henhold til TEK 17, samt for "virkelig" med henholdsvis 1 og 2 beboere

Ved nokså enkle tiltak som å bygge tettere og velge noe bedre vinduer kan en få til en løsning der 60 % av termisk energi beregnet etter normert metode dekkes med tappevann alene. Dette er løsninger som benyttes i dag. Disse tiltakene vil imidlertid ikke nødvendigvis påvirke virkelig energibruk tilsvarende, eksempelvis påvirker det ikke virkelig energi til badet. Vi vil kunne få en situasjon med betydelig lavere virkelig energidekning enn 60 %.

4.4 Normtallene representerer ikke reell energibruk og kan gi feil beslutninger

Eksemplene som er presentert foran illustrerer noen av årsakene til at forventet virkelig energibruk blir høyere enn normert. Det viser også at man ved å legge inn energifleksibilitet på kun tappevann, noe som er mulig med dagens forskrift, vil gi fleksibilitet på en mindre andel av samlet oppvarmingsbehov. Ved å kun gjøre tappevannet fleksibelt gjør en heller ikke noe med den temperaturvariable effekten som oppstår når det er størst effekt-knapphet i energisystemet. Det vil si at man ikke kan påvirke effekten på kaldeste dag.

De forholdene som belyses her fremkommer ikke i normerte beregninger som benyttes for å dokumentere i henhold til forskrift og som myndighetene baserer sine beslutninger om energiforskrifter på. De normerte beregningene forutsetter en fast energimengde per m² for tappevann uavhengig av antall personer i boligen og størrelse på boligen. For boliger regnes det 30 kWh/m². Videre forutsetter de normerte beregningene en innetemperatur på 21 °C om dagen og 19 °C om natten i hele leiligheten. Disse beregningene tar ikke hensyn til et bad på 25 °C der mye av ventilasjonsluften trekkes inn og varmes opp fra 21 °C til 25 °C. De tar heller ikke hensyn til fordampning av vann fra baderomsgulv.

Dette forklarer hvorfor det blir feil å anta at romoppvarming generelt utgjør en liten del av energibehovet og spesielt feil å ignorere energibehovet til oppvarming av badet. Energiforbruket til oppvarming av bad alene er relativt konstant over året dersom det ligger i midten av huset og kan representere 800 - 1200 kWh/år avhengig av bruk.

Videre mangler vi en nasjonal standard for effektbehov. Dagens praksis fører til betydelig overdimensjonering av varmeinstallasjoner noe som fører til høye kostnader. Undersøkelser

indikerer at vi får 50 til 100 % overdimensjonering på sentrale installasjoner ved dagens standard.

Dette fører til at en beregning av lønnsomhet av for eksempel varmepumpe regner med for høy investeringskostnad og for lav besparelse. Følgende eksempel (se Tabell 1) viser mulig konsekvens for lønnsomhetsvurderinger av en varmepumpe hvis vi regner 50% for høyt effektbehov og 50 % for lavt energibehov:

Anta at en med dagens standardmetode beregner at en trenger et varmepumpeanlegg som koster 1.000.000 kr og at en sparer 300.000 kWh pr år. Vi antar energipris på 1 kr/kWh og 4 % kalkylerente. Kunden krever lønnsomhet etter 3 år og finner tiltaket ulønnsomt da det har en nåverdi på -134.172 kr. Men hva ville svaret blitt når det viser seg at sentralen er overdimensjonert med 100 % og estimert besparelse undervurdert med 50 %? Dersom vi antar at det mindre varmepumpeanlegget koster 750.000 kr og besparelsen blir 450.000 kWh/år får vi en nåverdi på 548.743 kr og investeringen er meget lønnsom.

Tabell 1 Konsekvens av overdimensjonering, varmepumpe

	Kr, Standard metode	Kr, Virkelig
Investeringskostnad	1.000.000	750.000
Samlede besparelser	300.000	450.000
Nåverdi etter 3 år	-134.172	548.743

Dårlige analysemetoder og standarder fører til feil beslutninger privatøkonomisk, men det får også samfunnsmessige konsekvenser.

På grunn av disse forholdene er det derfor betydelig risiko ved å benytte dagens normerte beregninger som grunnlag for beslutninger om forskrifter og regulering av energibruk. Det vil kunne føre til feil beslutninger om strategier. Standardene og de normerte beregningene bør derfor justeres for i større grad ivareta faktiske forhold.

