

Distribusjon – Begrenset
November 2013

NESTEN NULLENERGIBYGG FORSLAG TIL NASJONAL DEFINISJON



RAMBOLL

LINK ARKITEKTUR

NESTEN NULLENERGIBYGG FORSLAG TIL NASJONAL DEFINISJON

Revisjon	0
Dato	2013/11/5
Utført av	Magnus Killingland, Arne Fredrik Lånke, Marius Monsen Ragnøy, Pernille Aga, Ferry Smits, Inger Andresen (LINK arkitektur AS), Kristin Elvebakk, Frode Holthe
Kontrollert av	Per Ove Skorpen
Godkjent av	Per Ove Skorpen
Beskrivelse	<p>Denne utredningen er gjennomført på oppdrag fra Direktoratet for byggkvalitet. Utredningens formål har vært å utforme et forslag til en nasjonal definisjon av begrepet nesten nullenergibygg. Arbeidet er utført av Rambøll i samarbeid med LINK arkitektur v/ Inger Andresen.</p> <p>Takk til oppdragsgiver ved Brita Dagestad, Knut Helge Sandli og Øyvind Rooth for innspill underveis. Likeledes rettes en takk til referansegruppen som har bestått av:</p> <ul style="list-style-type: none">• Katharina Bramslev, Grønn byggallianse• Mats Eriksson, Norsk Teknologi• Olav K. Isachsen• Stein Stoknes, Futurebuilt• Thor Endre Lexow, Standard Norge• Tor Helge Dokka, Sintef/Byggforsk• Vegard Heide, Husbanken <p>Det gjøres oppmerksom på at referansegruppen og oppdragsgiveren ikke nødvendigvis stiller seg bak alle konklusjoner og anbefalinger i denne rapporten.</p>
Forside	Lerkendal hotell (Illustrasjon av Voll Arkitekter)
Ref.	DIBK: 12/5765 Nesten nullenergibygg

INNHALDSFORTEGNELSE

Sammendrag	1
Begrepsavklaringer	3
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Definisjon og tolkning	8
1.3 Målet med utredningen	9
1.4 Rapportens oppbygging.....	10
2. Eksisterende definisjoner og tilnærminger	11
2.1 Definisjoner	11
2.1.1 Status i Norge	14
2.2 Ambisjonsnivå - Casestudier nNEB	14
2.2.1 nNEB - Case Kontorbygg i 3 etasjer.....	14
2.2.2 Casestudie - hotell	16
2.2.3 Casestudie - enebolig.....	16
3. Kontekst og målsettinger for nesten nullenergibygg	18
3.1 Overordnede mål	18
3.1.1 EU – drivere og målsettinger	18
3.2 Norge – Målsettinger og virkemidler innen klima, energi og bygg	19
3.2.1 Bygg.....	19
3.3 CO ₂ -intensitet i byggsektoren.....	20
3.4 Inneklima i bygget.....	21
4. Byggeteknisk definisjon av nesten nullenergibygg	23
4.1 Lokalt klima.....	23
4.2 Tilkobling og samspill med energiinfrastruktur.....	24
4.2.1 Energisystemets utvikling	24
4.2.2 Effektereserver og energifleksibilitet.....	25
4.2.3 Energikvalitet	25
4.2.4 Energilagring	27
4.2.5 Teknologinøytralitet	27
4.2.6 Egenproduksjon.....	27
4.2.7 Konklusjon samspill med energiinfrastruktur	27
4.3 Systemgrenser for lokal produksjon av fornybar energi.....	28
4.3.1 Konklusjon systemgrenser	31
4.4 Framstilling av energibalanse.....	31
4.4.1 Konklusjon energibalanse	33
4.5 Tidsoppløsning for energibalanse	33
4.6 Indikatorene for energieffektivitet og -ytelse	34
4.6.1 Beregningspunkter.....	34
4.6.2 Vektingsfaktorer	37
4.6.3 Måling av faktisk brukt og eksportert energi.....	38
4.6.4 Status for individuell varmemåling.....	38
4.6.5 Formålsfordelt energimåling	39
4.6.6 Konklusjon indikatorer for energieffektivitet og -ytelse.....	39
4.7 Energieffektivitet.....	40
4.7.1 Bygningskroppens energiytelse	40
4.7.2 Konklusjon energieffektivitet.....	41
4.8 Energiformål.....	41
4.8.1 Konklusjon energiformål og internlast	42
4.9 Framtidsscenarioer og teknologutvikling	43
5. Konklusjoner og anbefalinger	45
5.1 Samlet ambisjonsnivå og forslag til definisjon	45
5.2 Forhold som bør utredes nærmere.....	46
6. Referanse/Litteraturliste	48
Vedlegg II: Oversikt over nesten nullenergibygg	49

Vedlegg II: Tekniske systemer	65
Vedlegg III: Aktuelle teknologier for energiproduksjon tilknyttet bygninger	67

FIGURER

Figur 1.1– Oversikt over prosessen fram mot nesten nullenergibygge i Europa	8
Figur 2.1 – Figur som viser antall definisjoner og beskrivelser av nesten eller netto nullenergibygge per land, Ecofys.....	11
Figur 2.2 – Oversikt over kartlegging av netto nullenergibygninger, Ecofys [9]	12
Figur 2.3: Forhold mellom energiproduksjon og energibehov, Ecofys	13
Figur 2.4 – Antall definisjoner og tilnærminger som inkluderer ulike energiposter (venstre) og ulike systemgrenser for fornybar energi (høyre).....	13
Figur 2.5 Lerkendal hotell (illustrasjon: Voll arkitekter)	16
Figur 2.6 Passivhuset Løvset (Norges hus).....	17
Figur 3.1 – EU kommisjonen.....	18
Figur 3.2 – CO ₂ -utslipp per kvadratmeter for bygningsmassen (useful floor area) [15]	21
Figur 4.1 – Smartgrid med sentral og desentralisert fornybar energiproduksjon og kommunikasjon	24
Figur 4.2 – Termisk fornybart smartnett med energilagring og utveksling av overskuddsvarme fra nNEB	26
Figur 4.3: Fjernvarmenett med ulikt behov	Feil! Bokmerke er ikke definert.
Figur 4.4 – Tidshorisont for energilagringsteknologier.....	27
Figur 4.5 – Systemgrenser for egenproduksjon og kreditering av fornybar energi	29
Figur 4.6 – Illustrasjon av netto nullenergi.....	32
Figur 4.7 – Illustrasjon av hvor kjente byggtypen kan lokaliseres i et diagram	32
Figur 4.8 – Illustrasjon av ulike tekniske systemers påvirkning på oppfyllelse av nNEB.....	32
Figur 4.9 – Oversikt over beregningspunkt definert for forskrift og i NS3031:2007.....	35
Figur 5.1 Visualisering av definisjonen	46

SAMMENDRAG

Denne utredningen er del av Direktoratet for byggkvalitet sitt arbeid med nye energiregler i Byggteknisk forskrift (TEK). Formålet med utredningen er å fremme forslag til en nasjonal definisjon av begrepet nesten nullenergibygg (nNEB). I Norge er det i stortingsmeldingene om henholdsvis klima og bygg slått fast at nye bygninger i Norge skal holde passivhusnivå fra 2015 av og nesten nullenerginivå fra 2020. EUs reviderte bygningsenergidirektiv fastslår at medlemslandene skal besørge at ny bygninger skal være nNEB etter 31. desember 2020. Direktivet er per i dag ikke implementert i norsk lov.

Begrepet nNEB er ikke tidligere definert for norske forhold. I henhold til det reviderte bygningsenergidirektivet er dette bygninger med svært høy energiytelse, der den meget lave mengden energi som kreves i vesentlig grad skal dekket med fornybar energi, inkludert fornybar energi produsert på eiendommen eller i nærheten.

Eksisterende definisjoner av svært energieffektive bygg

Det finnes en rekke konsepter for bygg med svært lav energibruk. Ecofys har gjort et kartleggingsarbeid av internasjonale konsepter på området. Mer enn 70 ulike tilnærminger ble undersøkt. Videre har Ecofys kartlagt rundt 300 ulike bygg, hvorav noen få produserer mer energi enn de anvender (plusshus), mens de fleste er nesten nullenergibygg eller tilsvarende. I Norge har forskningssenteret Zero Emission Buildings (ZEB) utviklet flere arbeidsdefinisjoner for nullutslippsbygg. ZEBs arbeid har vært anvendt som en del av grunnlaget i arbeidet med å fremme forslaget til en nasjonal definisjon av nNEB.

Det er i arbeidet anvendt case-studier for å illustrere hva som kan være et aktuelt ambisjonsnivå for nNEB. Disse illustrerer at det for nybygg teknisk sett er mulig å redusere energibruken betydelig sammenlignet med dagens energikrav. Det er også illustrert at det er realistisk å redusere energibruken ut over passivhusnivå i henhold til dagens passivhusstandarder.

Kontekst og målsettinger for nNEB

Det er viktig at det er god sammenheng mellom en definisjon av nNEB og de overordnede målene for energieffektivisering i byggsektoren. I europeisk sammenheng er klima og forsyningssikkerhet de viktigste aspektene. For norske forhold er forsyningssikkerhet framhevet som det mest sentrale overordnede målet for energieffektiviseringen i byggsektoren, ettersom den norske kraftsektoren medfører svært lave utslipp av klimagasser. Oppdragsteamet oppfatter det imidlertid som sentralt at klimaperspektivet synliggjøres i en definisjon av nNEB for norske forhold.

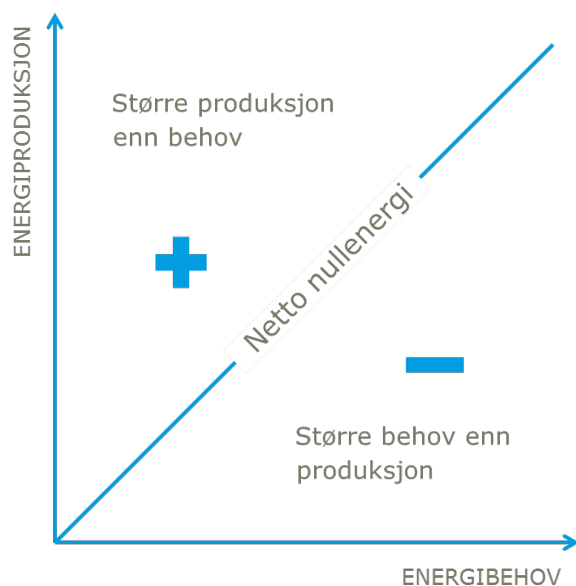
Sentrale problemstillinger

Norge er preget av variasjon i lokale klimatiske forhold. Lokal tilpasning vil sannsynligvis være sentralt for å oppnå nær nullenerginivå på en kostnadseffektiv måte. Bruk av lokalt klima i energiberegninger og klimakorrigerer av energikrav i forskriftene antas å være hensiktsmessig.

Framtidens bygg bør ha stor grad av samspill med energisystemet for øvrig, og bidra minst mulig til reguleringsbehov i kraftsystemet. Energifleksibilitet, lagring og smarte nett vil stå sentralt. Produksjon av fornybar energi i eller ved bygget vil kunne være tiltak for å tilnærme seg nesten nullenerginivå. Eksport av energi kan også være aktuelt. I den grad byggeforskriftene skal stimulere til egenproduksjon av fornybar energi i bygg bør det vurderes om det skal gis insentiver til at energien i størst mulig grad anvendes i bygget eller lokalt.

Det reviderte bygningsenergidirektivet har et fokus på fornybar energi produsert på byggets tomt eller i nærheten. Det er imidlertid ikke definert presist hvordan dette skal avgrenses, og slik avgrensning må gjøres for norske forhold dersom man ønsker å stimulere til slik lokal produksjon. For termisk energi foreslås det da at systemgrensen settes slik at også fjernvarme omfattes. Dette vil da i praksis kunne omfatte de samme energiforsyningsløsninger som tilfredsstiller dagens krav i TEK10; annet enn direktevirkende elektrisitet og fossile brenslere. For elektrisitet anbefales systemgrensen satt til byggets tomtgrense.

Energibalansen for et bygg kan framstilles i et diagram som illustrert i figuren nedenfor. Et plusshus, som produserer mer enn behovet, vil befinne seg i området over og til venstre for netto nullenergi-linjen. Et nNEB vil holde seg på høyre side og under linjen sett over et år, men kan i perioder produsere mer enn eget behov.



Det foreslås at utfallsrommet for å tilfredsstille en nNEB definisjon framstilles som et areal i et slikt diagram, slik at et nNEB kan optimaliseres med hensyn på balansen mellom passive tiltak, tekniske systemer og lokalt produsert fornybar energi.

Det anbefales månedlig tidsoppløsning for beregning av energibalanse. Eksport av el fra bygg kan da medregnes i energibalansen, men det anbefales at man for termisk energi kun krediterer produksjon til eget bruk i forskriftssammenheng.

Netto vektet levert energi er valgt som indikator i forslaget til definisjon. Det anbefales altså at det innføres vektingsfaktorer for energivarer. God sammenheng mellom vektning og overordnede mål vil være sentralt. Klimavekting eller fornybar andel bør derfor vurderes som grunnlag for vektning. Det må også vurderes hvordan samspillet med kraftsystemet kan ivaretas.

Det foreslås at krav til lavenergibygg, eller alternativt passivhus, som definert i NS 3700/NS 3701, foreløpig legges til grunn med hensyn til minstekrav til bygningskropp og komponenter i en definisjon av nNEB.

Alle energiposter som er definert i NS 3031:2007, inkludert teknisk utstyr, bør være del av en indikator for energibruk i nNEB. For noen energiposter anvendes i dag faste verdier i energiberegningene. Bruk av reelle verdier i størst mulig grad, framfor faste, vil være essensielt for å kunne kreditere en samlet optimalisering av bygget og dets tekniske systemer. Materialer og bundet energi vil ha svært stor betydning for miljøaspektet når energibruken i byggenes driftsfase nærmer seg netto null. Det bør derfor vurderes om energibruk eller utslipp knyttet til materialer og produksjonsfase skal inkluderes i indikatoren. Det foreslås at det sistnevnte i første omgang implementeres som en opsjon.

