



Energifleksibilitet i bygg og områder

Åse L. Sørensen¹, Hanne Kauko², Stian Backe², Igor Sartori¹, Magnus Askeland², Dimitri Pinel², Laurent Georges³, Kasper Emil Thorvaldsen², Magnus Korpås³

Forskere i forskningssenter FME ZEN: ¹ SINTEF Community, ² SINTEF Energi, ³ NTNU.



Fleksibel energibruk er en nødvendig del av et energisystem basert på fornybar energi. I dette notatet gir FME ZEN anbefalinger for tiltak som kan øke energifleksibiliteten i bygg og områder. Vi beskriver status og muligheter innen energifleksibilitet, basert på forskning og praksis.

Hvorfor utnytte energifleksibiliteten i bygg og områder

For å oppnå målet om et utslippsfritt Europa innen 2050, må andelen av vind- og solkraft øke betraktelig. Denne energien er væravhengig og vanskelig å regulere. For å kunne opprettholde balansen i kraftsystemet er det derfor nødvendig at sluttbruken av elektrisitet blir mer fleksibel enn tidligere.

Boliger og yrkesbygg står for rundt halvparten av det årlige strømforbruket i Norge¹. Dersom energibruk i bygg og områder i større grad følger produksjonen fra fornybare energikilder, vil dette bidra til å redusere utslipp^{2,3}. Energifleksible bygg og områder kan også bidra til at kapasiteten i energinettene (kraft og fjernvarme) utnyttes bedre, ved å flytte energibruk fra tider med høy belastning til tider med tilgjengelig kapasitet^{4,5}.

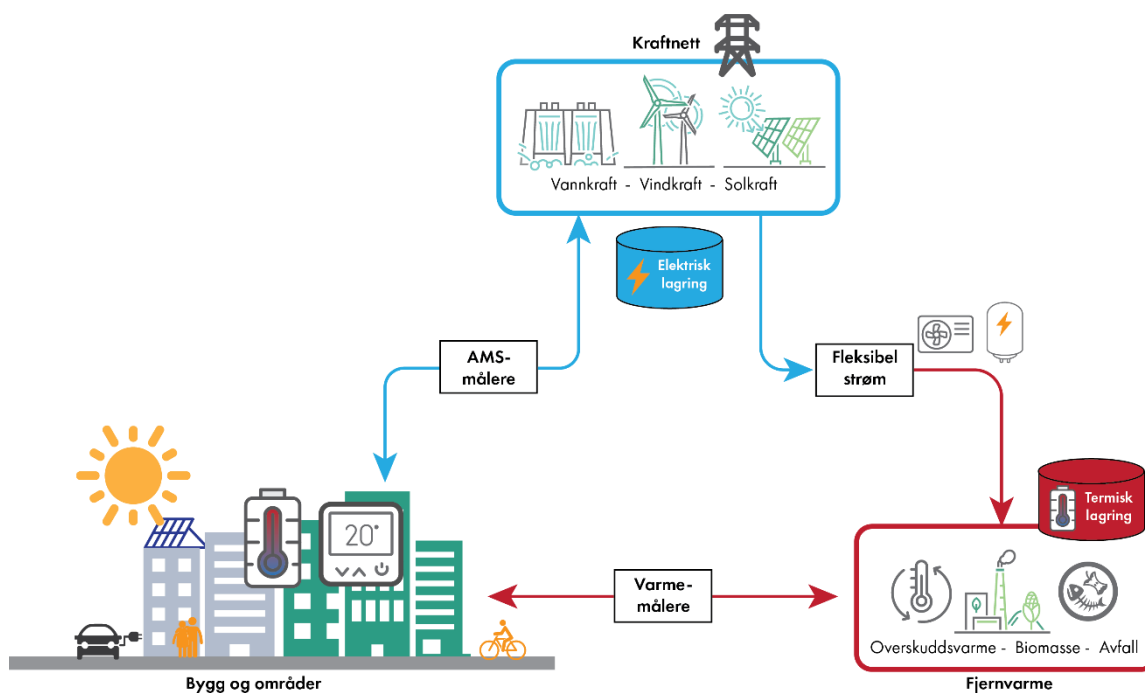
Sluttbrukerfleksibilitet kan defineres som evnen til å styre energibruk, lagring og lokal energiproduksjon for å respondere på eksterne signaler – samtidig som brukerens behov og komfort er ivaretatt.^{4,6,i}

ⁱ Merk at denne definisjonen av sluttbrukerfleksibilitet går utover DiBKs definisjon av "energifleksible varmesystemer", siden det er viktig at energibruken er fleksibel i tid. For DiBK innebærer fleksibilitet utskifting mellom energikilder i teknisk rom (slik som fjernvarme, strøm eller biomasse), før varmen distribueres i bygget (vann- eller luftbårent), se rapport "[Energifleksible varmesystemer for bygninger](#)".

Energikommisjonen er tydelig på at vi må få til energibruk som er mer energieffektiv, mer automatisert, mer fleksibel og responderer på prissignaler⁷. Statnett, som har det overordnede ansvaret for å koordinere driften av kraftsystemet, bekrefter det økende behovet for fleksibilitet, og peker på at dette også gir nye forretningsmuligheter for både eksisterende og nye aktører⁸. For lokale nettselskap er fleksibilitet viktig for å håndtere spenningsutfordringer og flaskehalsen i nettet⁹.