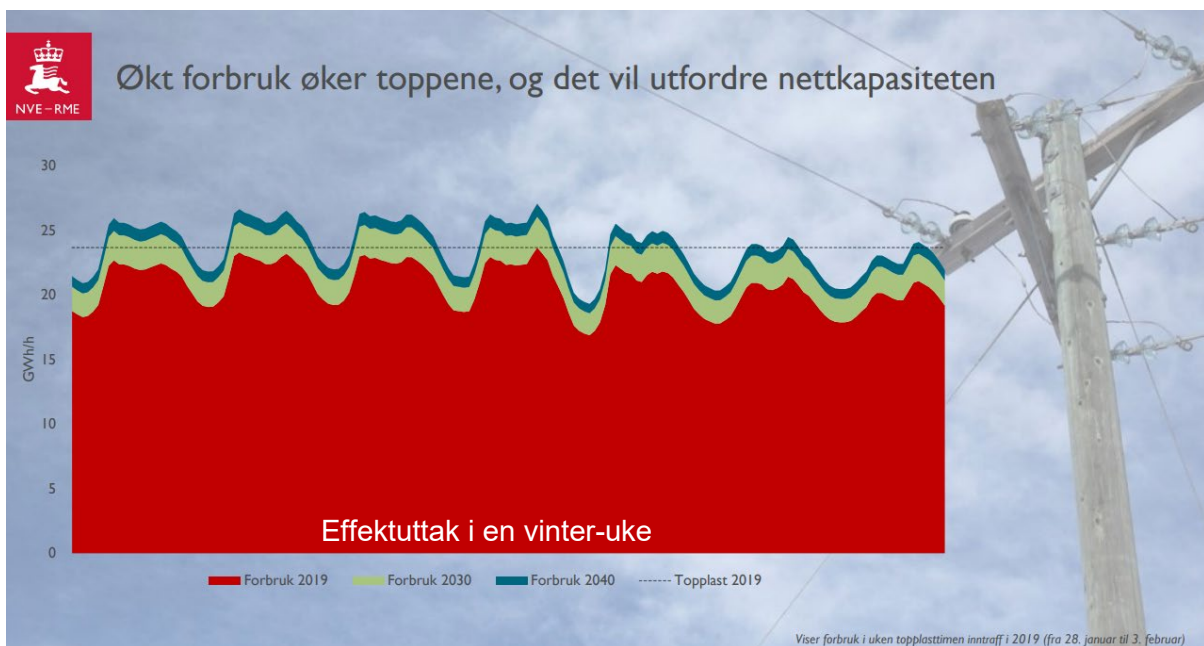
Det arbeides med revidering av NS 3031 og utarbeidelse av en nasjonal standard. Arbeidet med de nye standardene har imidlertid liten fremdrift og er kraftig forsinket etter opprinnelige planer.

5 VANNBÅREN VARME FRIGJØR EFFEKT TIL ANDRE FORMÅL

5.1 Strømnettet dimensjoneres etter effektbehov, ikke energibehov

NVE har gjort analyser som tyder på at i årene framover vil stadig flere bruke mye strøm samtidig. En annen måte å si det på er at «effektbruken» i samfunnet vil øke (NVE, 2019).

Strømnettet i Norge må ha kapasitet til å dekke effektbehovet til enhver tid. I Norge, med mye oppvarming basert på strøm, vil det være i kuldeperioder at vi bruker mest strøm samtidig for å holde byggene våre varme.



Figur 11 Illustrasjon av effektforbruk over en uke i januar/februar for årene 2019, 2030 og 2040. Økt elforbruk som følge av elektrifisering av ny industri og elektrifisering av transportsektoren vil øke effekttoppene og utfordre nettkapasiteten. (NVE, 2020)

Som følge av en pågående elektrifisering av transportsektoren øker effektbehovet, spesielt med mange hurtigladdere for biler, busser og ferger. Dette er illustrert i Figur 11 som er basert på NVEs framskriving til 2040, og som viser hvordan økt elektrisitetsforbruk vil utfordre eksisterende nettkapasitet. For å være sikker på å ha nok kapasitet til alt forbruket må strømnettet forsterkes og bygges ut, og dette er kostbart for samfunnet. Omfanget vil avhenge av hvor mye effektforbruket øker i årene fremover.