Konklusjon

Som casestudiene illustrerer er det mulig å redusere energibruken i nybygg betydelig, også sammenlignet med passivhusnivå i henhold til dagens passivhusstandarder. Definisjonen som her er foreslått gir incentiver til å anvende, og åpner for å kreditere, flere løsninger enn det som er tilfelle innenfor rammene av dagens forskrifter og beregningsmetodikk. Områder som vil medføre nye muligheter/incentiver er:

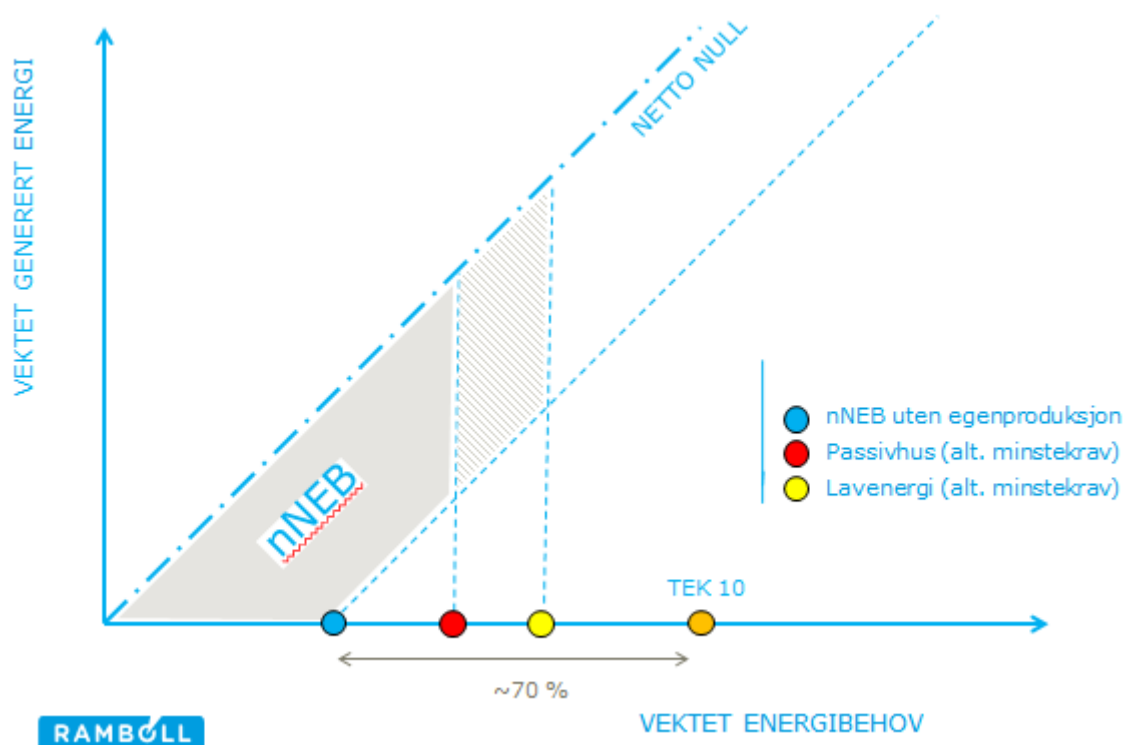
- Energiposter som i dag er basert på faste verdier
- Andel alternativ fornybar energiforsyning
- Materialbruk (opsjon)

Sammen med en forventning til utvikling i teknologi og kompetanse antas dette å muliggjøre et ambisjonsnivå som går ut over passivhusnivå. Følgende definisjon av nNEB foreslås:

«Nesten nullenergibygget for norske forhold skal ha 70 % lavere energibruk enn TEK10 (gjeldende forskriftsnivå).

Energibruk beregnes som netto levert energi til bygget. Energivarer vektet i henhold til klimapåvirkning eller fornybar andel.»

Forslaget til definisjon kan illustreres som i figuren nedenfor.



Forslaget innebærer et høyt ambisjonsnivå, og er tilpasset nybygg. For kontorbygg antas det at definisjonen vil medføre beregnet netto levert energi i Oslo-klima i størrelsesorden 30 kWh/m² per år, og for hotell og sykehjem ca 50 kWh/m² per år. Det er da forutsatt at all levert og eksportert energi er elektrisitet med en vektingsfaktor på 1. Størrelsene er basert på vurdering av case-studiene som er presentert i rapporten.

Kravsnivået må beregnes for ulike byggkategorier i lys av kostnadseffektivitet, og kravet bør justeres for lokalt klima og byggstørrelse. Det anbefales at utarbeidelse av rammekrav for ulike byggtypen og klima, samt bestemmelse av vektingsfaktorer for ulike energikilder, gjøres i en åpen standardiseringsprosess som munner ut i en Norsk standard for nNEB. Standarden bør være på plass i 2014-2015, slik at man kan få testet ut kravene og evt. justere dem før de innføres som forskriftskrav.

BEGREPSAVKLARINGER

Eksisterende definisjoner for *neste nullenergibygget* består gjerne av en sammenstilling av mange ulike begrep, og det er stor variasjon når det gjelder tolkninger og begrepsforståelse. Det er ikke unaturlig at overordnede definisjoner og sentrale begreper som benyttes i internasjonal sammenheng tilpasses til nasjonale standarder og forskrifter.

Viktige forhold i denne sammenhengen er:

- Systemgrenser for beregningspunkt og/eller egenproduksjon av fornybar energi,
- Hvilken energi, f.eks. termisk og/eller elektrisitet, som skal inkluderes i regnskapet,

- Hvordan energiytelsen skal beregnes, også med ulike tekniske løsninger,
- Hvilken enhet som brukes, f.eks. normert beregnet levert energi, målt energi, normert beregnet primærenergi.

Disse forholdene er omtalt nærmere i kapittel 4, men under beskrives en del sentrale begreper som kan være relevante med tanke på en nNEB-definisjon.

NESTEN NULLENERGIBYGG (NNEB)

«Nesten nullenergibbygg er bygg med svært høy energiytelse målt med metoder som samsvarer med direktivets Vedlegg I.

Den meget lave mengden energi som kreves må i vesentlig grad dekkes med energi fra fornybare kilder, inkludert fornybar energi produsert på eiendommen eller i nærheten»

NEARLY ZERO ENERGY BUILDING (NZEB)

'Nearly zero-energy building' means a building that has a very high energy performance, as determined in accordance with Annex I.

The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produced on-site or nearby.

(Revidert bygningsdirektiv)

Hva høy energiytelse, begrenset mengde energi, fornybare kilder, samt fornybar energi på tomt eller i nærheten innebærer er diskutert i kapittel 4.

BUNDET ENERGI

Embodied energy

Summen av energien som er bundet i et produkt regnet som den energien som går med til råvareutvinning/-framstilling, transport fra underleverandører av råvarer til produksjonssted og produksjon/tilvirkning av produktet (vugge til port). I tillegg kan det inkludere energibruk til transport fra produksjonssted til byggeplass, samt aktiviteter på byggeplassen (vugge til byggeplass) og energibruk i bruksfasen, demontering/riving, transport til avfallsmottak og avskaffelse (vugge til grav).

CO₂-UTSLIPPSKOEFFISIENT

CO₂ emission coefficient (NS-EN 15603:2008)

For en gitt energibærer er koeffisienten et mål på mengden CO₂ til atmosfæren per levert energimengde. Enheten er normalt gram CO₂/kWh.

EKSPORTERT ENERGI

Exported energy (NS-EN 15603:2008)

Energi, uttrykt etter type energibærer, som er levert fra byggets tekniske system til å benyttes utenfor byggets systemgrenser.

ENERGIBÆRER

Energy carrier (NS-EN 15603:2008)

En energibærer er enten en substans, stoff eller mekanisme som kan holde på energi til den blir benyttet til enten mekanisk arbeid eller varme, eller til en kjemisk eller fysisk prosess.

ENERGIVARE

Energy commodity

En energibærer som kan selges og kjøpes til ulike tariffer og priser. Defineres gjerne av ulike former for energikvalitet, for eksempel:

- *Elektrisitet*
 - o Kvalitet: Like eller vekselstrøm i ulike spenningsnivåer og ulik frekvens
- *Termisk energi med vann som bærer*
 - o Kvalitet: Temperatur og trykk
- *Faste brensler (For eksempel pellets, flis)*

- Kvalitet: Energiinnhold per volum eller vektenhet
- *Drivstoff*
 - Biobasert eller fossilt basert hydrogen,
 - 1., 2. eller 3. generasjons biodrivstoff,
 - Fossilt drivstoff
- *Avfall*
 - F.eks. husholdningsbasert, industriell, med ulike grad av sammensetning og fornybarandel

ENERGIYTELSE FOR ET BYGG

Energy performance of a building (Revidert Bygningsenergidirektiv, EPBD Recast)

Energiytelsen til en bygning er den beregnede eller målte energien som kreves for å oppnå det energibehovet bygningen har til blant annet oppvarming, kjøling, ventilasjon, varmt vann og belysning (eventuelt også utstyr). I følge EPDB skal denne mengden uttrykkes ved hjelp av primærenergifaktorer (vektede faktorer for ulike energibærere), basert på nasjonale eller regionale vektede gjennomsnitt over en gitt tidsperiode, eller spesifikke verdier for egenproduksjon på bygget eller på eiendommen.

I norsk sammenheng brukes **energistandard** i mange sammenhenger, bla. i arbeidet med energimerkeforskriften². I Energiloven, kapittel 8, benyttes uttrykket **Energitilstand i bygninger**. *Energiytelse* oppfattes av oppdragsteamet som et mer presist uttrykk for energitilstanden til et bygg enn *energistandard* da begrepet omfatter både energistandarden, gjerne oppfattet som byggets bygningsfysiske kvaliteter, systemvirkningsgrader for tekniske systemer, og egenprodusert energi.

FORNYBAR ENERGI PRODUSERT PÅ BYGNINGENS OMRÅDE

Renewable energy produced on the building site (EN 15603:2008)

Energi produsert av tekniske systemer som er direkte knyttet til bygget, og hvor det er fornybare energikilder som utnyttes.

LEVERT ENERGI

Delivered energy (NS-EN 15603:2008)

Energi, uttrykt etter type energibærer, som er levert over systemgrensen til byggets tekniske system for å tilfredsstille energibehovet til brukerne av huset (f.eks. oppvarming, kjøling, ventilasjon, varmt vann, belysning og utstyr), eller til å produsere elektrisitet.

LEVERT ENERGI, NORMERT BEREGNET

Levert energi (NS 3031:2007)

Summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes.

Normert beregnet levert energi ligger som grunnlag for energikarakteren som presenteres i energiattester utstedt av energimerkeordningen til NVE og regulert av Energimerkeforskriften.

NETTO ENERGI BEHOV, NORMERT BEREGNET

NS3031:2007

Netto energibehov er bygningens behov til energi (knyttet til oppvarming, kjøling, varmtvann, ventilasjon, belysning, utstyr, vifter og pumper), uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden.

Beregnet levert energi kan bli både høyere eller lavere enn tallet for normert netto energibehov, avhengig av virkningsgraden til de tekniske systemene. Netto energibehov, en teoretisk størrelse, kan ikke direkte sammenlignes med levert energi da det innebærer to forskjellige systemgrenser.

NETTO LEVERT ENERGI

Net delivered energy (NS-EN 15603:2008)

Levert energi fratrukket eksportert energi, begge uttrykt per energibærer.

¹ Fornybareenergidirektivet opererer med biofuels og bioliquids. Biofuels er biodrivstoff i væske eller gassform i direktivet. I flere ISO og EN-standarder opereres det med at biofuel er både biodrivstoff og brensel i fast-, væske- og gass-form.

² «Resultat av høring om endring i energimerkeforskriften», internt notat NVE, hentet fra www.energimerking.no

NETTO NULLENERGIBYGG (NNEB)

Net Zero Energy Building (NZEB)

Det finnes flere ulike definisjoner av netto nullenergibygg. Under er eksempler på to ulike tolkninger:

1. Et netto nullenergibygg er et meget energieffektivt bygg med så lavt energibehov at hele byggets energibehov sett over året kan dekkes av egenprodusert fornybar energi [1].
2. Bruk av energi ≤ 0 kWh/m²år i form av primærenergi [2].

Et netto nullenergibygg er normalt et nett-tilknyttet bygg med meget høy energiytelse. Definisjonen refererer til balansen mellom primærenergi levert til bygget fra ulike energinettverk, og den egenproduserte energi som er levert fra bygget. Den årlige balansen skal være lik 0, som typisk betyr at en signifikant del av den nyttbare energien produsert i bygget eller på tomten blir levert til et energinett eller et energilager (f.eks. distribusjonsnett for elektrisitet, nær- eller fjernvarmenett, nær- eller fjernkjøling, gassnett, reservoar med pumpekraft, batterier, energibrønn i fjell etc.). Netto nullenergibygget vil da avlevere overskuddsenergi til nettet eller energilageret når forholdene ligger til rette for det, og hente energi fra nettet og/eller lageret ved behov.

NULLENERGIBYGG (NEB)

Zero Energy Building (ZEB)

Et nullenergibygg genererer nok energi on-site, dvs. på bygg eller eiendom, til å utligne eller overskride mengden byggets årlige energibruk [1]. Det er verdt å legge merke til at ulike definisjoner beskriver den energien som skal til for å gå i null med ulike systemgrenser som innebærer ulike systemtap slik at egenprodusert energi må kompensere i ulik grad.

Noen eksempler er:

- Zero Site Energy
- Zero Source Energy (Primary Energy)
- Zero-Energy Costs
- Zero-Energy Emissions

NULLUTSLIPPSBYGG (NUB)

Zero Emission Building (NZEB)

Et nullutslippsbygg produserer minst like mye utslippsfri fornybar energi som den bruker av ikke-utslippsfri energi [1].

NESTEN NULLENERGIBYGG

Nearly zero energy building

Normert beregnet eller målt energibruk > 0 kWh/m²år primærenergi [2].

Energibehov skal være så lavt som det er teknisk overkommelig og fornuftig for det respektive landet. Dette skal oppfylles med en kombinasjon av den best oppnåelige energiytelsen, og den best tilgjengelige teknologien innen fornybar energi [2]. I direktivet er det videre presisert at den fornybare energien ikke trenger å være kostnadseffektiv, men vil være avhengig av de finansielle insentivene i det respektive landet.

PRIMÆRENERGI

Primary energy (EN 15603:2008)

Primærenergi er, for en bygnings del, den samlede energien som blir benyttet til å produsere den leverte energien til bygningen. Det er energi i sin opprinnelige, naturlige form, før konvertering. Primærenergibruk beregnes på bakgrunn av levert og eksportert mengde energi, ved hjelp av primærenergifaktorer.

Primærenergi inkluderer både fornybar og ikke-fornybar energi. Dersom man tar hensyn til begge, kan man benytte begrepet **total primærenergi**.

Primærenergi (NS 3031:2007)

Primærenergi er energi i sin opprinnelige form som ikke er blitt omdannet eller gått over i andre energiformer.

PRIMÆRENERGIFAKTOR

Primary energy factor (NS-EN 15603:2008)

For en gitt energibærer er primærenergifaktoren den ikke-fornybare primærenergien dividert på den leverte energien. Den ikke-fornybare energien er den energien som kreves for å levere en enhet levert energi. Her tar man hensyn til å utvinne, transportere, prosessere, lagre, overføre og distribuere, og alle andre ledd som er nødvendige for å levere den energien til den bygningen hvor den leverte energien skal benyttes.

Primærenergifaktor (NS 3031:2007)

Primærenergi dividert med levert energi, der primærenergi er gitt av den energimengden som er nødvendig for å fremskaffe én mengdeenhet levert energi. Faktoren tar hensyn til energibehovet ved utvinning, prosessering, lagring, transport, generering, omdanning, overføring, distribusjon og alle andre nødvendige trinn for å levere energien til bygningen der den leverte energien skal brukes.

SYSTEMGRENSE

System boundary (NS-EN 15603:2008)

Systemgrense er den grensen som omfatter alle deler av bygningens areal, både inne og utenfor, hvor energi enten blir brukt eller produsert.

Systemgrenser i energiproduksjonssammenheng kan også bety grensen til tomten, eiendommen eller annen juridisk enhet, økonomiske, virtuelle som følger bygningsporteføljer, eller geografiske som følger kommune, fylke eller nasjonale grenser.

VARMETAPSTALL

NS3031:2007

Varmetransportkoeffisienten for transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon dividert på oppvarmet areal.