FME ZEN har utviklet kunnskap, løsninger, teknologier og verktøy for design og drift av energifleksible bygninger og områder. Dette notatet beskriver status fra forskning og praksis, og peker på muligheter for å implementere energifleksibilitet.

Vi lister først anbefalinger av tiltak som kan øke energifleksibiliteten, med utgangspunkt i skjæringspunktet mellom forskning og praktisk erfaring. Videre beskriver vi de fleksible energiresursene som er tilgjengelig i bygninger og på områdenivå, samt styringen av disse. Figur 1 illustrerer de omtalte løsningene.



Figur 1: Fleksible energiresurser er tilgjengelig i bygninger og på områdenivå.



Anbefalinger for storskala realisering av energifleksibilitet

Basert på forskning og samarbeid i FME ZEN anbefaler vi at følgende tiltak prioriteres for storskala realisering av energifleksibilitet i bygg og områder:

-
- Modning og utbredt bruk av dagens styringsløsninger for fleksibilitet
 - Pilotering av lite utprøvde styringsløsninger med stort potensial
 - Permanent reduksjon av behov for elektrisitet gjennom energieffektivisering og bruk av fjernvarme
 - Prissignaler som sluttbrukere enkelt kan reagere på, og som samtidig gir ønsket effekt for samfunnet
 - Tilrettelegge for koordinerte fleksibilitetsløsninger på område- og bynivå
-

Eiere og utviklere av næringsbygg og boliger anbefales å

- Etterspørre og ta i bruk dagens styringsløsninger for fleksibilitet.
- Teste lite utprøvde styringsløsninger – gjerne i samarbeid med forskere. Dette gjelder særlig:
 - Styring av varmesystemet i bygninger, i tråd med brukerens ønsker/komfort.
 - Avanserte styringssystemer, hvor tekniske anlegg kan ta imot styringssignaler.
 - Testing av områdeløsninger for elektrisitet og varme, på tvers av bygninger og leiligheter i boligblokker, for å redusere felles topplast og innmating.

Leverandører av teknologi og styringssystemer anbefales å

- Videreutvikle brukervennlige styringsløsninger som utnytter flere økonomiske muligheter. Dette inkluderer:
 - Tilby styringsløsninger som øker lønnsomheten, ved å hensynta blant annet spotpriser, nettleie, reservekraftmarkeder, og tilgjengelig solenergi.
 - Videreutvikling av modne styringsløsninger, særlig for elbillading, varmtvannsberedere, panelovner, elkjeler og varmepumper.
 - Tilpasning av styringsløsninger for ulike bygningskategorier og for områder.



Politikere/reguleringsmyndighet/virkemiddelapparatet anbefales å

- Evaluere og tilpasse rammevilkårene for fleksibilitetsløsninger, slik at de bidrar til bærekraft i samfunnet.
- Videreføre og ytterligere utvikle virkemidler for utbredt bruk av fleksibilitetsløsninger. Dette inkluderer:
 - Dagens ordninger for pilotering av nye løsninger hos bl.a. NVE¹⁰ og Enova¹¹.
 - Økt tilgang til eksisterende fleksibilitetsmarkeder, blant annet ved å senke budstørrelsen i ulike reservemarkeder.
 - Prioritere støtte til sluttbrukerfleksibilitet framfor støtte til stasjonære batterier.
- Sørge for at virkemiddelapparatet treffer tiltak for permanent reduksjon av behov for elektrisitet og effekt i de travleste periodene i strømmettet. Dette gjelder særlig:
 - Økonomisk støtte for konvertering til vannbåren varme og energieffektivisering.
 - Energimerkeordning og sertifiseringsordninger som støtter bærekraftige og effektive varmeløsninger på områdenivå, inkludert fjern- og nærvarme.
 - Støtte bruken av lavtemperatur-fjernvarme i nye nabolag for mer effektiv bruk av varmepumper og overskuddsvarme.
- Tillate koordinering av fleksible energiresurser på områdenivå og i boligblokker, for eksempel gjennom organisering av områder som energisamfunn¹².

Strømselskap, nettselskap, og fjernvarmebransjen anbefales å

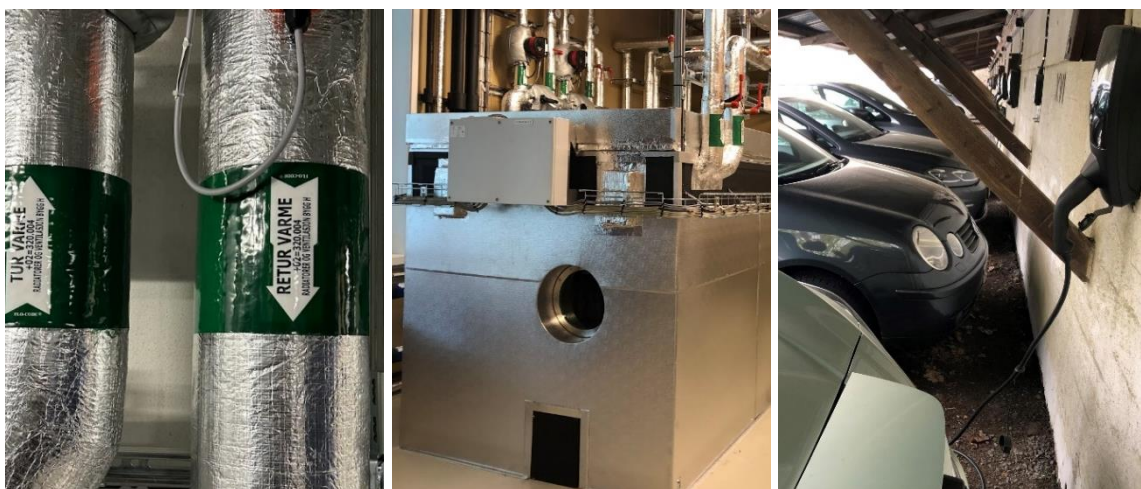
- Tilby ordninger som belønner fleksibilitet. Dette gjelder særlig:
 - Videreutvikle mobilapplikasjoner og kommunikasjonsplattformer for økt forståelse, valgmuligheter, belønning og engasjement for energibruk.
 - Videreutvikle tariffene for nett og fjernvarme som belønner fleksibilitet hos sluttkunden og bidrar til reduserte kostnader for samfunnet.