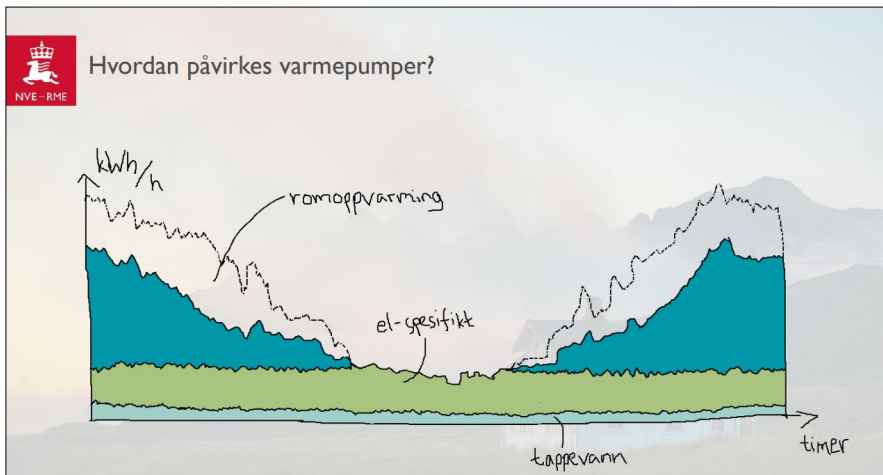
5.2 Vannbåren varme kan frigjøre effekt de kaldeste periodene

I følge vassdrags- og energidirektør Kjetil Lund (NVE) er det viktig at vi velger tiltak som reduserer behovet for å bruke strøm til oppvarming vinterstid, når vi skal gjøre oppgraderinger i boligene våre. Dette er et viktig tiltak for å unngå unødige nettinvesteringer (Teknisk Ukeblad, 2019).

I høringsnotatet som fulgte Forslag om endring i byggeteknisk forskrift (TEK17) om energiforsyningskrav for bygninger over 1000 m², ble det også lagt vekt på at fleksible

varmesystemer kan bidra til å redusere den grunnleggende utfordringen med høyt strømforbruk i fyringssesongen og derved dempe behovet for investering i strømmettet.

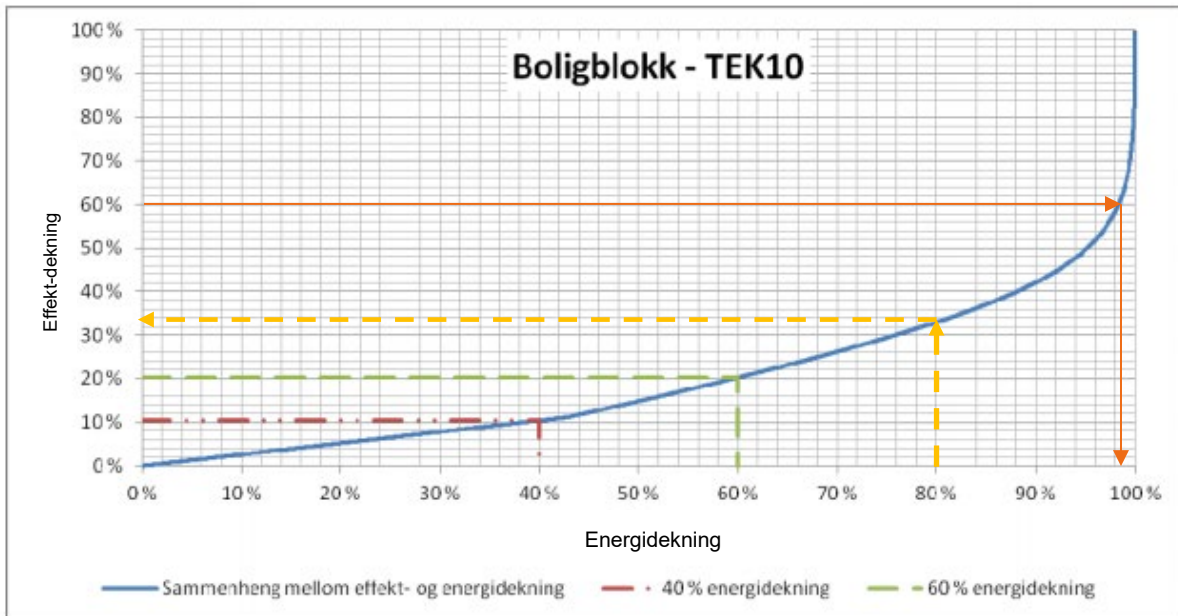
I Norge oppstår maksimal-effekter i strømmettet i forbindelse med kuldeperioder fordi store deler av oppvarmingen er basert på strøm. I et energifleksibelt varmesystem vil andre energiformer enn elektrisitet kunne dekke varmebehovet de kaldeste dagene. Dette er vist i Figur 12, der den stiplede linjen viser effektbehovet før tiltaket (varmepumpe) og effektbehovet etterpå (den helfargede delen). En overgang til fjernvarme ville kunne redusere effektbehovet ytterligere.



Figur 12 Illustrasjon av hvordan installasjon av en væske-vann varmepumpe kan påvirke effektbehovet i en bolig (NVE, 2020). Kommentar: Baderomsgulv vil nok stå på hele året i mange leiligheter. Dette er romoppvarming som ikke fremgår av figuren.