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Mange fagmiljø, inkludert Det Internasjonale Energibyrådet (IEA) [3] [4], mener at den mest kostnadseffektive måten å nå klimamål på er gjennom omfattende energieffektivisering. Mange studier viser til at

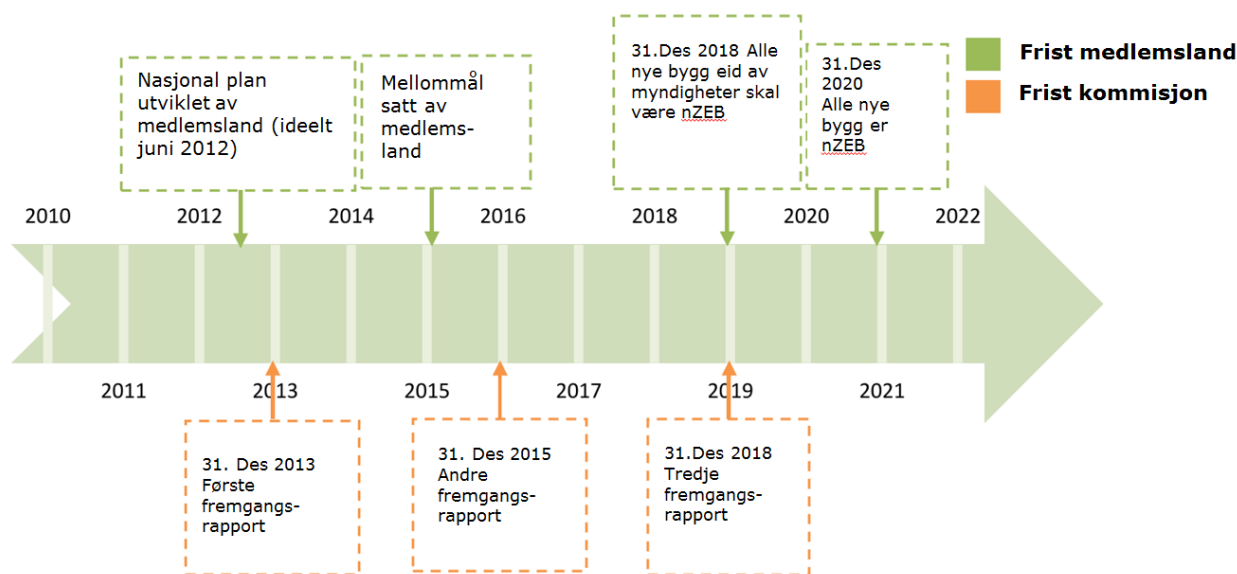
energieffektivisering i bygninger som et kostnadseffektivt tiltak for å nå klimamålene, både i Europa og globalt [5]. I Norge, som i mange andre europeiske land, utgjør energibruken i bygg en stor del av landets totale energibruk.

I Norge er det i stortingsmeldingene om henholdsvis klima [6] og bygg [7] slått fast at nye bygg i Norge skal holde passivhusnivå fra 2015 av og nesten nullenerginivå fra 2020.

Bygningsenergidirektivet[8] er et EU-initiativ, og har som mål å bidra til økt energieffektivitet i bygningsmassen. Direktivet inneholder bestemmelser om:

- En rammemetode som kan beregne bygningers energieffektivitet
- Minstekrav til energieffektivitet i nye bygninger og i større bygninger som renoveres
- Energimerking av bygninger ved oppføring, salg eller utleie
- Krav til synlig energimerke i offentlige bygninger over 1000 m²
- Regelmessig energivurdering av kjelanlegg, - alternativt andre tiltak som gir samme effekt
- Regelmessig energivurdering av kjøle- og luftkondisjoneringsanlegg

Revidert bygningsenergidirektiv (EPBD recast)[8] trådte i kraft 9. juli 2010. Målet med direktivet er at alle nye bygninger skal være nesten nullenergibygg etter 31. desember 2020, og etter 31. desember 2018 skal nye bygg som benyttes eller eies av offentlige myndigheter jolde nNEB-nivå. Også dette vil kunne være EØS-relevant og skal da implementeres i norsk lov. Dette er imidlertid ikke avklart.



Figur 1.1– Oversikt over prosessen fram mot nesten nullenergibygg i Europa

1.2 Definisjon og tolkning

I Norge eksisterer det per i dag ingen definisjon av nNEB for norske forhold. Det er ikke etablert noen norsk standard for nNEB. I de nevnte stortingsmeldingene er det ikke angitt hva man legger i passivhus- og nesten nullenerginivå. Imidlertid er det nærliggende å forutsette at dette medfører at passivhusnivå innbærer et høyere ambisjonsnivå for energieffektivitet enn TEK10, og tilsvarende at nesten nullenerginivå signaliserer høyere ambisjoner enn passivhusnivå.

Det reviderte bygningsenergidirektivet gir en overordnet definisjon av begrepet nesten nullenergibygg (nNEB):

«Nesten nullenergibygge er bygge med svært høy energiytelse målt med metoder som samsvarer med direktivets Vedlegg I.

Den meget lave mengden energi som kreves må i vesentlig grad dekkes med energi fra fornybare kilder, inkludert fornybar energi produsert på eiendommen eller i nærheten»

- Revidert bygningsenergidirektiv, artikkel 2.2

I Europa og internasjonalt finnes det flere ulike konsepter for svært energieffektive bygge, f.eks.:

- Passivhus
- Nesten nullenergibygge, nearly Zero Energy Building (nZEB)
- Netto nullenergibygge, Net Zero Energy Building (NZEB)
- Nullenergibygge, Zero Energy Building (ZEB)
- Plussenergibygge
- Nullutslippsbygge, Zero Emission Building (ZEB)

Mindre enn halvparten av medlemsstatene i EU hadde per november 2011 en definisjon av nesten nullenergibygge, i følge Building Performance Institute Europe (BPIE), men mange land har sannsynligvis kommet lenger enn Norge i prosessen med å utvikle en offisiell nasjonal definisjon. De eksisterende definisjonene har felles tilnærming, men også en del forskjeller. De viktigste forskjellene oppsummeres i kapittel 2.

Direktivet fokuserer på primærenergi da energimiksen i EU har en relativt høy CO₂-intensitet. I direktivet står det følgende om primærenergi:

«Energiytelsen til en bygning skal (...) inkludere en indikator og en numerisk verdi for primærenergi, basert på primærenergifaktorer per energibærer, som kan baseres på nasjonale eller regionale årlige vektete gjennomsnitt, eller en spesifikk verdi for lokal produksjon.»

- Revidert bygningsenergidirektiv, Vedlegg 1, pkt. 2

Norge har ikke definert primærenergifaktorer. Indikatorene og primærenergi er omtalt nærmere i kapittel 4.6.

Den norske definisjonen av nNEB bør både følge føringene som gis i direktivet og tilpasses gjeldene norske regelverk og standarder. Videre bør definisjonen være robust overfor eksterne faktorer som omfatter, klima, klimavariasjoner, infrastruktur, byggekultur, byggenæring og markeder. Det er også vesentlig at definisjonen er tilstrekkelig fleksibel til å ta høyde for en forventet teknologitvilling fram mot implementering av kravet og i etterkant. En definisjon for nNEB vil dessuten avhenge av arbeidet som utføres for å etablere forskriftskrav (energiregler) som skal gjelde fra 2015.

1.3 Målet med utredningen

Målet med denne utredningen er å utvikle en konkret, byggeteknisk definisjon av nesten nullenergibygge for Norge. Oppdragsteamet oppfatter at dette kan utdypes med følgende kriterier:

Utredningen skal

- bidra til å sikre at Norge er rustet til å følge tidsplanen i EUs reviderte bygningsenergidirektiv dersom dette implementeres.
- bidra til en tidlig diskusjon om innstramningene som vil komme, blant annet slik at byggenæringen og samfunnet for øvrig er forberedt på endringene.

Rapporten omhandler følgende problemstillinger, i prioritert rekkefølge:

- Begrunnet forslag til en konkret byggteknisk definisjon av nesten nullenergibygget for bolig og yrkesbygg, tilpasset norske forhold
- Vurdering av ulike tilnærminger med beskrivelse av fordeler og ulemper for de ulike tilnærmingene
- Diskusjon og konklusjoner skal kunne benyttes både i forskriftssammenheng og inn mot standardiseringsarbeidet

I tillegg inneholder rapporten:

- En gjennomgang av hva som er gjort av tilsvarende arbeid nasjonalt, i andre europeiske land og i regi av EU-kommisjonen basert på en litteraturstudie
- Beskrivelse av noen planlagte og gjennomførte byggeprosjekter i Norge ned mot nesten nullenerginivå, som tolkes som bygg med høyere ambisjoner enn passivhusnivå og fortrinnsvis egenproduksjon av fornybar energi

1.4 Rapportens oppbygging

Kapittel 2 gir en oversikt over etablerte definisjoner og noen eksempler på nNEB-definisjoner. Det er verdt å legge merke til at mange av definisjonene som er funnet i litteraturen er arbeidsversjoner som også testes ut i ulike demonstrasjonsprosjekt. Definisjonene utvikles etter hvert som resultatene blir verifisert ved hjelp av testbygg og forskningsprogram.

Kapittel 3 beskriver rammer og overordnede målsettinger for en definisjon av nNEB. Sentrale mål og virkemidler innen klima og energi i europeisk og norsk sammenheng omtales i korte trekk.

Kapittel 4 omfatter en gjennomgang av forhold som i ulik grad har en betydning for en nNEB-definisjon, og da spesielt for Norge. Det finnes ulike fordeler og ulemper med forskjellige tilnærminger til en definisjon. Oppdragsteamet har så langt det har vært mulig gitt anbefalinger knyttet til sentrale aspekter som det bør tas stilling til ved utvikling av en nNEB-definisjon for norske forhold

Kapittel 5 inneholder konklusjoner og en anbefalt norsk definisjon for nNEB.

2. EKSISTERENDE DEFINISJONER OG TILNÆRMINGER

Det finnes flere eksempler på arbeidsdefinisjoner for nesten nullenergibygg, eller Nearly Zero Energy Building, som er et uttrykk som blir brukt i internasjonal litteratur. Definisjonene er ofte knyttet opp mot forskningsprogram eller private initiativ som tester ut ulike løsninger.

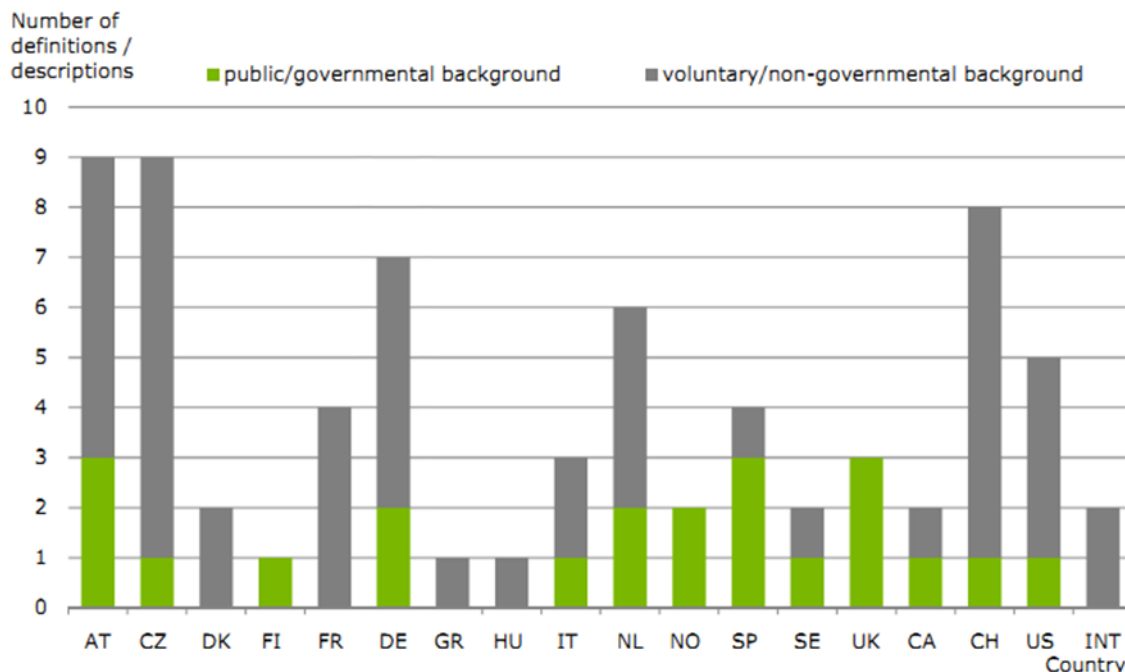
2.1 Definisjoner

Nullenergibygg, nær eller nesten nullenergibygg, har foreløpig ingen entydig eller standardisert definisjon. Noen av de første nesten nullenergibygg som ble forsøkt definert på 70- og 80-tallet kan minne om en definisjon som kunne karakteriseres som «termisk nullenergibygg». Noen definisjoner for nesten nullenergibygg har fokus kun på elektrisitet, «all electric», noe som forenkler mange forhold knyttet til kompleksiteten ved nesten nullenergibygg. En alternativ innfallsvinkel til nullenergibygg er varianter av nullutslippsbygg, som i Storbritannia, Zero Carbon Buildings, og Forskningsssenteret Zero Emission Building (FME ZEB) i Norge.

Ecofys presenterte 24. september 2012 i Brussel et kartleggingsarbeid for ulike definisjoner av nullenergibygg. Deres studie inkluderer 18 land og internasjonale organisasjoner med publikasjoner som inneholder:

- Planlagte og eksisterende definisjoner, f.eks. Plusenergiehaus, zeroHaus, etc.
- Sertifiseringsordninger, f.eks. Passive House, MINERGIE-A
- Offentlige forskriftskrav i EU
- Vitenskapelige artikler som diskuterer, forklarer og klargjør forskjellige aspekter knyttet til definisjoner eller beregningsmetodikk for nær eller netto nullenergibygg

Figuren under viser mer enn 70 ulike definisjoner eller tilnærminger Ecofys har undersøkt. Disse er fordelt på offentlige, private og frivillige initiativ. Definisjonene er stort sett benyttet i forsknings-, demonstrasjons- og utviklingsprosjekt for å teste ulike definisjoner. For Norge sin del er det inkludert to definisjoner, som sannsynligvis refererer til nullutslippsbygg i forbindelse med FME ZEB og KRD sin arbeidsgruppe sitt forslag til nesten nullenergibygg «*med tilnærmet 100 % fornybar varmforsyning i 2020*».