Løsninger for å realisere energifleksibilitet

Fleksible energiresurser i bygninger

Romoppvarming, oppvarming av varmtvann og lading av elbiler er blant de mest tilgjengelige fleksible ressursene i bygninger per i dag. Dette skyldes både at de utgjør en stor andel av energibruken i bygg, samt at tidspunktet for slik energibruk gjerne kan flyttes på – ofte uten ulempe for brukeren. I tillegg er det mulig å endre tidspunkt for annen energibruk, som for eksempel bruk av vaskemaskiner, men disse utgjør en mindre andel av energibruken. I dette notatet har vi derfor valgt å fokusere på de tre overnevnte fleksible ressursene. Ved utvikling av løsninger for sluttbrukerfleksibilitet er det viktig at løsningene er enkle å ta i bruk, samt at endringene ikke går på bekostning av komforten til brukerne¹³.



Bilder (fra venstre): Et vannbårent oppvarmesystem på en skole, et innovativt voksbasert varmelager i ZEB-laboratoriet¹⁴, og elbillading i et sameie (foto: Sørensen / SINTEF).

Romoppvarming og varmtvann

Oppvarmingssystemet til et bygg kan ha et stort potensial for energifleksibilitet, avhengig av bygningskropp, type varmedistribusjon, dimensjonering av oppvarmingsteknologier, og styringssystem. Flexibilitet betyr at oppvarmingen kan flyttes i tid for å oppnå ulike energi- og miljømål, og muligheten til å flytte på oppvarmingslasten kan i tillegg økes betraktelig ved aktiv lagring av varme. Varme kan lagres i den termiske massen til et bygg (eks. vegger og gulv), i vannbårne varmesystemer (eks. radiatorsystemer), eller i dedikerte varmelagre (eks. varmtvannsberedere).



Nøkkelmomenter:

- Per i dag har de fleste norske bygg elektrisk oppvarming, og rundt to tredjedeler av elektrisitetsbruken i bygg går til oppvarming av rom og varmtvann¹⁵. Dette fører til at bygg i Norge har et høyt strømbehov sammenlignet med andre land¹⁶. Det høye effektbehovet om vinteren kan skape utfordringer for kraftsystemet.
- Muligheten for å lagre varmen i den termiske massen til bygningen er avhengig av type bygg, isoleringsnivå og bygningsmasse (eks. betong versus tre).
- Elektrisk romoppvarming gir muligheter for energifleksibilitet, siden panelovner og noen elektriske gulvvarmesystemer kan endre innetemperaturen raskt og er enkle å styre¹⁷.
- Vannbårne varmesystemer muliggjør en utvidet fleksibilitet gjennom å kunne benytte ulike energikilder: eks. varmepumper, flis/ved, sol eller fjernvarme. Det er dermed mulig å skifte varmekilde fra for eksempel strøm til flis.
- Vannbårne varmesystemer har høyere termisk masse enn panelovner, og holder dermed varmen lengre. Vannbåren gulvvarme kan deles inn i tunge og lette systemer. Spesielt tunge gulvvarmesystemer (eks. i betong) kan i større grad lagre varme i den termiske massen. Det tar lengre tid å endre innetemperaturen i slike systemer, noe som må hensyntas ved fleksibel styring. Lett vannbåren gulvvarme (eks. tregulv) og radiatorer har raskere respons for innetemperaturen, men kan ikke lagre like mye varme i den termiske massen. Elektriske akkumuleringsradiatorer er også vanlige i noen Europeiske land.
- Strømbruken til elektriske varmtvannsberedere kan flyttes i tid, eksempelvis fra morgenen til senere på dagen, for å øke bruken av solenergi eller redusere energikostnader. Det finnes i økende grad kommersielle løsninger for smart styring av varmtvannsberedere¹⁸.

Elbillading

En økende andel av transportsektoren er elektrisk, og i 2023 var over 80% av det norske nybilsalget av personbiler helelektriske¹⁹. Energi og effekt tilknyttet elbillading fører til økt belastning på nettet. Samtidig har elbillading et stort potensial for energifleksibilitet, siden ladingen ofte kan flyttes i tid uten å være til ulempe for brukerne. Det er allerede i dag et betydelig økonomisk sparepotensial ved smart styring av elbillading²⁰. Dette er størst når styringen tar hensyn til flere prissignaler.