Ved å legge om fra direkte elektrisk oppvarming til andre energiformer reduseres belastningen på et allerede anstrengt kraftnett, og behov for nye kraftlinjer reduseres eller utsettes

Figur 13 illustrerer hvordan en energidekning på 60 % av alt varmebehov i en leilighet kun vil dekke ca. 20.% av maksimalt effektbehov. Dersom andelen økes til 80 % vil ca. 35 % av effekten dekkes. For å oppnå en høy effektdekning bør derfor en svært stor energidekning kreves.



Figur 13 Sammenheng mellom effekt og energi, basert på totalt varmebehov (romvarme, ventilasjonsvarme og tappevann)

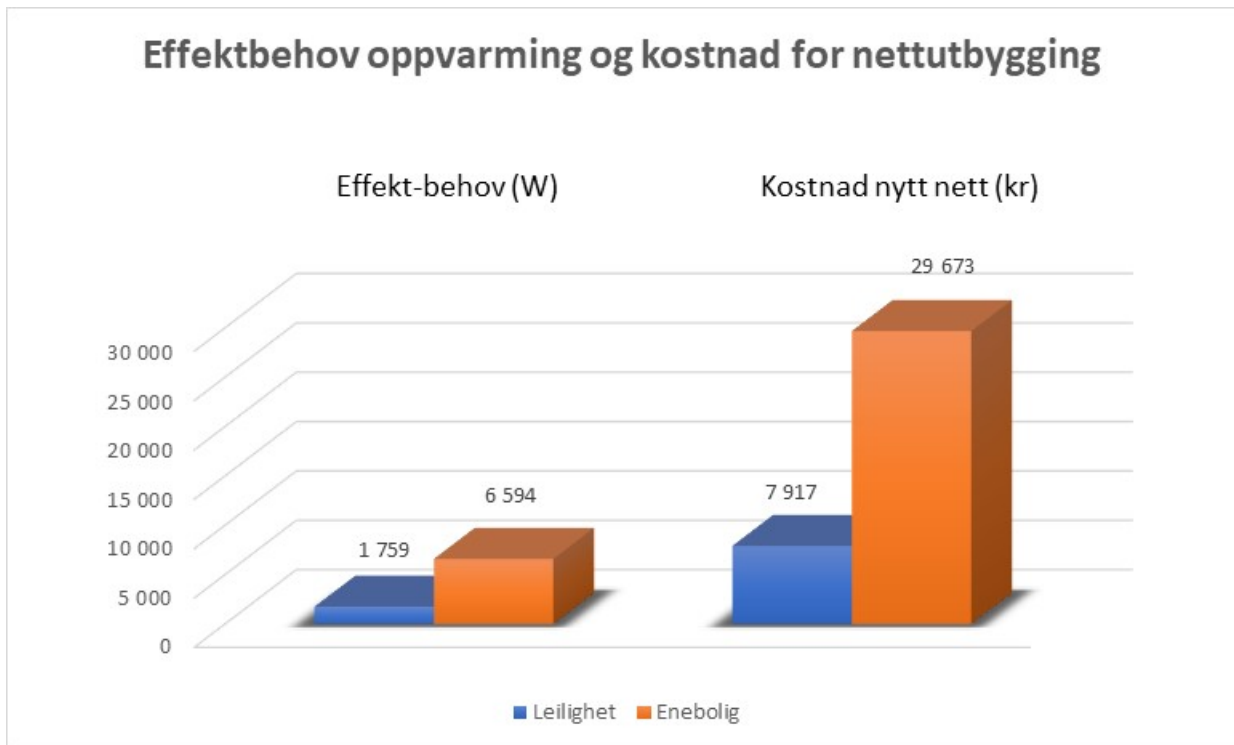
Et alternativ som kan vurderes er å stille krav til fleksibel effektdekningsnivå. Dersom 60 % av effekten i Figur 13 skal være fleksibel vil vi oppnå en energidekning på 98 %. Her er det imidlertid avgjørende hvordan en regner effekt til tappevann. I eksemplet er verdier i henhold til NS3032 benyttet. Disse forutsetter akkumulering slik at effektbehovet er jevnet ut over døgnet.

5.3 Vannbåren varme kan gi store besparelser i nytt nett

Kostnadene ved oppgradering av strømmettet er betydelige. Disse kostnadene fordeles i stor grad på alle forbrukerne. Verdien av 1 kW redusert effekt i toppplasttidspunktet er estimert til 4.500 kroner i form av sparte nettutbyggingskostnader (NVE, Reguleringsmyndigheten for Energi, 2020).