Figur 2.1 – Figur som viser antall definisjoner og beskrivelser av nesten eller netto nullenergibygg per land, Ecofys

I Figur 2.2 vises geografisk fordelt mer enn 300 prosjekter globalt med nær nullenerginivå eller tilsvarende. Ecofys har delt inn bygningskategoriene i

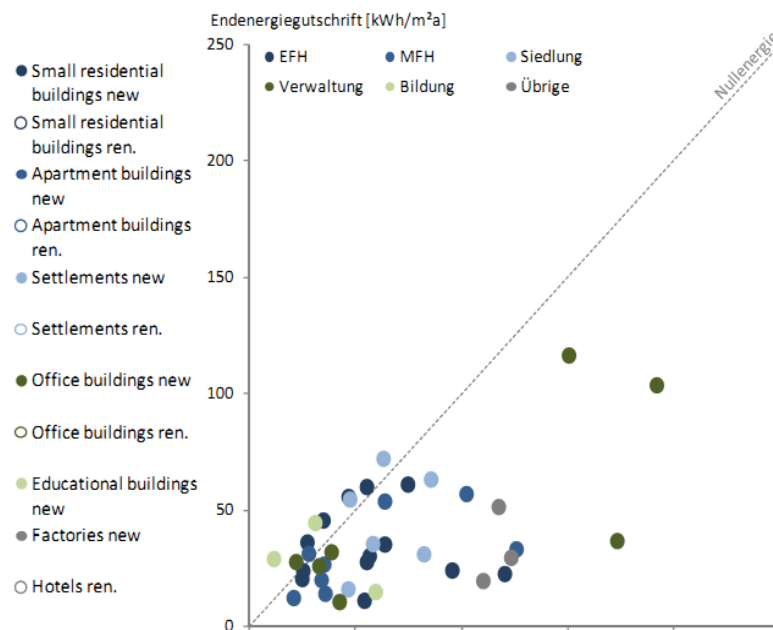
- Spesialbygg (hotell, sykehus, idrettshall, etc.)
- Universitets og høyskoler
- Kontor
- Småhus
- Blokk og leilighetsbygg
- Andre bygg



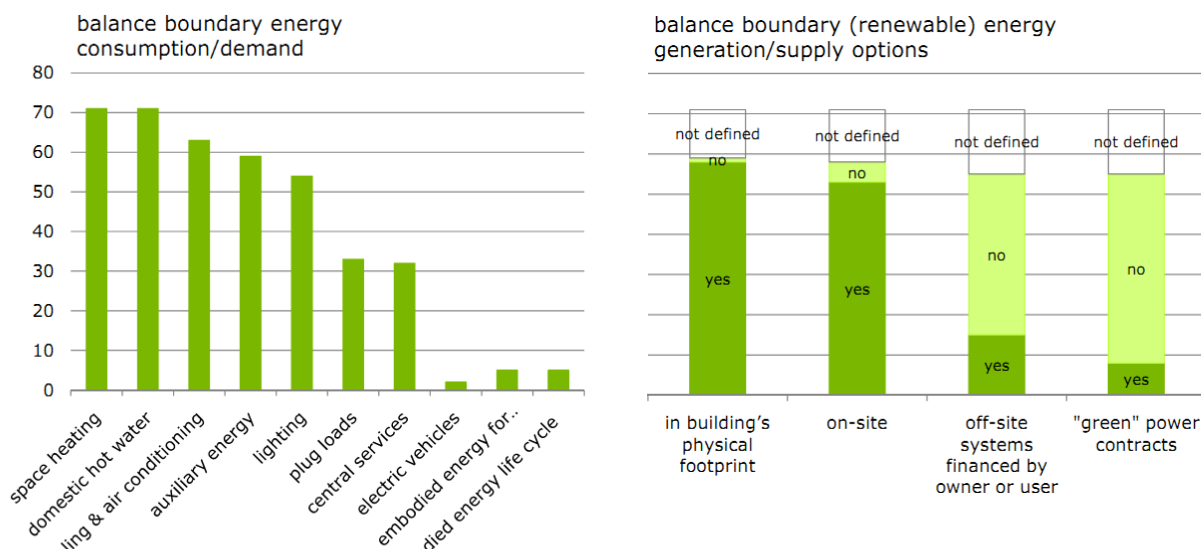
Figur 2.2 – Oversikt over kartlegging av netto nullenergibygninger, Ecofys [9]

Ecofys har sammenlignet flere av byggene i lys av forholdet mellom egenproduksjon av fornybar energi og energibehov. Figur 2.3 illustrerer dette. De fleste byggene ligger under linjen som angir balanse mellom produksjon og behov over året. Dette antyder at de fleste byggene i undersøkelsen er nNEB som har høyere energibruk enn produksjon i løpet av året, men noen har også et mindre overskudd, gjerne kalt «plusshus».

I alle de ca. 70 definisjonene som er kartlagt er romoppvarming og varmtvann med i energibalansen for energiposter. Når det gjelder kjøling, teknisk utstyr, lys og brukerutstyr er det færre definisjoner som inkluderer dette i energibalansen. Noen av definisjonene setter systemgrensen for hele livssyklusen til bygget for å inkludere bruk av energi for å framstille byggevarer. Det er også mest vanlig å kun inkludere egenproduksjon av fornybar energi på bygget og eiendommen. I noen få tilfeller har man imidlertid også inkludert for eksempel kjøp av opprinnelsesgarantier for fornybar energi eller tilsvarende i energibalansen. Figur 2.4 viser en oversikt over dette.



Figur 2.3: Forhold mellom energiproduksjon og energibehov, Ecofys



Figur 2.4 – Antall definisjoner og tilnærminger som inkluderer ulike energiposter (venstre) og ulike systemgrenser for fornybar energi (høyre)

2.1.1 Status i Norge

Noen av de kartlagte definisjonene i Europa og casene i Norge tar kun hensyn til energibalansen eller noen av forholdene nevnt over, mens andre går videre og setter også krav til energikvalitet eller utslipp. Enkelte definisjoner tar dessuten hensyn til flere enn et beregningspunkt.

Forskningscenteret Zero Emission Buildings (ZEB) har utviklet flere arbeidsdefinisjoner for nullutslippsbygg, herunder definisjoner hvor også energi i driftsfasen inngår. Systemgrensene er satt forskjellig i de ulike definisjonene og er definert som følger:

- **ZEB-COM:** Endelig ZEB-ambisjon, der utslipp av klimagasser fra konstruksjonsprosess, materialer og drift er tatt hensyn til.
- **ZEB-OM:** Ambisjon der utslipp av klimagasser ved både drift og materialer tas med, men der utslipp fra konstruksjonsprosess holdes utenfor
- **ZEB-O:** Ambisjon der utslipp av klimagasser fra all drift tas hensyn til, men der utslipp fra materialer og konstruksjonsprosess holdes utenfor.
- **ZEB-O ÷ EQ:** Som ZEB-O men der man trekker fra/ikke tar hensyn til energibruk til utstyr (som definert i NS3031).

Det er en viss nyanseforskjell mellom mål om «nesten nullenergi» og «nesten nullutslipp». Imidlertid vil det være stor grad av samsvar med tanke på hensikten med konseptene og strategier for å oppnå målene. I arbeidet med å definere nNEB har vi derfor blant annet valgt å se til de ovenfor nevnte definisjonene og bakgrunnsarbeidet for disse. ZEB har definert et antall sentrale avklaringer som må legges til grunn for en definisjon av nesten nullutslippsbygg:

1. Ambisjonsnivå
2. Beregningsforutsetning
3. Systemgrenser
4. CO₂-faktorer (vektingsfaktorer)
5. Energikvalitet
6. Mismatch produksjon og behov
7. Minimumskrav energieffektivitet
8. Krav til inneklime
9. Verifisering (etterprøving)

Oppdragsteamet har i kapittel 4 angitt hva som anses for å være sentrale avklaringer for en nasjonal definisjon av nNEB.

2.2 Ambisjonsnivå - Casestudier nNEB

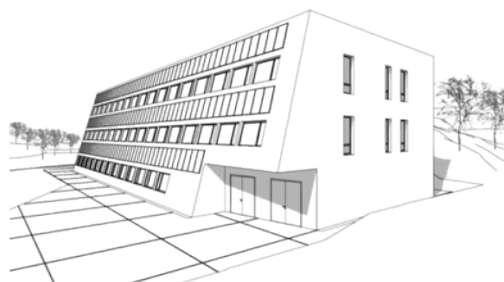
Nedenfor presenteres tre norske tre bygg av ulike typer som oppdragsteamet mener bør kunne karakteriseres som nNEB. Prosjektene illustrerer hva som per i dag kan synes å være et mulig ambisjonsnivå for nNEB for norske forhold.

2.2.1 nNEB - Case Kontorbygg i 3 etasjer

Det er foretatt beregninger for et kontorbygg i 3 etasjer. Kontorbygget har et oppvarmet BRA på 2012 m² og en grunnflate på 17 x 38 m.

Bygget har et vindusareal som utgjør 18 % av golvarealet, Langfasader er orientert N-S. Nordfasaden får noe skygge fra terreng, mens de andre fasadene er fritt eksponert.

Det er gjennomført beregninger for 3 ulike energistandarder for bygget: Lavenergibygg, Passivhus, og "MaksSparehus". Disse er definert under. Alle alternativene har en såkalt "full-elektrisk" løsning for energiforsyning basert på varmepumpe og solcelleanlegg.



Det er forutsatt et varmepumpeanlegg med årsgjennomsnittlig COP på 3,0 for oppvarming og 10,0 for kjøling. Det er benyttet samme COP-faktorer for alle klimastedene. Solcelleanlegg er forutsatt å ha en gjennomsnittlig virkningsgrad på 20 %, for alle klimastedene. Dette ligger noe høyere enn dagens state-of-the-art for solceller, som er rundt 18 % inkludert systemtap.

Beregningene er i første omgang gjennomført for bygg med kun varmepumpeløsning, og plassert i Oslo-klima. Deretter er det vist beregninger for byggene plassert i ulike klima, og med solcellemoduler på tak og sørfasade.

Internlast (belysning og teknisk utstyr) er identiske for alle alternativene. Tabellen viser beregningsresultater for ulike alternativer.

Tabell 2.1: Beregnet energi for alternativ Lavenergibygg

Klimasted	Netto energi-behov	Lvert energi med VP	Lvert energi med VP og solceller tak	Lvert energi med VP og solceller tak og sørfasade	
Oslo	92,2	63,6	24,8	1,1	kWh/m2/år
Stavanger (Sola)	77,1	58,6	23,1	5,0	kWh/m2/år
Tromsø	96,0	68,2	39,2	22,4	kWh/m2/år
Røros	106,7	72,8	34,7	11,1	kWh/m2/år
Karasjok	128,8	83,2	51,8	33,1	kWh/m2/år

Tabell 2.2: Beregnet energi for alternativ Passivhus

Klimasted	Netto energi-behov	Lvert energi med VP	Lvert energi med VP og solceller tak	Lvert energi med VP og solceller tak og sørfasade	
Oslo	75,0	54,0	15,2	-8,5	kWh/m2/år
Stavanger (Sola)	62,4	50,1	14,6	-3,5	kWh/m2/år
Tromsø	74,4	56,4	27,4	10,6	kWh/m2/år
Røros	82,7	59,9	21,8	-1,8	kWh/m2/år
Karasjok	99,5	67,8	36,4	17,7	kWh/m2/år

Tabell 2.3: Beregnet energi for alternativ MaksSparehus

Klimasted	Netto energi-behov	Lvert energi med VP	Lvert energi med VP og solceller tak	Lvert energi med VP og solceller tak og sørfasade	
Oslo	61,2	41,8	3,0	-20,7	kWh/m2/år
Stavanger (Sola)	51,1	39,9	4,4	-13,7	kWh/m2/år
Tromsø	58,0	41,0	12,0	-4,8	kWh/m2/år
Røros	64,6	42,7	4,6	-19,0	kWh/m2/år
Karasjok	76,8	45,0	13,6	-5,1	kWh/m2/år

Caset illustrerer at det teknisk sett er fullt mulig å utvikle bygg med lavere netto energibehov enn passivhus. For det konkrete caset vil makssparehus ha et netto energibehov som ligger inntil 30 % lavere enn passivhus. Det er imidlertid også illustrert at et lavenergihus med høy grad av lokal fornybar energiproduksjon kan oppnå langt lavere tall for levert energi enn et makssparehus som har lavere grad av lokal fornybar energiproduksjon.

2.2.2 Casestudie - hotell

Dette caset er basert på de prosjekterte løsningene for Lerkendal hotell (Byggherre: Lerkendal Invest AS, utbygger: HENT AS). Konseptet for dette hotellet gjør at det kan betegnes som et nNEB. Målet er et maksimalt tall for levert energi på 50 kWh/m² per år. For å oppnå dette er bygningskroppen designet som passivhus med en rekke innovative, energieffektive løsninger, eksempelvis når det gjelder ventilasjon. I tillegg er bygget planlagt med egenproduksjon av energi i form av solfangere i kombinasjon med varmepumpe. Fjernvarme skal utgjøre reserve og spisslast.

Oppdragsteamet mener at bygget på en god måte illustrerer hva som kan være et realistisk nivå med tanke på energiytelse for et nNEB.

Samtidig illustrerer caset noen sentrale problemstillinger som må diskuteres når begrepet nesten nullenergibygg skal defineres. Dette gjelder eksempelvis samspillet med energisystemet for øvrig, systemgrenser for lokal energiproduksjon, samt beregningspunkt og vektingsfaktorer. Disse forholdene er diskutert i kapittel 4.



Figur 2.5 Lerkendal hotell (illustrasjon: Voll arkitekter)

Det er anvendt solfangere og varmepumpe for å redusere tallet for levert energi til bygget, mens fjernvarme anvendes som spisslast. Infrastruktur for fjernvarme må da dimensjoneres for å håndtere byggets maksimale behov for varmeeffekt, men brukstiden vil være lav. Tilsvarende løsninger er anvendt også i andre byggeprosjekter med høye energiambisjoner. Et sentralt spørsmål er om tilnærmingen er samfunnsmessig rasjonell. I mange tilfeller ville en ren fjernvarmeløsning kunne være et miljømessig vel så godt alternativ selv om tallet for levert energi til bygget ville være høyere, eksempelvis når fjernvarme er basert helt eller i stor grad på fornybar energi. Eksempelvis kan fjernvarme også baseres på varmepumper og solfangere.

Dette illustrerer en utfordring med levert energi som beregningspunkt i forskriftssammenheng, i og med at energiproduksjon innenfor systemgrensene vil kunne favoriseres. I kapittel 4 diskuteres blant annet hvordan denne problemstillingen kan håndteres gjennom vektning av energivarer.

2.2.3 Casestudie - enebolig

Passivhuset Løvset er bygget som en passivhus enebolig med bi-leilighet på henholdsvis 150m² BRA og 47m² BRA. Utbygger for prosjektet er Norgeshus Gauldal Bygg og arkitekt er Norgeshus. Boligen er oppført med bærekonstruksjon i tre, og vil bygningsmessig ha svært gode U-verdier. Boligen er beregnet til å ha et oppvarmingsbehov på rundt 20kWh/m², noe som ligger ca. 50 % lavere enn oppvarmingsbehov for tilsvarende bolig, jfr. krav i TEK.

Energiforsyning for bygget er en kombinasjon av varmepumpe (luft til vann), solfangere og elektrisitet. Av dette dekker varmepumpa 75 % av energi til romoppvarming og 30 % av energi til oppvarming av tappevann. Solfangere dekker 50 % av energibehov til oppvarming av tappevann og resterende energibehov dekkes av elektrisitet. Ventilasjonsaggregatet i huset har en SFP på 1,28 kWh/m³/s og temperaturvirkningsgrad for ventilasjonsanlegget er på 85 %.

Ved evaluering mot energirammekrav i TEK ligger byggets netto energibehov på 85,7 kWh/m², dvs. 35 % reduksjon i forhold til energirammekravet. Huset tilfredsstiller krav til passivhus i henhold til NS 3700 med knapp margin. Levert energi beregnet på basis av reelle driftsbetingelser er 65,4 kWh/m².