Nøkkelmomenter:

- Det er et betydelig potensial for å flytte elbillading i tid, spesielt fra ettermiddag/kveld til nattestid for boliger^{20,21}, og fra morgen til senere på dagen for næringsbygg.
- Det finnes flere kommersielle løsninger for styring av enkeltladere, som for eksempel lading innenfor bestemte tidsrom eller når spotprisene er lave. Det



er en fordel å også ta hensyn til effekttariffer, solenergi eller nettbehov²⁰, og enkelte kommersielle løsninger muliggjør også dette i dag. Løsningene er ofte knyttet til bileierens strømleverandør, noe som begrenser bruken i fellesanlegg.

- I fellesanlegg for leilighetsbygg, kontorer ol. finnes det ofte løsninger for å unngå at ladeeffekten overstiger tilgjengelig kapasitet. Slike løsninger kan videreutvikles, slik at styringen også kan ta andre hensyn, slik som spotpriser, effekttariffer og tilgang til solenergi. Brukere av fellesanlegg bør belønnes for å tilby fleksibilitet, og bør enkelt kunne oppgi nødvendig informasjon – slik som batteristatus og forventet parkeringstid.
- For bygninger med solcellepaneler og områder med mye solkraft er det positivt med elbillading midt på dagen²⁰. Styring av elbilladingen kan hindre for høye spenninger i nettet, uten at man trenger å strupe solkraftproduksjonen. Elbillading bør styres aktivt for å oppnå dette, og brukere bør belønnes for å være tilkoblet smarte ladere på dagtid.

Batteriet i elbiler kan levere strøm til bygg/nett gjennom toveis elbillading, men dette er fortsatt et umodent marked. Løsningen medfører også energitap, samt økt bruk av batteriet sammenlignet med kun styrt lading, noe som kan påvirke batterilevetiden. Potensialet for fleksibel lading bør i utgangspunktet utnyttes før man tar i bruk toveis lading. ZEN-pilot Evenstad deler praktiske erfaringer fra implementering av toveis elbillading²².

Stasjonært batteri

Stasjonære batterier kan bidra til å øke egenbruk av solenergi, redusere energi- og effektkostnader i bygg, muliggjøre deltakelse i balansemarkeder, samt bidra som reservekraft. Samtidig medfører batterier utfordringer når det kommer til miljø- og sikkerhetshensyn, energitap og investeringskostnader. Batterier opptar også plass i bygget/neighborlaget som må vurderes mot annen arealutnyttelse. Videre kan styringen av batterier være en utfordring, i alle fall når det er ønskelig at batteriene skal bidra til å oppnå flere mål samtidig, i mer avanserte styringssystemer²³. Bruk av batteri for å oppnå en mer optimal drift for et enkeltbygg vil ikke nødvendigvis føre til tilsvarende bedring for energisystemet i området²⁴.

Det bør dermed vurderes om batterier faktisk er nødvendig i et gitt bygg, eller om energi- og klimamål heller bør oppnås ved å utnytte fleksibel energibruk i bygget – i samspill med energisystemet i området. Forskning i ZEN har vist at for eksempel varmelagring er mer lønnsomt enn bruk av stasjonære batterier²⁵. Også prosjektet FlexBuild konkluderte med at utnyttelse av fleksibilitet i bygg er mer økonomisk lønnsomt enn stasjonære batterier¹⁵. På den annen side kan batterier være et godt og raskt alternativ i områder hvor kraftnettet er presset og eksisterende bygningsinfrastruktur ikke gir mye rom for fleksibilitet på kort sikt. Eksempelvis kan batterier løse nettutfordringer lokalt i bygg og områder med mye solstrømproduksjon. Siden batterier kan flyttes på, kan de også benyttes som et midlertidig tiltak, inntil eventuelle andre og mer langsiktige fleksibilitetsalternativer er på plass.



Data og styringssystemer i bygg

De fleksible energiresursene i et område kan styres av byggets brukere, eget driftspersonell, eller av eksterne energiaktører (f.eks. aggregatorer). Dette omtales som implisitt og eksplisitt bruk av fleksibilitet. I tabellen er det listet eksempler på noen vanlige styringsmåter for fleksible ressurser.

Hvem	Hvordan	Eksempel
Byggets egne operatører (Implisitt)	Styring av fleksible laster (manuell)	Bryter/innstilling på en panelovn
	Styring av fleksible laster (automatisk)	Styring av panelovn, elbillader osv. via mobilapplikasjoner
	Automatisk styring via byggets automasjonssystem	Styring av varmesystemet i et næringsbygg via SD-anlegg
Eksterne operatører (Eksplisitt)	Styring av fleksible laster, innenfor avtalte grenseverdier	Operatør kommuniserer direkte med fleksible laster

Nøkkelmomenter:

- Per i dag leveres noen energiteknologier med egne data- og styringssystemer. For bygg med mer avanserte styringssystemer er det en fordel med felles data- og styringssystem, på tvers av teknologiene²⁶.
- Det kan være utfordrende å få tilgang til sanntidsdata av god nok kvalitet^{27,28}.
- Avanserte styringsløsninger, som hensyntar fremtidige priser, vær og energibruk (f.eks. prediktiv kontroll), gir lovende resultater i forskningen²⁹, men er i liten grad demonstrert i bygg under reelle driftsbetingelser^{27,30}.
- Alle bygg er ulike, og styring av varmesystemer i bygg kan være kompleks^{27,28}. For å styre oppvarming på en fleksibel måte, er det behov for dedikerte målere, sensorer og komponenter som er egnet for prediktiv styring og energifleksibel drift.
- Yrkesbygg har gjerne eksisterende energistyringssystemer og dedikert driftspersonell, og kan være egnet for bruk av mer avanserte styringssystemer tilknyttet oppvarming, ventilasjon og varmelagring enn boligbygg.
- Det er energitap knyttet til bruk av fleksibilitet og energilager. Varmelagring i den termiske massen til bygg har ofte høyere energitap enn de andre lagringssystemene. Energistyring som fører til lavere pris, redusert topplastbehov og/eller redusert miljøpåvirkning fører derfor ikke nødvendigvis til lavere totalt energibruk⁴.



Fleksible energiresurser på områdenivå

I tillegg til fleksibilitet tilgjengelig i enkeltbygg, kan fleksible energiresurser utnyttes på områdenivå. Slike ressurser kan være knyttet til det termiske energisystemet (fjern- eller nærvarmesystem) eller kraftnettet.

Fjernvarmesystemet

Når bygningens oppvarming konverteres fra elektrisitet til fjernvarme, reduseres behovet for strøm permanent. Fjernvarmeⁱⁱ bidrar til å avlaste kraftnettet, spesielt i kalde perioder når belastningen er høyest³¹. I FME ZEN er det beregnet at det totale strømbehovet kan reduseres med opptil 26% og topplastbehovet med opptil 35% innen 2050, ved å kombinere ambisiøs energieffektivisering med økt bruk av vannbårne varmesystem med fjernvarme i tettbebygde områder og varmepumper i distriktene³¹. Et fjernvarmesystem har i tillegg mer redundans gjennom å kunne benytte flere energikilder. I Norge produseres fjernvarme hovedsakelig fra avfallsforbrenning, bioenergi, varmepumper og industriell overskuddsvarme³². For spisslast benyttes det ofte elkjeler. Flere fjernvarmesystem har i tillegg store akkumuleringstanker, som i samspill med elkjeler og de øvrige varmekildene gir fleksibilitet på systemnivå.

Nøkkelmomenter:

- Utbredt bruk av vannbårne varmesystem og fjernvarme gir en varig reduksjon i strømbehov. Reduksjonen er størst på vinteren når nettet er høyest belastet.
- Fjernvarmesystem kan tilby fleksibilitet i stor skala gjennom sektorkobling med varmepumper og/eller elkjeler i kombinasjon med termisk energilagring. De fleste fjernvarmesystem har elkjeler som spisslast, som gjerne kobles av når nettet er høyest belastet. Elkjelene kan også produsere mer varme i lavprisperioder, eks. om natten, for så å redusere topplastbehov om morgenen.
- Lavtemperatur-fjernvarme er gunstig for nye nabolag, fortrinnsvis i kombinasjon med gulvvarme i bygg. Lav turtemperatur tillater effektiv drift av varmepumper, og gir bedre mulighet for bruk av overskuddsvarmekilder og solvarme. Hvis turtemperaturen er så lav (<60°C) at det trenges spissing av temperatur for tappevann, gir dette mer rom for systemfleksibilitet gjennom tappevannsproduksjon og -lagring i bygningene³³. Slik fleksibilitet kan være spesielt gunstig i områder med mye lokal strømproduksjon.
- Sesonglagring av varme i brønnparker muliggjør lagring av overskuddsenergi fra avfallsforbrenning, industri eller sol over sommeren, og slike varmelagre planlegges i ZEN-pilotene³⁴ Furuset³⁵ og Nyhavna³³. Et sesonglager reduserer da belastningen i fjernvarmesystem og bruken av spisslastkjeler om vinteren gjennom å utnytte energi som ellers ville gått til spille³⁶.

ⁱⁱ Med fjernvarmesystem mener vi her både store fjernvarmesystem i byer, og mindre nærvarmesystem for områder og nabolag.



Kraftsystemet

Etter hvert som andelen fornybar produksjon øker vil det i stadig større grad være nødvendig med forbruk som kan følge produksjonsmønsteret. Ved høy fornybarandel vil det kunne oppstå overproduksjon i perioder, og fleksibilitet kan da unngå at man må redusere (strupe) produksjonen fra fornybare kilder³⁷.

Nettselskap kan kjøpe fleksibilitet på lokale fleksibilitets-markeder, for eksempel tilknyttet områder med spenningsutfordringer og flaskehals. Energifleksibilitet i bygg og områder kan være et varig eller midlertidig alternativ til forsterkninger av nettet.

Statnett kjøper fleksibilitet for å balansere kraftsystemet og sikre stabil drift. Dersom mindre fleksibilitetsressurser aggregeres opp til et stort nok antall kan de aktiveres som en ressurs i kraftsystemets balansemarkeder.