Vi har regnet på to eksempler (illustrert i Figur 14):

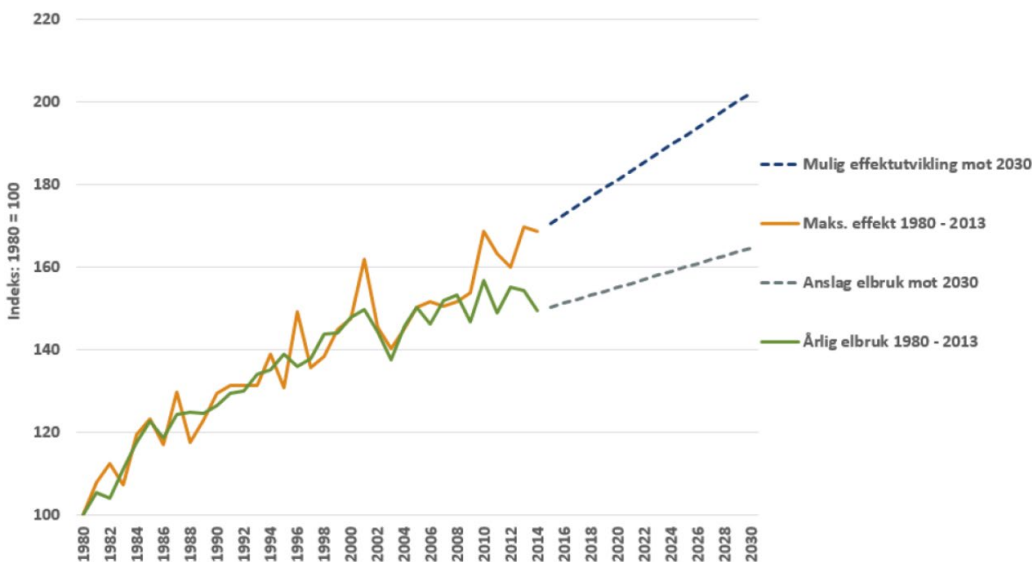
1. Leilighet på 60 m² bygget etter TEK 17: For denne leiligheten vil effektbehovet til termisk energi (oppvarming av rom, ventilasjon og tappevann) være rundt 1,8 kW. Dette vil være effekten som belastet strømmettet i kalde perioder ved direkte elektrisk oppvarming. Med energifleksibel oppvarming kan hele eller deler av dette effektbehovet flyttes fra strømmettet til annen energiforsyning. Gitt en verdi på 4.500 kr/kW bli da verdien av besparelsen i strømmettet rundt 8.000 kr. Dette er sammenlignbart med merkostnaden på mellom 1.000 kr og 10.000 kr for et vannbårent system.
2. Standard enebolig på 160 m²: For denne boligen vil effektbehovet til termisk være rundt 6,6 kW. Gitt en verdi på 4.500 kr/kW bli da verdien av besparelsen i strømmettet rundt 30.000 kr.



Figur 14 Effektbehov til oppvarming leilighet og enebolig etter TEK 17 samt potensiell besparelse i kostnader for nettutbygging ved bruk av andre kilder enn elektrisitet til oppvarming.

5.4 Effektprising vil gjøre energifleksible anlegg mer lønnsomme

Det er ikke nødvendigvis en sammenheng mellom samlet energiforbruk og effektuttak. De senere årene har veksten i elforbruket flatet ut, men vi ser at den samtidige bruken i topplasttiden fortsetter å øke (Thema Consulting , 2017). Figur 15 illustrerer dette.



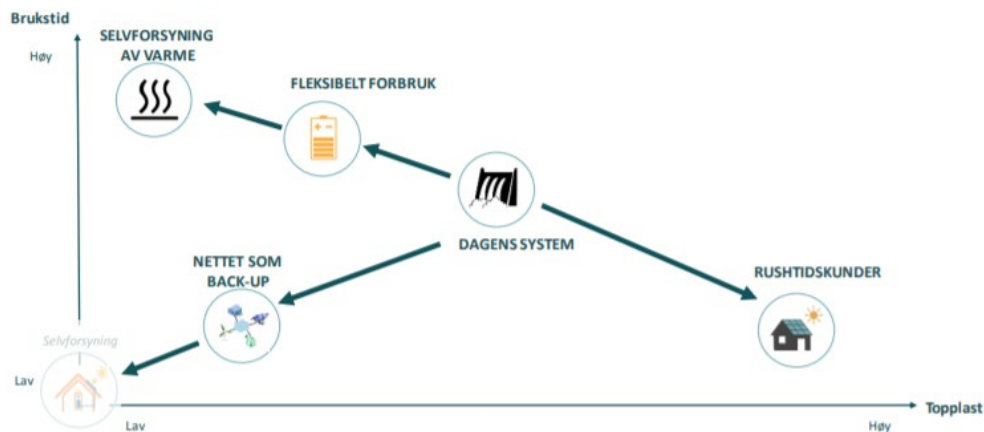
Figur 15 Utvikling i årlig elektrisitetsbruk og maksimal årlig effekt etter 1990 (Thema Consulting , 2017)