Figur 2.6 Passivhuset Løvset (Norgeshus)

Oppdragsteamets vurdering er at det er krevende å oppnå signifikant bedre energistandard på en kostnadseffektiv måte for denne typen bygg, med mindre byggets form endres vesentlig. Prosjektteamet mener derfor at et slikt bygg, basert på dagens teknologi og kunnskap, bør kunne falle inn under en nNEB-definisjon. Fra 2020 er det grunn til å anta at nye løsninger kan bidra til ytterligere reduksjon i energibruk for slike bygg, og at man derfor bør ha en målsetting om bedre energiytelse enn passivhus også for småhus.

3. KONTEKST OG MÅLSETTINGER FOR NESTEN NULLENERGIBYGG

I dette kapitlet drøftes sentrale aspekter knyttet til en nasjonal definisjon for nNEB.

3.1 Overordnede mål

Utformingen av en byggeteknisk definisjon av nNEB bør ta utgangspunkt i overordnede mål. I europeisk sammenheng er de viktigste overordnede målene for energieffektivisering i byggsektoren knyttet til forsyningssikkerhet og reduksjon av klimagassutslipp. For norske forhold er byggsektoren og elektrisitetsproduksjonen forbundet med lave direkte utslipp av klimagasser. Imidlertid er det et sentralt aspekt at elektrisitet som eventuelt ikke anvendes i byggsektoren kan erstatte fossil energi innenlands eller ved eksport.

Ambisjonen om nNEB vil for norske forhold kunne medføre kostnader ut over det som vil framstå som privatøkonomisk lønnsomt. Slike kostnader må kunne forsvares i lys av positiv effekt for klima og miljø. Det bør derfor være stor grad av sammenheng mellom klimamål og framtidige forskriftskrav, og en definisjon av nesten nullenergibygg bør utformes slik at klimaaspektet synliggjøres og ivaretas.

Pålegget om nNEB er ett av mange virkemidler som tar utgangspunkt i de overordnede energi- og klimamålsettingene i EU. En nærmere omtale av de viktigste driverne og målsettingen er gitt under.

3.1.1 EU – drivere og målsettinger

Klima

EU sin langsiktige klimamålsetting er å begrense den globale oppvarmingen til maksimalt 2 °C, sammenlignet med før-industrielt nivå. I 2007 vedtok EU å redusere sine klimagassutslipp med 20 % sammenlignet med nivået i 1990, redusere sluttbruk av energi med 20 % gjennom energieffektivisering, og at 20 % av energien skal komme fra fornybare kilder i 2020. Vedtaket ble konkretisert gjennom klima- og energipakken av 2009. Det Europeiske Råd bekreftet i februar 2011 at EU skal arbeide for å redusere utslippene av klimagasser med 80-95 % innen 2050 sammenlignet med 1990.

Sentrale deler av EUs senere politikk er forankret i klima- og energipakken, noe som har gitt en integrert politikk der energisikkerhet, klimaendringer, vekst og konkurransevne henger tett sammen.³ Målsettinger og virkemidler på ett område er en forutsetning for måloppnåelse på et annet.

Slik er det også for byggsektoren, der målsettinger knyttet til bygningers energieffektivitet påvirkes av politikk og målsettinger på andre områder. I tillegg kommer det enkelte medlemslands nasjonale målsettinger og virkemidler. Hensynet til sysselsetting og den økonomiske situasjonen i EUs medlemsland er blant de underliggende forhold som påvirker hvor ambisiøse målsettinger som blir satt for sektoren, eller i hvilken grad virkemidler og tiltak realiseres.

Krav om nesten nullenergibygg er et virkemiddel for å redusere klimagassutslipp og primærenergibehov i EU, dvs. importert energi hvor hovedandelen er olje og gass. Ved redusert bruk av fossile energivarer og økt produksjon av fornybar energi i byggsektoren kan også fornybarandelen gå opp.

Energi

Figur 3.1 – EU kommisjonen



³ Som for eksempel EUs vekststrategi 'Europe 2020'.

En definisjon av nNEB bør se lengre enn til klima- og energimålsettingene for 2020. I desember 2011 lanserte Europakommisjonen et veikart for hvordan energisystemet EU skal kunne bidra til å redusere EUs utslipp med minst 80 % sammenlignet med nivået i 1990 innen 2050 [10]. Veikartet søker å utvikle et langsiktig, teknologinøytralt rammeverk som nasjonale og regionale tiltak kan utvikles innenfor. I et slikt scenario er høyere energieffektivitet i nye og eksisterende bygninger et nøkkelement, og nesten nullenergibygninger bør da ha blitt normen.

Bygg

EU antar at klimagassutslippene fra byggsektoren kan reduseres med opp mot 50 % i 2030 og 90 % i 2050. Lovgivning og en rekke virkemidler har derfor blitt lansert, myntet på byggsektoren. Blant disse er det reviderte bygningsenergidirektivet fra 2010 [8], som er omtalt tidligere i rapporten.

Byggsektoren og byggebransjen er svært viktige for vekst og sysselsetting, og har i Europa blitt svært hardt truffet av finanskrisen. Næringen har stort behov for innovasjon og kompetanseheving og klima- og energimålsettingene sees også som noe som kan bidra til å skape ny vekst og konkurransekraft i bransjen. Europakommisjonen skal fremme en melding om bærekraftige bygninger i 2013, hvor det kan forventes konkretisering og en definisjon av begrepet «*bærekraftige bygg*». Det er ventet at det vil bli utarbeidet bedre metodikk og standarder for vurdering av miljøeffekten av byggevarer og -prosesser, og at Kommisjonen vil foreslå harmonisering av ulike evalueringsmetoder [11].

Klimatilpasning

Byggsektoren spiller en viktig rolle i samfunnets tilpasning til allerede pågående klimaendringer. Fremtidens bygg i Nord-Europa må sannsynligvis tåle større værmessige påkjenninger (spesielt fukt og vind), og beskytte mot resultatene av ekstremvær (flom, skred, sterk vind).

3.2 Norge – Målsettinger og virkemidler innen klima, energi og bygg

Klimagassutslippene i Norge viser en økende trend, med unntak for året 2009, da redusert økonomisk aktivitet førte til reduserte utslipp. Norge har inngått internasjonale forpliktelser og samarbeid om reduksjon av klimagassutslipp, som sammen med nasjonale klimamålsettinger utgjør rammene for norsk klimapolitikk. I tillegg har EUs klima- og energimålsettinger stor påvirkning, fordi mye av den resulterende lovgivningen som implementeres er EØS-relevant.

De eksisterende prinsipper og mål for norsk klimapolitikk er etablert med forlik i Stortinget først i 2008, og dernest igjen i 2012 [12]. En del av de overordnede målsettingene er at Norge fram til 2020 skal kutte de globale utslippene av klimagasser tilsvarende 30 % av Norges utslipp i 1990. Norge skal være karbonnøytralt i 2050. Som en del av en global og ambisiøs klimaavtale der også andre industriland tar på seg store forpliktelser, skal Norge ha et forpliktende mål om karbonnøytralitet senest i 2030.

Hovedvirkemidlene i Norges klimapolitikk er avgifter og omsettelige utslippskvoter, samt andre tiltak for å redusere utslipp i Norge. Mange virkemidler og tiltak har vært i bruk i en årrekke, mens andre er av nyere dato.

3.2.1 Bygg

Myndighetene har som målsetting at utforming av bygg skal bidra til lavere energibruk og reduserte klimagassutslipp. I stortingsmeldingen «Gode bygg for eit betre samfunn» [7] er det angitt følgende målsettinger:

- *Energibruken i bygg skal reduserast monaleg innan 2020.*
- *Regelverket skal vere med på å sikre at vi får bygg med lågt energibehov.*
- *Stønadsordningar og informasjon skal vere med på å gjere bygg meir energieffektive.*

Disse målsettingene begrunnes primært med at energieffektivisering er den mest miljøvennlige måten å sikre kraftforsyningen på. Energieffektiviseringen vil være med å redusere den totale energibruken og den særlig høye bruken av strøm i vinterhalvåret. Det påpekes at energieffektivisering i Norge primært vil påvirke bruken av elektrisitet, noe som medfører at det i mindre grad vil påvirke innenlandske utslipp av klimagasser. Det vises

imidlertid til FNs klimapanel som har påpekt at energieffektivisering i bygg er sentralt i klimasammenheng. Det vises videre til klimameldinga der sammenhengene mellom klima og energibruk i Norge er omtalt.

I klimameldinga [13] angir regjeringen følgende målsettinger for byggsektoren:

- *Skjerpe energikravene i byggeteknisk forskrift til passivhusnivå i 2015 og nesten nullenerginivå i 2020. Regjeringen vil senere fastsette bestemmelser som definerer passivhusnivå og nesten nullenerginivå. Beslutning om kravnivå gjøres på bakgrunn av utredninger av samfunnsøkonomiske og helsemessige konsekvenser og kompetansen i byggenæringen.*
- *Innføre komponentkrav for eksisterende bygg og klargjøre for hvilke byggearbeider og komponenter disse kravene skal gjelde, blant annet ut fra en vurdering av energieffekter og kostnader.*
- *Fase ut bruken av oljekjeler i husholdninger og til grunnlast fram mot 2020. Dette skal blant annet kunne skje ved at Enova kan gi tilskudd til husholdninger.*
- *Ta sikte på å utvide forbudet mot å installere kjel for fossilt brensel til grunnlast slik at det omfatter alle eksisterende bygg.*
- *Sørge for at staten som byggherre og eiendomsbesitter er pådriver i arbeidet med energiomlegging og utfasing av fossile brensler i bygningsmassen.*

Klimameldinga gjengir også målsettinger fra St.meld. nr. 34 (2006–2007) *Norsk klimapolitikk* og klimaforliket fra 2008 og oppsummerer hvordan disse er fulgt opp.

Som tillegg til klimameldingen ble det i det siste klimaforliket (Innst. 390 S (2011–2012) [14]) blant annet vedtatt at det skal innføres forbud mot fyring med fossil olje i husholdninger og til grunnlast i øvrige bygg i 2020. Dette forutsetter støtteordninger fra 2013 og øvrige virkemidler i en overgangsperiode.

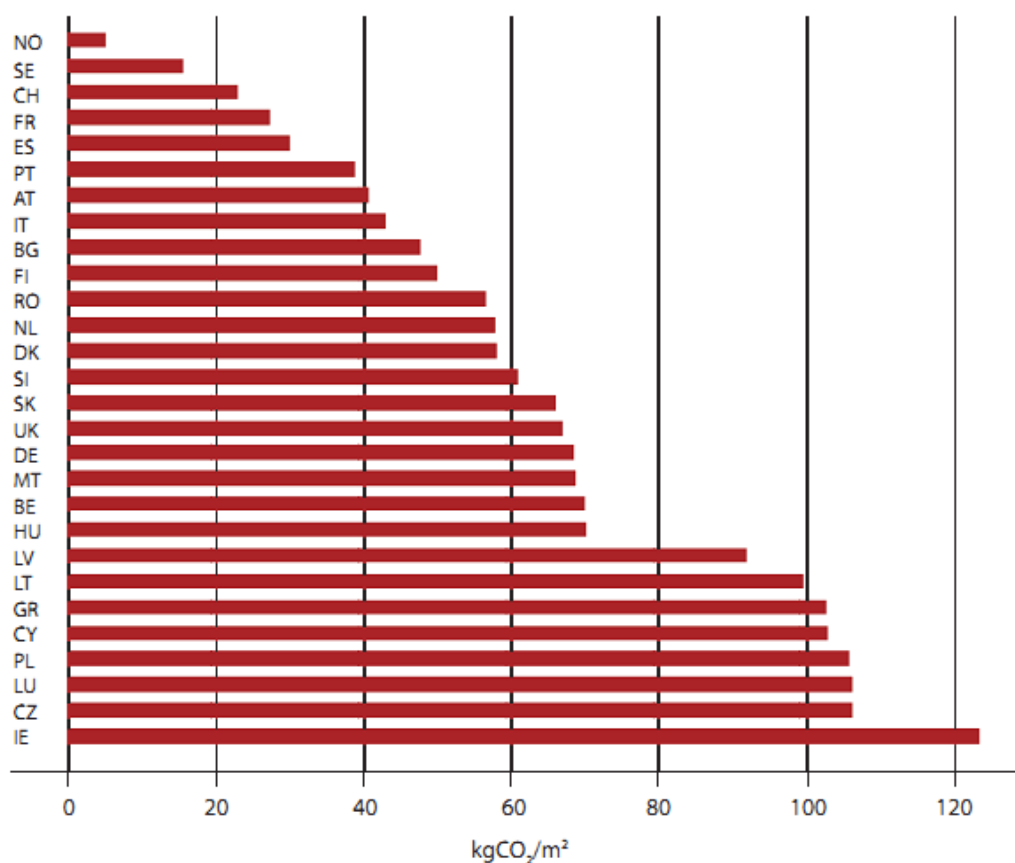
3.3 CO₂-intensitet i byggsektoren

Overordnede retningslinjer for bygningsenergidirektivet er redusert utslipp med redusert bruk av primærenergi. Det er uttalt mål med utslipp ned mot 3,0 kg CO₂/m²år for nye bygg [2]. Fordi renovasjonsraten for bygg er lav, har målene blitt svært ambisiøse for nye bygg f.o.m. 2018/2020. Nullenergibygge ble fremmet som et alternativ for nye bygg, men nZEB (nearly Zero Energy Building) anses økonomisk sett å være mer realistisk.

Figuren under viser at det kun er Norge som er i nærheten av dette målet for nye bygg og bygningsmassen som helhet. Utslippsberegningene i studien er blant annet basert på forutsetninger om nasjonal produksjonsmikse for elektrisitet.

Figure 1C2 – CO₂ emission per useful floor area

Source: BPIE survey, Eurostat database



Figur 3.2 – CO₂-utslipp per kvadratmeter for bygningsmassen (useful floor area) [15]

Under vises en «regneøvelse» for å få et perspektiv på hva 3,0 kg CO₂/m²år kan bety for energistandarden til et bygg ved å anta ulike utslipp for en kilowatt-time.

Hvis vi antar at et bygg anvender en energivare med en utslippsfaktor på 130 g CO₂/kWh (foreløpig ZEB-snitt t.o.m. 2050 på elektrisitet), så kan bygget ikke bruke mer enn 23 kWh/m²år hvis utslippet skal være under 3,0 kg. Med 165 g CO₂/kWh, fra nordisk energimiks for elektrisitet, blir grensen 19 kWh/m²år.

Dersom energien som benyttes har en betydelig lavere utslippsintensitet vil grensen for energibruk øke tilsvarende. Dette innebærer altså at et bygg som anvender tilnærmet klimanøytral energi kan ha nokså høy energibruk og fortsatt oppfylle de overordnede målene knyttet til klima.

Case basert på [2].

3.4 Inneklima i bygget

For bygg, og primært husholdninger, er det teknologier som kan yte *bedre komfort med samme energibruk, samme komfort med mindre energibruk*, eller *bedre; bedre komfort med mindre energibruk enn før* som hovedsakelig kan føre til en omlegging eller energieffektivisering. Komfort er her synonymt med et godt inneklima og er hovedårsaken til at vi bruker energi.