Nøkkelmomenter og eksempler:

- Koordinert fleksibilitet fra forskjellige kunder kan støtte strømmettet i et lokalt område. Nettselskapet kan aktivere fleksibiliteten etter behov, ved å koble ut forskjellige ressurser hos kundene i korte perioder. Demoprojektet StrømFleks viste at det reelle fleksibilitetspotensialet var betydelig ved bruk av varmtvannsberedere, varmekabler og varmepumper hos husholdninger, ventilasjonsanlegg i skoler, og elbilladepark hos næringsbygg^{38,39}. I prosjektet Euroflex utvikler en rekke selskaper en kommersiell markeds plass for handel med forbrukerfleksibilitet i strømmettet⁴⁰, og både husholdningskunder og virksomheter kan tilby forbrukerfleksibilitet.
- Nettselskap kan også aktivere økt energibruk i perioder med høy lokal fornybarandel. Norgesnett tilbyr kunder i belastede nett redusert nettleie gjennom ordningen eNabo⁴¹, dersom de for eksempel lader elbilen eller varmer varmtvannsberederen på tidspunkter med høy solenergi produksjon i området.
- Elbilladeparker (både hurtig- og normalladere) kan bidra med fleksibilitet som spenningsstøtte når det lokale nettet opplever spenningsproblemer⁴². Sentralisert styring av elbillading kan også aggregert sett bidra med å redusere forbrukstopper i strømmettet, uten at elbilene trenger å være på samme sted⁴³.
- Det er ønskelig at bygninger i større grad deltar i kraftsystemets balansemarkeder, men det er få eksempler på dette per i dag. Med flere fleksible energiresurser er det mulig å aggregere disse ressursene for å delta i balansemarkeder. For eksempel kan fleksible ressurser i bygg og en elbilladepark kollektivt bidra til deltakelse i raske frekvensreserver (FFR)-markedet, som vil gi grunnlag for ytterligere merinntekter for nabolaget⁴⁴. Statnett og aggregatorer har allerede demonstrert at dette er mulig⁴⁵.
- Det er viktig å være oppmerksom på gjeninnkoblingseffekten når fleksible ressurser slås på igjen, slik at den nye effekttoppen ikke blir for høy³⁹.



- Større stasjonære batterier kan levere fleksibilitet til reservemarkedene som FFR⁴⁶, men også for lokale tiltak som spenningsstøtte⁴⁷. Kost-nytte for stasjonære batterier må vurderes mot andre fleksible ressurser i området.
- Lokale energisamfunn¹² med fleksible ressurser (eks. stasjonære batterier eller fleksible energilaster som styres koordinert) kan bistå nettselskapet med fleksibilitet rettet mot lokale spenningsproblemer i tillegg til egne interne behov. Dette kan gi verdifull fleksibilitet for det overliggende kraftsystemet uten nødvendigvis store ekstrakostnader for energisamfunnet.⁴⁷ Koordinering mellom nettkunder kan også muliggjøre vilkårsbasert tilknytning av nye nettkunder, som ikke får plass i strømmettet med dagens tilknytningsprosess⁴⁸.
- Dagens regelverk er i behov for endring for å kunne muliggjøre slik koordinert bidrag, og det er viktig at disse formes riktig for å ikke slå negativt ut, for eksempel forsyningssikkerheten⁴⁹. Det skjer endringer på denne fronten som tillater lokal utveksling, som delingsordningen for fornybar kraftproduksjon^{50,51}.

Styringssignaler for fleksible ressurser

Fleksible energiressurser kan styres etter ulike signaler, slik som prissignaler eller energimålinger. Tilgjengelige styringssignaler i Norge er omtalt i det følgende.

- **Strømpriser:** Den totale strømprisen består av spotpris, påslag, nettleie, avgifter, moms og eventuelt fratrukk for strømstøtte. Spotprisen endres time for time, avhengig av tilbud og etterspørsel, og vil generelt være lavere i timer med mye vind- og solkraft tilgjengelig i energisystemet². Morgendagens spotpris er tilgjengelig rundt kl 13:00 dagen før, og kan dermed hensyntas av styringssystemer. En rekke energiaktører tilbyr styringsløsninger basert på spotpris, for eksempel tilknyttet elbillading eller varmtvannsberedere. Dersom mange styrer etter kun spotpris kan dette føre til økt energibruk i enkelttimer²⁰, noe som er positivt for balansen i sentralnettet, men igjen kan skape lokale kapasitetsutfordringer. Fram til nå har dette ikke vært en vanlig utfordring, og effektbaserte nettтарiffer motvirker dette til en viss grad.
- **Solstrømproduksjon:** Solstrøm kan brukes direkte i bygget, uten å betale nettleie, og det er derfor økonomisk gunstig å flytte fleksibel energibruk til tider med overskuddsstrøm. Plusskunder kan dele solenergi innenfor den samme eiendommen^{50,51}. At plusskunder har incentiver til å styre fleksibiliteten for å bruke mest mulig av produksjonen selv begrenser innmating på nettet, og bidrar til å unngå problemer med spenningsstigning knyttet til innmating⁵².
- **Nettleie og effekttariff:** Både husholdninger og næringskunder betaler for effekt som en del av nettleien, basert på timene i måneden med høyest forbruk. Spesielt for større kunder (årsforbruk over 100.000 kWh) er det ofte lønnsomt



å hensynta effekt i energistyringen. Dette er allikevel vanskeligere enn å styre kun etter spotpriser, da byggets effektbruk i løpet av en måned ikke er forutsigbar⁵³. Enkelte energiaktører tilbyr styringsløsninger som også hensyntar effektbruk bak måleren, i tillegg til spotpriser.