Dette påvirker hvordan leverandørene av elektrisitet ønsker å ta seg betalt. Enkelte har hevdet at vi i fremtiden kun vil betale for effekt. Det pågår en diskusjon om prising av energi fra felles infrastruktur. NVE arbeider med incentiver for å redusere effektuttak fra strømnettet og Vassdrags- og energidirektør Kjetil Lund sier:

"... Men vi kommer til å foreslå modeller for en gradvis omlegging som adresserer problemet som er beskrevet over, og som gjør at husholdninger i Norge kan spare nettleie ved å gjøre tiltak som faktisk avlaster strømnettet." (Teknisk Ukeblad, 2019)

Det vil da være helt avgjørende for forbrukerne at de har fleksible energiforsyningssystemer slik at de faktisk kan gjøre disse tiltakene. Dette er også illustrert vist i Figur 16 (Thema Consulting , 2017). Figuren viser hvordan fleksibelt forbruk kan redusere belastning på distribusjonsnettet.

Utvikling i brukstid og samlet behov for kapasitet i distribusjonsnettet

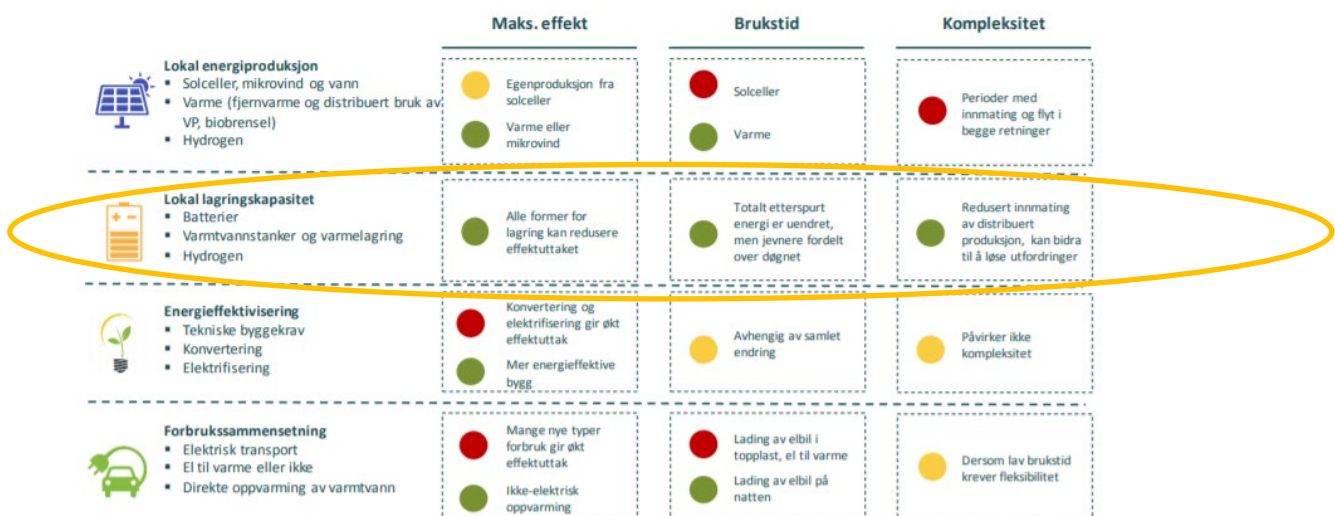


Figur 16 Utvikling i brukstid og samlet behov for kapasitet i distribusjonsnettet (Thema Consulting , 2017)

5.5 Lagringsteknologier muliggjør effektiv ressursutnyttelse

Behovet for fleksibilitet på etterspørselssiden vil øke i takt med at vindkraft erstatter kull- og gasskraft Nord-Europa. Dette er et sentralt resultat fra det nordiske flaggsjipsprosjektet Flex4Res (Söder, et al., 2018). I konklusjonen fra forskningsprosjektet fremheves det at et samspill mellom el- og varmesektoren og bruk av termiske lager er viktige for å nå klimamålene.

Som vist i Figur 17 er lagringsteknologier viktige for å oppnå energifleksibilitet. De gjør også systemene enklere å regulere og derved mer robuste.



Figur 17 Drivkrefter og hvordan de påvirker nett (Thema Consulting, 2017)

Som vist i Figur 11 er det i første rekke om natten at effektbehovet er så lavt at det kan være nyttig å flytte forbruk. Det betyr at lastflytting må kunne skje i løpet av et døgn, men med en del timers mellomrom. Det betyr at de ikke vil hjelpe mye å slå av en panelovn eller en varmtvannsbereider en times tid. Disse lastene må flyttes fra dag til natt dersom det skal få stor betydning.