Inneklima i bygg defineres som et sett fysiske faktorer som påvirker mennesker innendørs. Faktorene er:

- Termisk miljø (temperatur, stråling trekk, luftfuktighet),
- Atmosfærisk miljø (forurensning fra mennesker, bygg, prosess, utemiljø),
- Akustisk miljø (lyd, støy),
- Aktinisk miljø (lys, radon, annet strålemiljø),
- Mekanisk miljø (ergonomi).

Inneklimafaktorene utgjør sammen med faktorene estetisk miljø og psykososialt miljø alle faktorer som påvirker innemiljø i et bygg.

NNEB skal ikke defineres på en slik måte at det må inngås kompromiss med inneklima. Målet bør være å definere det slik at målbare funksjonskrav defineres, slik at det åpnes for bruk av tekniske løsninger og bygningsutforminger som oppfyller funksjonskravene og samtidig gir lav energibruk.

Forholdet mellom strenge energikrav og inneklima må vurderes nøye ved utforming av nye forskrifter.

KONKLUSJON KONTEKST OG MÅLSETTINGER FOR NESTEN NULLENERGIBYGG

nNEB er et konsept som berører både klima-, energi- og bolig- og bygningspolitiske aspekter. Definisjonen bør så langt det er mulig gjenspeile relevante målsettinger og regulering på disse områdene. I europeisk sammenheng er klima den viktigste begrunnelsen for høye ambisjoner når det gjelder energibruk i bygg. Byggsektoren i Norge er relativt sett forbundet med små utslipp av klimagasser. Effektiv energibruk er allikevel svært sentralt i klimasammenheng, og oppdragsteamet mener at dette bør gå fram av en nasjonal definisjon for nNEB.

Hvordan nNEB defineres vil ha både bygningsmessige (interne) og samfunnsmessige (eksterne) konsekvenser. Definisjonen må være relevant og passende for å nå de politiske målsettingene, men den må samtidig ikke gi uønskede eller utilsiktede effekter på andre områder.

Definisjonen, og bygg som oppfyller definisjonen, bør derfor være bærekraftig i en bredere, samfunnsmessig kontekst. En bærekraftig definisjon tar hensyn til både miljø, økonomi og sosiale forhold:

- **Miljø:** Definisjonen må bidra til å nå fremtidige klima- og miljømålsettinger i et livsløpsperspektiv. Den må være tilpasset et norsk klima, med robusthet også for langsiktige klimaendringer.
- **Økonomi:** Definisjonen må fremme kostnadseffektive og samfunnsøkonomisk gunstige løsninger på lang sikt, som både ivaretar forbrukernes interesser og styrker konkurranseevne og næringsutvikling i byggebransjen og leverandørindustrien.
- **Sosialt:** Definisjonen må gi rom for videreføring og utvikling av lokal, regional og nasjonal kultur og byggeskikk. Og den må gi rom for de svært ulike behov og preferanser fremtidens heterogene befolkning har i forhold til boformer, estetikk, og bruk av by- og uterom.

4. BYGGTEKNISK DEFINISJON AV NESTEN NULLENERGIBYGG

Følgende hovedelementer i en definisjon av nNEB er diskutert i dette kapittelet:

1. Kapittel 4.1 Lokalt klima

Lokalt klima påvirker energibruk i bygg, både med sesong- og døgnvariasjoner. Muligheter for egenproduksjon er også avhengig av lokalt klima. Klimakorrigeringsnivået diskuteres.

2. Kapittel 4.2 Tilkobling og samspill med energiinfrastruktur

Bygg kan enten være tilknyttet eller frakoblet et eller flere nett, f.eks. distribusjonsnett for elektrisitet eller fjernvarme, og det kan være lagringssystemer i eller ved bygget. Samspillet med eksterne energisystemer er av stor samfunnsmessig betydning. Hvordan kan dette ivaretas i en nasjonal definisjon av nNEB?

3. Kapittel 4.3 Systemgrenser for lokal produksjon av fornybar energi

Systemgrensene kan settes ulike steder og kan inkludere både tilgjengelig energi på eiendommen og tiltransportert.

4. Kapittel 4.4 Framstilling av energibalanse

Energi balansen for et bygg kan framstilles på mange ulike måter, hvilke energiposter eller energiformål som måles eller beregnes, samt hvilken egenprodusert energi som kan regnes med i energibalansen. Mulige innfallsvinkler kan være «*målt energi + egenproduksjon av fornybar energi*» eller «*energi inn minus energi ut*». Det vises hvordan dette kan framstilles i et diagram.

5. Kapittel 4.5 Tidsoppløsning for energibalanse

Tidsperiode for beregningene kan f.eks. være for en full livssyklus inkludert energi til produksjon av byggevarer og tekniske systemer, samt drift og avhending, eller mer avgrenset til en bestemt driftsperiode; år, sesong eller måned(er)

6. Kapittel 4.6 Indikatorer for energieffektivitet og -ytelse

Beregningspunktet eller -punktene kan være varmetapstall, netto energibehov, levert energi, primærenergi, CO₂ ekvivalenter, eksergi, målt energibruk etc. Disse diskuteres og det anbefales en metodikk.

7. Kapittel 4.7 Energieffektivitet

Her diskuteres blant annet hvilke krav som bør stilles som minstekrav til bygningskropp.

8. Kapittel 4.8 Energiformål

Ulike energiformål kan inkluderes for å definere om et bygg er nær nullenergi, f.eks. behovene for oppvarming, kjøling, noen eller alle energiposter etc.

9. Kapittel 4.9 Framtidsscenarioer og teknologiutvikling

Her omtales kort noen framtidsscenarioer med tanke på teknologi for energieffektive bygg.

4.1 Lokalt klima

Temperatur, solstråling, og vindforhold på stedet er av stor betydning for byggets energibehov og mulighetene for å generere energi på stedet. I Norge varierer klimaforholdene mye. Fra Lindesnes til Nordkapp strekker Norge seg over mer enn 13 breddegrader. Gjennomsnittstemperaturer og temperaturvariasjoner over året varierer sterkt. Deler av landet har svært lav solinnstråling i perioder av året.

Lønnsomheten knyttet til energiltak vil være svært avhengig av klimaforhold. En kostnadseffektiv tilnærming til energieffektive og klimavennlige bygg bør derfor ta utgangspunkt i lokale forhold. Faktorer som bygningskroppens egenskaper og valg av fornybare energiløsninger vil påvirkes av en rekke forhold som må vurderes avhengig av klima. For nNEB anbefales det å basere seg på mest mulige reelle driftsbetingelser for beregning av energibruk, herunder lokalt klima. Dette innebærer også klimakorrigeringsnivået. Det vises blant annet til at passivhusstandardene NS 3700 og NS 3701 tar hensyn til forskjeller i lokalt klima. Det må utredes nærmere fram mot 2020 hvordan dette skal gjennomføres.

Klimakorrigeringsnivået av energikravene kan i noen grad virke kompliserende, og kan eksempelvis representere en utfordring for serieproduksjon av boliger. Det bør utredes nærmere hvordan negative effekter kan unngås.

Lokal tilpasning vil sannsynligvis være sentralt for å oppnå nær nullenerginivå på en kostnadseffektiv måte, herunder bruk av lokalt klima i energiberegninger og klimakorrigerings av kravene.

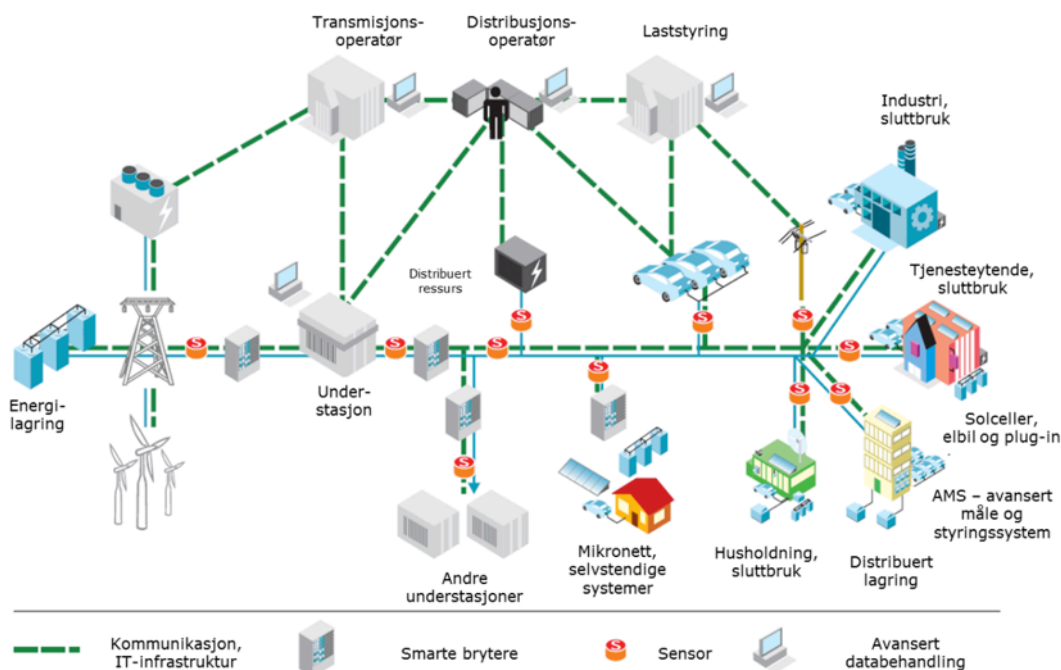
4.2 Tilkobling og samspill med energiinfrastruktur

Det er grunn til å anta at nNEB i all hovedsak vil være tilknyttet elektrisitetsnettet. Samspillet med kraftsystemet vil ha betydning for kostnader og indirekte miljøvirkninger av energibruken i byggene. I dette kapitlet diskuterer vi hvilken betydning dette kan ha for utvikling av en definisjon av nNEB. Diskusjonen danner også en viktig del av bakgrunnen for påfølgende kapitler knyttet til valg av indikator/beregningspunkt, systemgrense for lokal produksjon og tidsoppløsning for byggets energibalanse.

4.2.1 Energisystemets utvikling

Energibruken i bygningsmassen i Norge er i dag i svært stor grad basert på elektrisitet, og de bygg i de kategoriene som er relevante for denne utredningen er i dag uten unntak tilknyttet distribusjonsnettet for elektrisitet. I tillegg kommer noe energi i byggsektoren fra termiske energivarer, herunder ved, fjernvarme, fyringsolje og fossil gass. Disse energivarene nyttes i all hovedsak til ulike varmeformål.

De aller fleste bygg som er aktuelle med tanke på en definisjon for nær nullenergi i Norge vil sannsynligvis også etter 2020 være tilknyttet distribusjonsnettet for elektrisitet. Det er derfor svært viktig at framtidens bygg spiller sammen med framtidens distribusjonssystem på en god måte, f.eks. ved etablering av smarte nett (smart grid). Figuren under viser et eksempel på et smartnett for elektrisitet.



Figur 4.1 – Smartgrid med sentral og desentralisert fornybar energiproduksjon og kommunikasjon

Sentrale trekk ved kraftsystemets forventede utvikling er:

- Økt utveksling mellom Norden og Europa
- Økt andel ikke regulerbar, fornybar energi
- Mulig kraftoverskudd i Norden
- Kraftigere prissvingninger

Disse forholdene er blant annet omtalt i Energiutredningen[16]. Det er sannsynlig at verdien av reguleringsevne i det norske kraftsystemet vil øke, noe som vil øke verdien av energifleksibilitet og reguleringsevne også i byggsektoren. Dette medfører at forhold som effektterspørsel, effektreserver og fleksibilitet bør stå sentralt når man skal definere nNEB.

4.2.2 Effektreserver og energifleksibilitet

I Norge vil selv nNEB så vel som netto nullenergibygg eller plusshus sannsynligvis være avhengige av tilknytning til elektrisitetsnettet og eventuelt andre distribusjonsnett blant annet av hensyn til forsyningssikkerheten. Nettet må da dimensjoneres for å levere byggets maksimale effektbehov. Samtidig vil byggene ofte bruke lite energi, noe som gjør at nettkostnadene per energienhet kan bli høye. Videre må det eksistere reservekapasitet i form av regulerbar, sentral energiproduksjon, som vann- eller gasskraft.

Det er også aktuelt å etablere effektreserver i bygget. Når det gjelder varme er det i dag vanlig å installere gass- eller oljebaserte kjeler som reserve for varmepumper eller bioenergiløsninger i større bygg eller nærvarmesentraler. I mindre bygg blir effektreserve for varmeforsyning som regel ivarettatt med elektrisitet fra nettet. Reservesystemer, f.eks. basert på fornybare flytende drivstoff benyttes også, og vil være aktuelle reserveløsninger i større bygg også i framtiden. Når det gjelder elektrisitetsproduksjon synes det mindre aktuelt å ha full effektreserve internt i bygg, selv om det skjer teknologiutvikling innen bl.a. småskala kombinert produksjon av elektrisitet og varme (CHP).

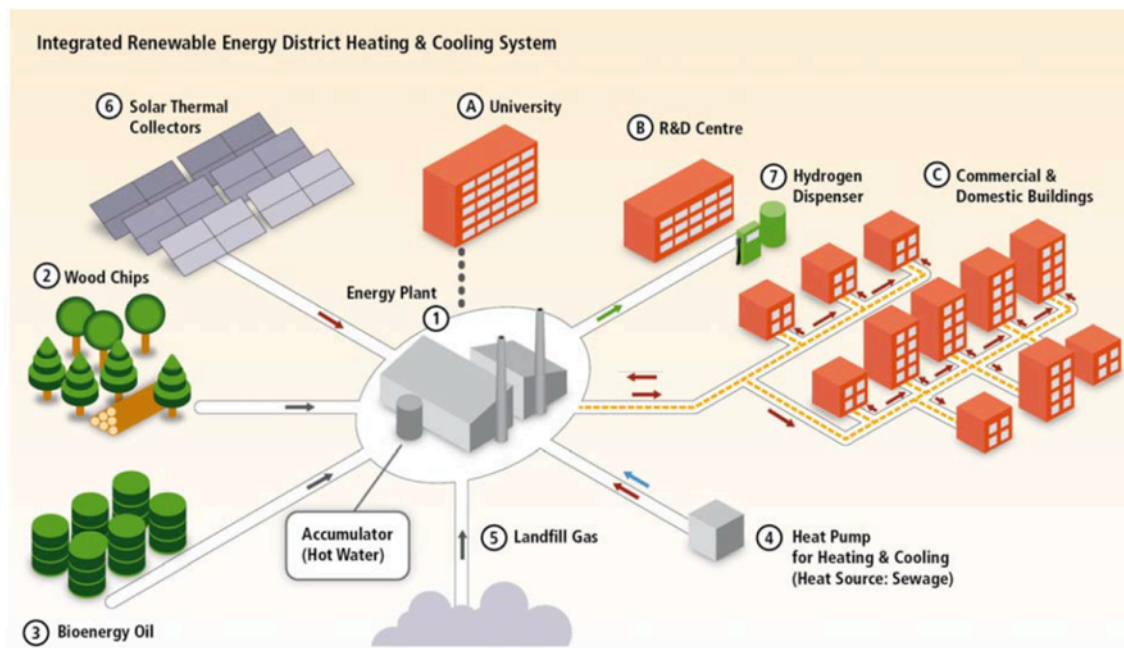
Energifleksibilitet innebærer en mulighet til å veksle mellom energivarer på lang eller kort sikt. Tradisjonelt har begrepet blant annet vært knyttet til vannbårne systemer som har medført mulighet til å veksle mellom energibærere, fortrinnsvis systemer med elektrokjeler og effektreserve i form av oljekjeler. Slike systemer har gitt anledning til å koble ut elektrokjeler ved anstrenge situasjoner i elektrisitetsnettet der dette er avtalt, samt at den enkelte sluttbruker til en hver tid kan benytte den rimeligste av energivarerne. En annen viktig form for energifleksibilitet finnes hos husholdninger med ildsted, som eksempelvis kan velge å øke vedbasert oppvarming ved høye elektrisitetspriser. Disse formene for fleksibilitet forutsettes å ha hatt stor positiv betydning for elektrisitetsnettet og forsyningssikkerheten i tørrår. Mål om utfasing av fyringsolje og reduserte insentiver for elektrokjeler medfører at denne formen for fleksibilitet reduseres. Videre er det knyttet usikkerhet til hvilken rolle ildsteder og vedfyring vil spille i framtidens nye boliger. Dette medfører noe usikkerhet med tanke på utviklingen for energifleksibiliteten i byggsektoren samlet sett.