- **Fjernvarmepriser:** Dagens regulering fastslår at prisen på fjernvarme ikke skal overstige prisen på elektrisk oppvarming, noe som har gjort at fjernvarmeprisen stort sett er på nivå med strømprisen. NVE har nylig gitt et forslag for endring i dagens regulering⁵⁴. I dette forslaget vil maksimal fjernvarmepris fremdeles følge spotprisen på strøm i hvert forsyningsområde, men fjernvarmekundene skjermes mot høye strømpriser ved bruk av et øvre «knekkpunkt» på 100 øre/kWh der sammenhengen mellom prisene avtar. I tillegg foreslår NVE å fjerne koblingen mot nettleie. Slik regulering kan gjøre fjernvarme mer attraktiv for nye og eksisterende kunder.

Fjernvarmeaktører kan i tillegg allerede i dag innføre effektpriser, også på timesnivå, noe som kan motivere til økt utnyttelse av fleksible varmeløsninger i bygninger med fjernvarme.

- **Balansemarkeder:** Når det er ubalanse mellom forbruk og produksjon i kraftsystemet, kjøper Statnett fleksibilitet i reservemarkedene. Aktører med fleksible energiresurser kan tilby ressurser i fire ulike markeder, som har ulike krav til volum og reaksjonstid. Eksempelvis har markedet for tertiærreserver (mFRR) en reaksjonstid på under 15 minutter mellom bestilling og aktivering, minste mulige leveranse er på 5 til 10 MW, og fleksibiliteten må kunne vare i minst 1 time⁵⁵. Statnett jobber med å senke kravet til budstørrelse til 1 MW⁵⁶, noe som vil være positivt for bygningers deltakelse i dette markedet. På grunn av at det kreves store volum for å delta i reservemarkedene, må flere laster tilbys samtidig («aggregeres opp»). En operatør kommuniserer gjerne direkte med de fleksible lastene, og aktiverer disse samtidig ved behov.

Det kan være utfordrende å forholde seg til parallelle prissignaler for energi og effekt, elektrisitet og fjernvarme, samt til hvordan plassering av AMS-målere og eiendomsgrenser påvirker lønnsomheten²⁰. Tariffer gir ikke alltid ønskede resultater, eksempelvis kan effekttariffer motivere til individuell bruk av fleksibilitet mot egne forbrukstopper og ikke nødvendigvis en kollektiv fleksibel innsats mot nettets forbrukstopp^{57,58}. Med en økende tilgjengelighet av styrbare laster og erfaring rundt fleksibilitet fra sluttbrukere er det også behov for å evaluere og forbedre de relevante prissignalene. Nettselskapene har en viktig rolle i dette, og det piloteres nye løsninger for å blant annet utnytte eksisterende fleksibilitet hos kunder^{38, 40, 41, 59}.



-
- ¹ NVE (2024). Webservice: [Energibruk i bygg](#).
 - ² Thorvaldsen et al. (2021). [A stochastic operational planning model for a zero emission building with emission compensation](#). *Applied Energy*.
 - ³ Backe et al. (2023). [Exploring the link between the EU emissions trading system and net-zero emission neighbourhoods](#). *Energy and Buildings*.
 - ⁴ Sartori et al. (2022). [Development and testing of load flexibility KPIs in the ZEN definition](#). *E3S Conf*.
 - ⁵ Askeland et al. (2021). [Activating the potential of decentralized flexibility and energy resources to increase the EV hosting capacity: A case study of a multi-stakeholder local electricity system in Norway](#). *Smart Energy*.
 - ⁶ Jensen et al. (2017). [IEA EBC Annex 67 Energy Flexible Buildings](#). *Energy and Buildings*.
 - ⁷ NOU 2023:3. [Mer av alt – raskere](#).
 - ⁸ Statnett (2023). [Fleksibilitet som kilde til verdiskaping og forretningsutvikling](#).
 - ⁹ FME Cineldi. Webservice: [Flexible resources in the power system](#).
 - ¹⁰ NVE - RME. Webservice: [Pilot- og demonstrasjonsprosjekter](#).
 - ¹¹ Enova. Webservice: [Fleksibilitet i energisystemet](#).
 - ¹² European Commission. Webservice: [Energy communities](#).
 - ¹³ Favero et al. (2022). [Human-in-the-loop methods for occupant-centric building design and operation](#). *Applied Energy*.
 - ¹⁴ The ZEB laboratory NTNU SINTEF. <https://zeblab.no>.
 - ¹⁵ Sartori et al. (2023). [Flexbuild Final Report – The value of end-use flexibility in the future Norwegian energy system](#). *SINTEF Academic Press*.
 - ¹⁶ Spilde et al. (2023). [Energibruksrapporten 2023](#). *NVE rapport 35*.
 - ¹⁷ Askeland et al. (2023). [Low-parameter linear model to activate the flexibility of the building thermal mass in energy system optimization](#). *Smart Energy*.
 - ¹⁸ Tunheim et al. (2022) [Nytteverdier fra smarte varmtvannsberedere](#), *Smartgrid Centre 2022-002*.
 - ¹⁹ Norsk elbilforening (2024). [Statistikk elbil](#).
 - ²⁰ Sørensen et al. (2024). [Energy profiles and electricity flexibility potential in apartment buildings with electric vehicles – A Norwegian case study](#). *Energy and Buildings*.
 - ²¹ Sørensen (2021). [Elbiler: Fra utfordring til løsning for det lokale strømnettet](#). *SINTEFblogg*.
 - ²² ZEN/Statsbygg (2023). [Formidling av erfaringer fra Evenstad: Toveis elbillading](#).
 - ²³ ZEN/Statsbygg (2023). [Formidling av erfaringer fra Evenstad: Batteribank](#).
 - ²⁴ Askeland et al. (2019). [Interaction of DSO and local energy systems through network tariffs](#). *EEM conference*.
 - ²⁵ Pinel et al. (2021). [Impact of the CO₂ factor of electricity and the external CO₂ compensation price on zero emission neighborhoods' energy system design](#). *Building and Environment*.
 - ²⁶ ZEN/Statsbygg (2023). [Formidling av erfaringer fra Evenstad: Styringssystem](#).
 - ²⁷ Clauß et al. (2023). [Practical challenges towards data-driven applications in buildings: lessons-learned from two real-life case studies](#). *SpliTech IEEE*.
 - ²⁸ Clauß et al. (2024). [Demonstrating the load-shifting potential of a schedule-based control in a real-life educational building](#). *Energy and Buildings*.
 - ²⁹ IEA (2023). [Data-Driven Smart Buildings: State-of-the-Art Review](#). *IEA EBC programme, Annex 81*.