En måte å løse en slik flytting på er med store batterier. Batterier er imidlertid per i dag kostbare, de benytter ressurser det er knapphet på, de forurenser og utgjør brannfare.

Termisk lagring er per i dag den billigste måten å lagre energi, både fordi teknologien er enkel og fordi slike lager i noen grad allerede er installert i husholdningene (Thema Consulting, 2017).

I vannbårne systemer kan vann være lagringsmediet, alternativt kan PCM-materialer (faseskift-materialer) også benyttes. Fordelen med vannbårne systemer er at mediet ikke utgjør noen miljøbelastning eller brannfare. Ulempen er at de er plasskrevende. Med vannbårne systemer i samspill med elektriske kan lagringen flyttes fra elsiden til den termiske siden. Dette lageret kan lades med svært mange ulike energiresurser. Vannbårne lagringsløsninger vil slik gi mer fleksibilitet, være mer miljøvennlig, gi mindre sårbarhet for endring i effekterprising og være mer lønnsomme enn elbatterier.

6 HUSHOLDNINGER KAN BLI "STUCK MED STRØM" I LANG TID

Dersom det er tilstrekkelig å ha en energifleksibel løsning kun på tappevann, slik tilfellet har vært i en del nye leilighetsprosjekter, vil det være umulig for husholdningene å finne andre løsninger enn direkte elektrisk oppvarming, og derved er de "stuck med strøm". Basert på det som er presentert i kapittel 4 der vi viste at leiligheter ofte bruker langt mer energi til romvarme enn forutsatt, vil en stor andel av husholdningenes termiske forbruk være ikke-fleksibelt.

Som vist i Figur 18 er det tiltak på de fleksible VVS-systemene som er vesentlige for bygg.

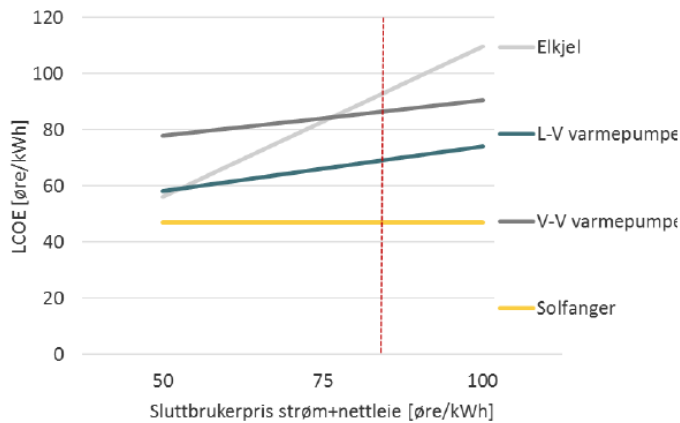
Respons	Lasttype	Eksempel industri	Eksempel bygg
1. Skru av forbruk	Prosesser som kan avbrytes	Stopp i produksjon med redusert vareleveranser	Slå av lys, TV eller annet
2. Skifte energikilde	Laster med back-up	Olje-/elkjeler Fjernvarme	Olje-/elkjeler Strømaggregat
3. Flytte last i tid	Trege laster	Varme/kjøling	Varme, kjøling og ventilasjon
	Laster med lager	Akkumulatortanker i fjernvarme	Varmtvannstanker, varmelager eller batteri
	Laster med overkapasitet	Gartneri – trenger kun lys 20 av 24 timer per døgn	Vaske-/oppvask-maskiner

Figur 18 Ulike former for forbruker fleksibilitet (Thema Consulting , 2017)

Panelovner/elektrisk gulvvarme er ikke fleksibelt og gir ikke forbrukeren mulighet til å velge alternative energiløsninger.

Som nevnt tidligere kan husholdningene forvente en endret prisstruktur på nettleien. Hvordan denne endringen blir vet vi fortsatt ikke, men det er varslet at det kommer til å bli en pris som er basert på både energi og effekt. Med et el-basert oppvarmingssystem har en forbruker liten eller ingen mulighet til å påvirke sitt effektbehov de kaldeste periodene. Med et fleksibelt system kan en husholdning konvertere til alternative kilder og oppnå lavere pris. Dette er illustrert i Figur 19. Her vises hvordan varmeprisen (LCOE)³ blir for ulike energiteknologier som funksjon av elektrisitetspris.