Problematikk knyttet til effektreserver vil legge viktige føringer for hvordan framtidens norske bygg skal dekke sitt energibehov. Markedet vil i økende grad kunne gi prissignaler i forhold til faktiske kostnader og miljøvirkninger knyttet til installasjon og bruk av effekt. Dette kan blant annet gjøre en del former for lokal produksjon mindre attraktivt og bedre lønnsomheten knyttet til energifleksible løsninger. Det synes å være hensiktsmessig å ta høyde for dette ved etablering av en definisjon for nNEB.

4.2.3 Energikvalitet

Energikvalitet innebærer at energi kan anses for å ha ulik verdi avhengig av hvilken form det kommer i. Elektrisitet har høyeste kvalitet og kan utnyttes til alle energiformål. Varmeenergi har lavere kvalitet jo lavere temperaturen er, noe som også gjenspeiles i at varme ved lav temperatur har få anvendelsesområder. Energiinnhold, f.eks. per kilo eller volum, kan også gjenspeile en energikvalitet for bioenergi.

Mye av energien som anvendes i byggsektoren i dag går til formål som krever varme ved relativt lav temperatur. Et godt eksempel på dette er romoppvarming. Allikevel benyttes ofte energi av høy kvalitet, som elektrisitet, for å dekke denne delen av etterspørselen. En årsak til dette er en lock-in effekt knyttet til at mange bygg er bundet til elektrisk oppvarming. En annen årsak er at markedet ikke gir noen prissignaler som gir insentiv til å utnytte energi av lavere kvalitet. Utviklingen i senere tid har gått mot økt anvendelse av vannbåren varmedistribusjon i bygg, herunder lavtemperatur, som gir mulighet til å utnytte lavere energikvalitet til oppvarming og varmt tappevann. Denne utviklingen har i stor grad vært styrt gjennom byggeforskriftene. Lavtemperaturanlegg er gunstige for utnyttelse av solvarme og varmepumper, som kan være aktuelle løsninger for nNEB.



Figur 4.2 – Eksempel på fornybart fjernvarmesystem som utnytter ulike energikilder og -kvaliteter (Akershus Energipark) [17]

Lavtemperaturanlegg vil også gjøre det mer attraktivt å etablere løsninger for lagring av varme samt termiske smartnett. Termiske smartnett kan benyttes til termisk lagring av overskuddsenergi fra bygg. På lik linje med overskuddsproduksjon av elektrisk kraft som leveres tilbake på strømmettet kan det tilrettelegges for å kunne levere varmeenergi til et felles distribusjonsnett.

Et solfangeranlegg for et bygg dimensjoneres gjerne for å dekke varmtvannsbehovet på sommeren, og en liten del av varmebehovet vår og høst. I noen tilfeller kan bygget produsere mer varme enn bygget selv har behov for i noen perioder og utveksling med et energilager i form av et lavtemperatur nærvarmenett kan være en løsning. Tilsvarende har lokale varmepumper for kjøleproduksjon en spillvarmeproduksjon, som i dag ofte blir dumpet til omgivelsene. Denne type varmeenergi kunne tas vare på, og leveres ut på et distribusjonsnett slik at andre brukere kan utnytte denne varmeenergien. Et felles distribusjonssystem vil også kunne tilrettelegge for sentral akkumulering som en form for varmelager for å utjevne effektbehov over døgnet samt større akkumuleringsløsninger også for sesongvariasjoner.

For å få etablert velfungerende termiske smartnett må det tilrettelegges for denne type løsninger både ved etablering av fjernvarmenett (primærdistribusjonsnett) og i bygg (sekundærdistribusjonsnett).

Feil! Finner ikke referanseilden. illustrerer hvordan dagens produksjonsanlegg med tilhørende eksisterende fjernvarmenett, som normalt er dimensjonert for relativt høye turtemperaturer (90-95°C på sekundærsiden om vinteren), kan tilrettelegge for separate lavtemperaturnett for områder med mange nye bygg der både primær- og sekundærnett må tilrettelegges for lavtemperatursystemer. Den begrensende faktor for hvor lav turtemperatur et slikt lavtemperaturnett kan ha, er krav til temperatur på tappevann for å unngå fare for Legionellabakterier.

Det er knyttet noen utfordringer til utvikling av termiske smartnett:

- Temperatur på spillvarme levert fra bygg må minimum være høyere enn returtemperatur i fjernvarmenettet. En lokal produsent vil få best betalt dersom temperatur er høyere enn turtemperatur i nettet.
- Pris på kjøp av varme må være konkurransedyktig i forhold til alternativene
- Typisk overskuddsproduksjon av varme (sol, spillvarme ved kjøleproduksjon osv) oppstår gjerne når det er lite varmebehov for øvrig. Det er i sommermånedene lite varmebehov annet enn tappevannsbehov.

4.2.4 Energilagring

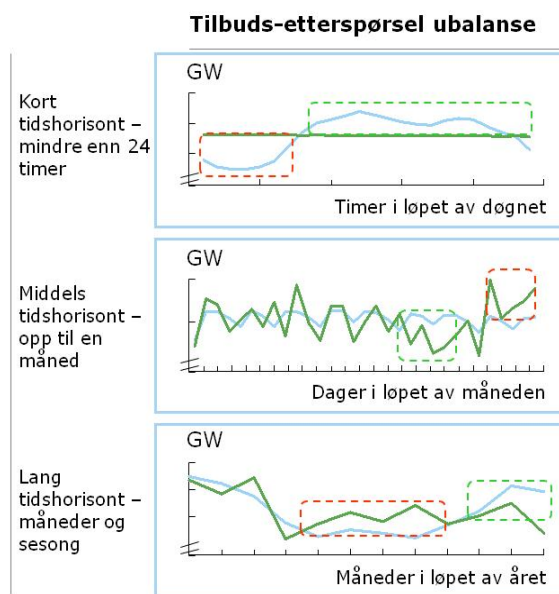
Lagringssystemer for energi i bygg antas å kunne bli viktigere for Norge enn en del andre land i Europa pga. kaldt klima, foreløpig begrenset adgang til levering av elektrisitet til distribusjonsnettet samt fjernvarmenett med høye temperaturer. Lagringssystemer omfatter passive systemer der energi døgnglages i selve bygningskomponentene, men også systemer der man i korte (time-døgn) eller lengre perioder (sesong) lagrer energi for så aktivt å ta dette i bruk ved behov. En varmtvannstank er et typisk eksempel på et slikt lager. Varme kan lagres på kort sikt i akkumulatortanker, eller overskuddsvarme fra sommerhalvåret kan sesonglagres i bakken og hentes opp med varmepumper på vinteren. Batterier vil kunne lagre elektrisitet fra solceller for økt utnyttelse av egenproduksjonen, men vil da også kunne anvendes for å lagre energi fra nett ved lave priser for bruk eller tilbakelevering ved høyere priser. Elbiler til lading ville også kunne ha en slik funksjon.

4.2.5 Teknologinøytralitet

Diversitet med hensyn til fornybare kilder kan være med på å redusere energisystemets sårbarhet, motvirke ensidig belastning på elektrisitetsnettet, og vil også være robust overfor usikkerhet knyttet til energisystemets utvikling på lang sikt. En ensretting, eksempelvis der elektrisitet fra nettet i stor grad representerer spisslast, kan føre til behov for økt utbygging av nettet, større belastning på nettet og større konsekvenser ved feil i nettet.

Insentiver til energiforsyningsløsninger i en definisjon for nNEB bør være teknologinøytrale og gi markedet fleksibilitet, valgmuligheter og muligheter for teknologiutvikling. Kravene skal kunne oppfylles for alle deler av landet og alle typer områder, og det bør være rom for god lokal tilpasning.

Varighet



Figur 4.3 – Tidshorisont for energilagringsteknologier

4.2.6 Egenproduksjon

Det oppfattes ikke at bygningsenergidirektivets definisjon av nNEB stiller krav til produksjon av fornybar energi i bygg, men definisjonen har et fokus på lokalt produsert energi. Systemgrenser for lokalt produsert energi er diskutert i kapittel 4.3. Framtidens bygg vil kunne ha overproduksjon av energi deler av året, med mulighet for å selge elektrisitet eller varme, eller lagre energien. Slik overproduksjon vil imidlertid ofte oppstå i lavlastperioder med lave energipriser. Når det i Norge er sagt at nesten nullenerginivå skal innføres i byggeforskriftene blir det en viktig avveining i hvilken grad eksport av energi fra bygg skal være et (mulig) tiltak for å oppfylle forskriftskrav.

Det kan fremstå som en lite robust løsning dersom energieksport fra bygg i lavlastperioder i stor grad kan erstatte energieffektive løsninger, herunder passive tiltak, for å oppfylle forskriftskrav. Dersom eksport bør krediteres for å oppfylle forskriftskrav må det derfor vurderes hvilken tidsoppløsning man da skal legge til grunn for beregning av byggets energibalanse. Tidsoppløsning er diskutert i kapittel 4.5.

En mulig innfallsvinkel er at byggeforskrifter primært bør stimulere til egenproduksjon til eget bruk. Det er også mulig å hevde at insentivene til eksport av energi fra bygg hovedsakelig bør være markedsbaserte, gjennom markedspriser på energi og eventuelle støtteordninger for fornybar energi.

4.2.7 Konklusjon samspill med energiinfrastruktur

Oppdragsteamet mener at framtidens bygg og byggsektoren som helhet må utvikles på en slik måte at man stimulerer til økt andel fornybar energi i energisystemet samtidig som etterspørselen etter regulering og

spisslasteffekt minimeres. En slik innfallsvinkel kan begrunnes både økonomisk og miljømessig. Sentrale virkemidler i denne sammenhengen er energieffektive bygg, smarte nett, energilagre og alternative energibærere. Fleksibilitet og diversitet vil være viktig.

Produksjon av fornybar energi i eller ved bygget, og eksport av energi fra bygget er aktuelle tiltak. I den grad det er byggeforskriftene som skal stimulere til egenproduksjon i bygg bør det vurderes om det skal gis insentiver til at energien i størst mulig grad anvendes i bygget eller lokalt. En slik tilnærming vil også kunne gi insentiv til lagringssystemer, noe som oppfattes som gunstig for samspill med energisystemet for øvrig.

Nesten nullenergibygget bør ha stor grad av samspill med energisystemet for øvrig, og bidra minst mulig til økt reguleringsbehov i kraftsystemet. Energifleksibilitet, lagring og smarte nett vil være sentralt.

Ønsket om samspill med energisystemet har blant annet betydning for valg av indikator/beregningspunkt samt tidsoppløsning for, og definisjon av, lokal produksjon.

Dette forholdene har betydning for valg av systemgrenser/beregningspunkt og tidsoppløsning for og

4.3 Systemgrenser for lokal produksjon av fornybar energi

I henhold til det reviderte energidirektivets definisjon av nNEB skal byggets svært lave energibehov dekkes overveiende fra fornybare kilder:

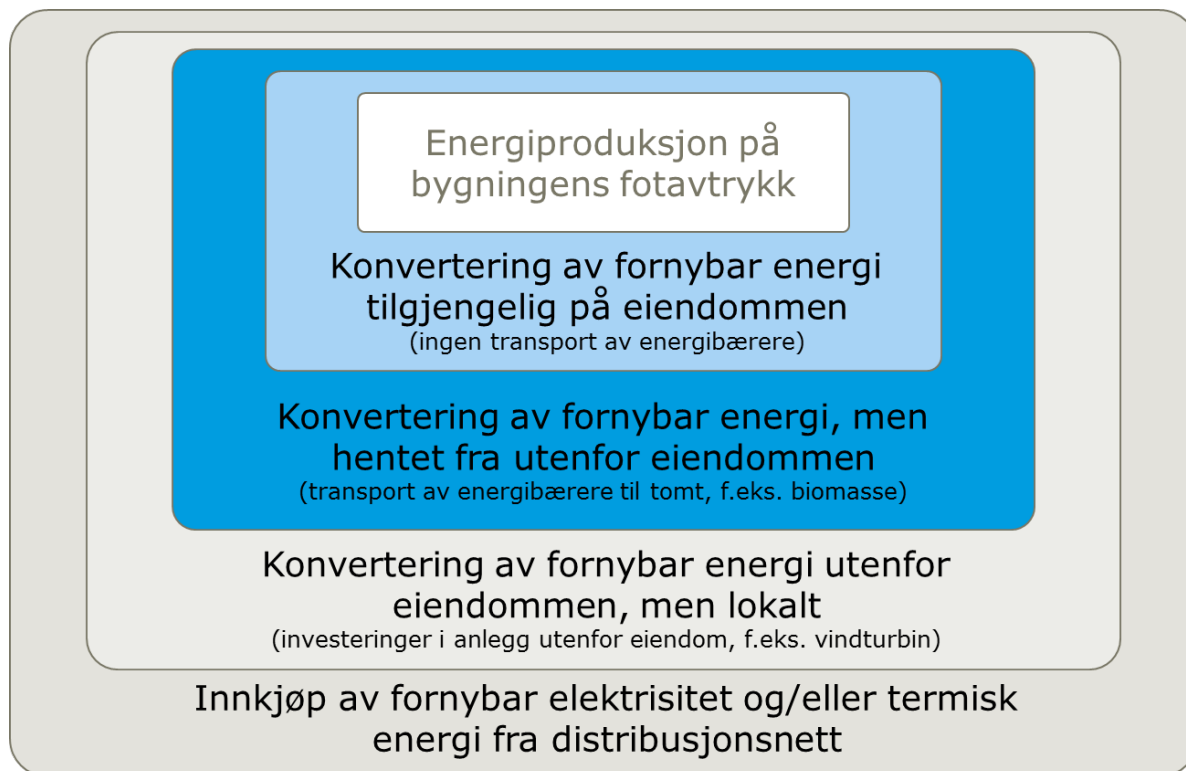
"The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produced on-site or nearby"

Dette kan oversettes med: «Den meget lave mengden energi som kreves skal i vesentlig grad dekkes med energi fra fornybare kilder, inkludert fornybar energi produsert på eiendommen eller i nærheten»

Fornybar energi produsert lokalt framheves altså i direktivet, men det synes å være betydelig rom for tolkning av begrepet «i nærheten», og hvor stor andel av den fornybare energien som eventuelt skal produseres lokalt. Det oppfattes derfor ikke som et krav, men det tolkes dithen at lokalt produsert energi bør vurderes nærmere. Et slikt handlingsrom er viktig for norske forhold ettersom insentivene og mulighetene til å produsere energi lokalt vil variere sterkt, spesielt hvis man ser på energiproduksjon på bygget eller eiendommen. Et vesentlig spørsmål i denne sammenhengen er da hvordan man velger å definere lokal energiproduksjon. Her legger direktivet ingen direkte føringer. Det finnes her et relativt stort handlingsrom som omfatter energi produsert på bygget, på tomten, på nabobygg eller i umiddelbar nærhet eller i et avgrenset fjernvarmenett.