-
- ³⁰ Knudsen et al. (2021) [Experimental test of a black-box economic model predictive control for residential space heating](#). *Applied Energy*.
- ³¹ Kauko et al. (2023). [Energy efficiency and district heating to reduce future power shortage. Potential scenarios for Norwegian building mass towards 2050](#). ZEN Report 47.
- ³² Norsk fjernvarme (2024). Webside: [Fjernkontrollen.no](#).
- ³³ Kauko et al. (2024). [Nyhavna – et nullutslippsnabolag med systemsmart energiforsyning](#). *ZEN Rapport 64*.
- ³⁴ FME ZEN (2024). Webside: [Pilotprosjekter](#).
- ³⁵ Kauko et al. (2021). [Sesonglagring av varme for lokale energisystem – analyse av potensialet på Furuset](#). *ZEN Rapport 35*.
- ³⁶ Kauko og Persson (2022). [Varmelagring kan gi byer viktig strømsparehjelp](#). Innlegg i Dagens Næringsliv.
- ³⁷ Backe et al. (2021). [Heat and electric vehicle flexibility in the European power system: A case study of Norwegian energy communities](#). *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*.
- ³⁸ Lede (2024). [StrømFleks](#).
- ³⁹ Sæle et al. (2023). [Flexible activation for grid purposes - experiences from a Norwegian pilot](#). *CIREC 2023*.
- ⁴⁰ Euroflex (2024). [Markedsplass for handel med forbrukerfleksibilitet i strømmettet](#).
- ⁴¹ Norgesnett (2024). [eNabo – Fremtidens måte å dele strøm?](#)
- ⁴² Rana et al. (2021). [Coordinated Voltage Support with Reactive Power from High-power Charging Stations for EVs](#). *2021 IEEE Madrid PowerTech*.
- ⁴³ Bjørndal et al. (2023). [Smart home charging of electric vehicles using a digital platform](#). *Smart Energy*.
- ⁴⁴ Stai et al. (2023). [Value stacking flexibility services in neighborhoods participating in fast frequency reserve markets](#). *Journal of Physics: Conference Series*.
- ⁴⁵ Statnett (2021). [Distributed balancing of the power grid - Results from the eFleks pilot in the mFRR-market 2019/20](#).
- ⁴⁶ Sæle et al. (2023). [Pilot project: battery energy storage system used for fast frequency reserve](#). *CIREC 2023*.
- ⁴⁷ Berg et al. (2023). [Quantifying the benefits of shared battery in a DSO-energy community cooperation](#). *Applied Energy*.
- ⁴⁸ Bjørghov (2024). [Energisamfunn kan redusere nettkøen](#). *SINTEFblogg*.
- ⁴⁹ Prosjekt [FINE](#) - Fleksibel integrasjon av lokale energisamfunn i det norske elektriske distribusjonsnettssystemet. SINTEF Energi.
- ⁵⁰ Sørensen, Andresen (2022). [Nå kan vi snart dele solstrøm med naboer](#). *SINTEFblogg*.
- ⁵¹ NVE (2024). [Modell for deling av overskuddsproduksjon](#).
- ⁵² NVE RME (2020). [Prosumenters innvirkning på lavspente distribusjonsnett](#).
- ⁵³ Thorvaldsen et al. (2020). [Representing Long-term Impact of Residential Building Energy Management using Stochastic Dynamic Programming](#). *PMAPS conference*.
- ⁵⁴ NVE (2024). [NVEs forslag til ny prisregulering for fjernvarme](#).
- ⁵⁵ Statnett (2024). [Tertiærreserver – mFRR](#).
- ⁵⁶ Statnett (2023). [Fleksibilitet som kilde til verdiskaping og forretningsutvikling](#).
- ⁵⁷ Askeland (2022). [Policy issues for distributed energy resources as a part of larger energy systems](#). *Doctoral thesis*.
- ⁵⁸ Bjørghov (2022). [Designing grid tariffs and local electricity markets for peak demand reduction in distribution grids](#). *Doctoral thesis*.
- ⁵⁹ Tensio, Elvia, Lnett (2023). [Pilotprosjekt «Nettselskapet som energikoordinator»](#).