³ LCoE: Levelized Cost of Electricity, fordeler nåverdien av alle investeringer og driftskostnader på den totale produksjonen over hele levetiden til anlegget



Figur 19 Oppvarmingsanlegg til enebolig gitt vannbåren varme. beregninger for enebolig med 16600 kWh varmebehov basert på verdier fra Enova, Oljefri.no og diverse leverandører (Thema Consulting , 2017)

Ved valg av lav grad av energifleksibilitet tar utbygger valg som vil få konsekvens for forbruker i overskuelig fremtid. Dette gjelder særlig i eneboliger. Det er heller ikke mulig med termisk lager uten vannbåren varme. Forbrukeren er derved fratatt muligheten til å sikre seg robuste og kostnadseffektive løsninger for fremtiden.

REFERANSER

- Asplan Viak. (2016). *Energifleksibilitet i bygg – en studie av konsekvenser av preaksepterte løsninger*.
- Asplan Viak. (2017). *Ytterligere beregninger knyttet til rapporten Energifleksibilitet i bygg – en studie av konsekvenser av preaksepterte løsning*.
- Borgli, I. B., Nørstebø, K., & Albarracin, A. (2014). *Vannbåren oppvarming i fremtidens leiligheter*. OsloMet (hovedoppgave).
- DnB. (2018, Desember 13). *Hvordan spår vi boligprisene framover?* Hentet fra Alt om bolig: <https://dnbeiendom.no/altombolig/kjop-og-salg/boligpriser1/prognoser/hvordan-spa-boligpriser>
- Energi Norge. (2016). *Investeringer i strømmettet 2015-2025*. Energi Norge.
- Enova. (2019). *Forprosjekt Ny energimerkeordning Hovedrapport*. Enova SF.
- Jacobsen, H., & Naug, B. E. (2004). *Hva driver boligprisene. Penger og kreditt*.
- Kulvik, S. G. (2019). *Energianalyse av vannbårent varmesystem - Omlegging fra 5 til 3 rørsystem*. UiT (Masteroppgave).
- Miljødirektoratet. (2020). *Klimakur 2030 - Tiltak og virkemidler mot 2030*. Miljødirektoratet.
- NEMITEK. (2019, Oktober 16). Hentet fra Trerørssystem gjør vannbåren varme billigere: <https://nemitek.no/af-energi--miljoteknikk-femrorssystem-lk-systems/trerorssystem-gjor-vannbaren-varme-billigere/114849>
- NEMITEK. (2019, November 25). *Du kan ikke stole på simuleringene – gir ikke riktig energiforbruk*. Hentet fra <https://nemitek.no/claudia-moscoso-hicham-johra-nzeb/du-kan-ikke-stole-pa-simuleringene--gir-ikke-riktig-energiforbruk/117511>
- NVE. (2019). *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2019-2040*. NVE.
- NVE. (2019, Juni 5). *Nytt fra NVE 2019*. Hentet fra NVE: <https://www.nve.no/om-nve/presserom/taler-og-presentasjoner/nytt-fra-nve-2019/>
- NVE. (2020). *RME høringsdokument - Endringer i nettleiestrukturen*. NVE.
- NVE. (2020, Februar 5). *Forslag til endringer i nettleiestrukturen*. Hentet fra [nve.no: https://www.nve.no/media/9153/05-02-2020_effekttariffer_andreas-bjelland-eriksen-og-jarand-hole.pdf](https://www.nve.no/media/9153/05-02-2020_effekttariffer_andreas-bjelland-eriksen-og-jarand-hole.pdf)
- NVE. (2020, Februar 5). *Forslag til endringer i nettstrukturen - Kjetil Lund*. Hentet fra [nve.no: https://www.nve.no/media/9152/05-02-2020_effekttariffer_kjetil-lund.pdf](https://www.nve.no/media/9152/05-02-2020_effekttariffer_kjetil-lund.pdf)
- NVE, Reguleringsmyndigheten for Energi. (2020, Februar). *Informasjon fra Andreas Bjelland Eriksen*.
- Nørstebø, K. (2018). *Dokumentering og evaluering av ny teknisk løsning for vannbåren varme i norske leilighetsbygg*. NTNU (masteroppgave).

SSB. (2012). *Ta hjemmetempen*. SSB.

Söder, L., Lund, P., Koduvere, H., Bolkesjø, T., Rossebø, G. H., Rosenlund-Soysal, E., . . . Blumberga, D. (2018, June 1). A review of demand side flexibility potential in Northern Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, s. 10.

Teknisk Ukeblad. (2019, Desember 2019). Hentet fra NVE svarer: Ukorrekt om nettleien: <https://www.tu.no/artikler/nve-svarer-ukorrekt-om-nettleien/480381>

Thema Consulting . (2017). *Nettregulering i framtidens kraftsystem*. Energi Norge.