Systemgrenser for beregning av levert og eksportert fornybar energi kan illustreres som i Figur 4.4.

Forskningssenteret ZEB har foreløpig konkludert med at de tre innerste nivåene i Figur 4.4, her indikert med hvitt og blått, skal gjelde for beregningene av fornybar energi for el-produksjon, mens for varmeproduksjon kan man også hensynta fjernvarmeproduksjon [18].



Figur 4.4 – Systemgrenser for egenproduksjon og kreditering av fornybar energi

De ulike systemgrensene gir ulike begrensninger med tanke på hvilke fornybare energikilder som kan benyttes [19]. Tabell 4.1 presenterer en rangering av systemgrenser, og eksempler på de teknologiene som er best egnet til å realisere nNEB avhengig av systemgrense og grad av energieffektivitet, tilgjengelighet (over byggets levetid) og overførbarhet (realisering av andre nullenergibygg). Hierarkiet og systemgrensene for å oppnå nNEB kan deles inn i fem nivåer. I tabellen nevnes også noen eksempler på hvilken type teknologi eller løsning som kan være aktuell.

Tabell 4.1: Systemgrenser og hierarki for fornybar energiproduksjon på eller utenfor en eiendom

Nivå	Energiproduksjonsmuligheter	Eksempel
0	Redusere energibruk ved hjelp av lavenergiteknologier	Varmeisolasjon, maksimere dagslys, høyeffektivt ventilasjons- og klimaanlegg, stor termisk masse etc.
Energiproduksjon på bygg og tomt (on-site)		
1	Fornybar energi innenfor byggets fotavtrykk	Solceller, solfangere og vindturbiner på tak eller fasade.
2	Fornybar energi tilgjengelig på eiendommen (on-site)	Solceller og solfangere stående på bakken eller stativ, småskala vannturbiner, frittstående vindturbiner på tomt
Energiproduksjon utenfor eiendom (off-site)		
3	Fornybar energi hentet utenfor eiendom og konvertert på eiendommen	Biomasse, pellets, bioetanol, biodiesel, biogass «importert» til eiendommen, eller konvertering av avfallsstrømmer fra biomasse tilgjengelig på eiendommen, til elektrisitet og/eller varme

4	Kjøp av fornybar energi fra utenfor eiendommen direkte brukt til oppvarming eller teknisk utstyr	Fornybar energi fra energiselskaper, f.eks. energi med opprinnelsesgarantier.
----------	--	---

For å vurdere nærmere hva som er en hensiktsmessig definisjon av lokal energiproduksjon er det naturlig å gjøre seg noen tanker om hvorfor direktivet velger å ha et ekstra fokus på dette. Mulige årsaker kan være:

- I en del land er ressurstilgangen begrensende med tanke på å nå mål innen klima og fornybar energi ved hjelp av sentraliserte løsninger.
- Insentiver til lokal produksjon av fornybar energi vil redusere behovet for importert energi i land med høy import og begrenset tilgang på energiresurser, noe som er sentralt i mange europeiske land.
- Produksjon tilknyttet nye bygg vil redusere samlet tilført energi til byggsektoren, og således gi et bedre energiregnskap for denne sektoren.
- Lokalt produsert energi kan gjøre det lettere å kontrollere at en del av energien som benyttes faktisk er fornybar.
- Lokalt produsert energi gir ytterligere muligheter for å redusere levert energi til bygget, og kan derfor bidra til å bygge opp under begrepet «nær nullenergi».
- Lokalt produsert energi kan være privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsomt, eller det antas at dette vil bli lønnsomt på lengre sikt.
- Der det er lønnsomt og ellers ligger til rette vil det være hensiktsmessig å utnytte byggets ellers utnyttede flater.

Noen av disse argumentene gjør seg i mindre grad gjeldende for norske forhold enn i en del andre europeiske land.

Et av de viktigste argumentene for å vektlegge fornybar energi produsert lokalt for norske forhold er etter oppdragsteamets syn at dette gjør det lettere å føre kontroll med at energien faktisk er fornybar. En eventuell kreditering av opprinnelsesgarantier eller klimakvoter for å oppfylle energikrav i forskrifter oppfattes ikke å kunne gi den nødvendige framtidsrettede utviklingen av byggsektoren med tanke på samspill med energisystemet, og så lenge det antas at en rekke tilstrekkelig kostnadseffektive tiltak kan gjennomføres i byggsektoren vurderes dette ikke som en opsjon.

Dersom det å føre kontroll med fornybar energi er målet vil dette kunne håndteres tilfredsstillende innenfor avgrensede nett, og kan derfor bety at fjern- og nærvarme bør inkluderes i definisjonen av lokal energi. Det oppleves som sentralt at framtidige forskrifter ikke diskriminerer kollektive termiske energiløsninger som blant annet gjerne medfører høy grad av energifleksibilitet, akkumuleringsevne og mulighet for effektiv utnyttelse av energi med lav kvalitet.

Bioenergi i ulike former kan leveres som et enhetlig produkt med en varedeklarasjon, og sluttbruker vil ha kontroll over hva som anvendes til enhver tid. Det understrekes at varedeklarasjon for bioenergi da vil gjelde et fysisk produkt, noe som medfører en vesensforskjell sammenlignet med opprinnelsesgarantier for elektrisitet.

Det kan være hensiktsmessig å skille mellom elektrisitet og termisk energi ettersom avgrensede fjernvarmenett er relativt utbredt. Lokale elektrisitetsnett er tradisjonelt begrenset til intern forsyning, eventuelt produksjon tilknyttet bygningsmassen, og det er vanskelig å se for seg at det er hensiktsmessig å anvende byggeforskrifter for å etablere insentiver for større, separate distribusjonssystemer for el framfor konvensjonell nettilknytning av kraftproduksjon. En tilnærming som den ZEB foreløpig har konkludert med virker derfor hensiktsmessig.

Dette innebærer at for termisk energi vil lokal fornybar energiproduksjon, i tillegg til produksjon i bygg og på tomten, også inkludere fjern- og nærvarme. Når det gjelder el-produksjon bør produksjonen foregå på bygg eller tomt, men kan da inkludere elproduksjon basert på energivarer importert over systemgrensen, noe som vil gjelde ulike former for bioenergi.

Når det gjelder energikrav kan disse gi insentiver til lokal energiproduksjon eksempelvis gjennom egne energiforsyningskrav slik som i dag, eller ved at systemgrensen for energirammeberegninger flyttes. Det er her valgt å basere en definisjon på det sistnevnte alternativet. Det er også foreslått å anvende vektingsfaktorer for energivarer transportert over byggets systemgrense (se kapittel 4.6).

4.3.1 Konklusjon systemgrenser

En tilnærming som den ZEB foreløpig har konkludert med, med en differensiering mellom termisk og elektrisk energi, synes hensiktsmessig.

Lokal energiproduksjon bør når det gjelder termisk energi, defineres som avgrensede nett der man kan føre kontroll med energimiksen, herunder fjern- og nærvarme. Dette innebærer at for termisk energi vil lokal fornybar energiproduksjon, i tillegg til produksjon i bygg og på tomten, også inkludere fjern- og nærvarme.

Når det gjelder el-produksjon bør produksjon/konvertering foregå på bygg eller tomt, men kan da omfatte elproduksjon basert på energivarer importert over systemgrensen.

Ordlyden som anvendes i dagens forskrifter, der det er krav til annen energi enn fossil eller direktevirkende elektrisitet, innebærer i stor grad det samme som lokalt produsert fornybar energi slik det her anbefales definert for norske forhold. Imidlertid har dagens forskrift et fokus som er avgrenset til dekning av varmebehovet.

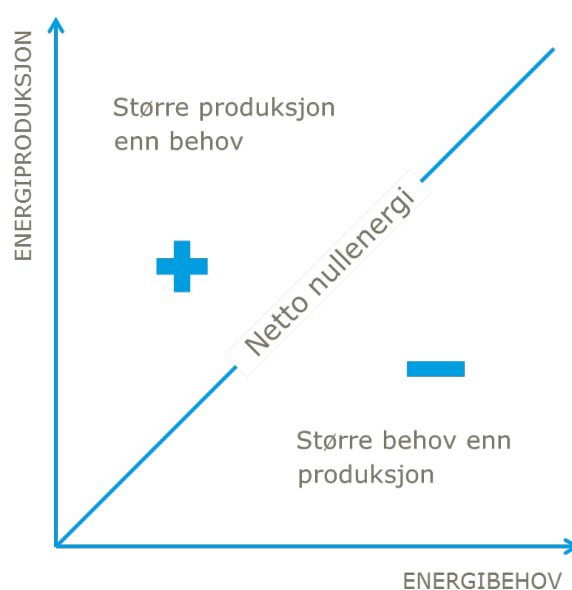
Det anbefales for å anvende ordlyden «lokalt produsert fornybar energi», eller tilsvarende i stedet for dagens ordlyd i TEK.

Det reviderte bygningsenergidirektivet har fokus på lokalt produsert, fornybar energi. For termisk energi foreslås det at systemgrensen tilsvarer dagens ordlyd i TEK10: annet enn fossil energi og direktevirkende elektrisitet. For elektrisitet anbefales systemgrensen satt til byggets tomt.

4.4 Framstilling av energibalanse

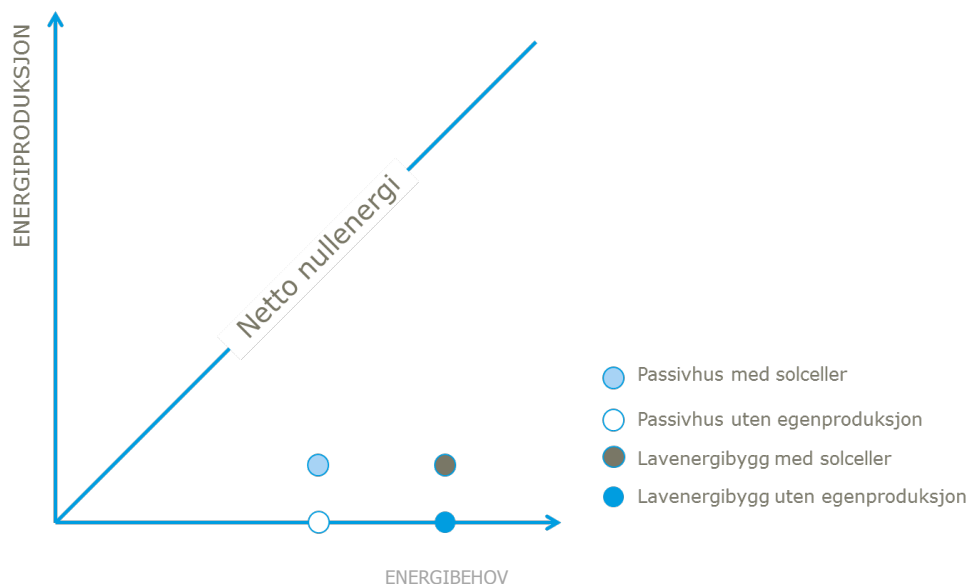
Framtidens nye bygg vil kunne produsere fornybar energi. Energibalansen for et netto eller nNEB er et forhold mellom energibehov og egenprodusert fornybar energi.

Figur 4.5 viser en illustrasjon av netto nullenergi, hvor produksjonen er like stor som behovet. Et plusshus, som produserer mer enn behovet vil befinne seg i området over og til venstre for netto nullenergi-linjen. Et nNEB vil holde seg på høyre side og under linjen sett over et år, men kan i perioder produsere mer enn eget behov.



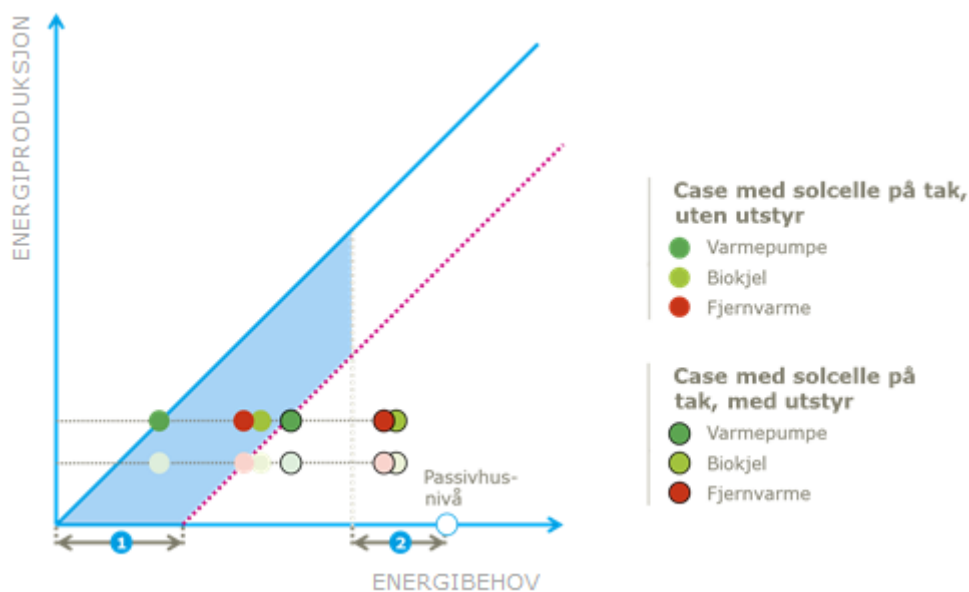
Figur 4.5 – Illustrasjon av netto nullenergi

Figur 4.6 viser at ved høyere energieffektivitet beveger bygget seg mot venstre på x-aksen, og ved egenproduksjon, vertikalt på figuren parallelt med y-aksen. Ulike beregningspunkter eller indikatorer kan velges på aksene. I noen tilfeller anvendes «weighted energy demand» på x-aksen og «weighted energy supply» på y-aksen.



Figur 4.6 – Illustrasjon av kjente byggtypen i et diagram

I Figur 4.7 illustreres hvordan ulike tekniske løsninger og beregningspunkt kan påvirke i hvilken grad et bygg vil oppfylle en nNEB-definisjon. I hvor stor grad et bygg kan oppfylle nNEB-krav avhenger av veldig mange faktorer, men i Figur 4.7 vises noen prinsipper.



Figur 4.7 – Illustrasjon av bygg med ulike tekniske systemer

Merk at alle punktene i Figur 4.7 representerer det samme bygget med samme beregnet netto energibehov. Det er mengden egenprodusert energi som flytter punktene i vertikal retning og systemvirkningsgradene for de termiske systemene som flytter punktene horisontalt. Den øverste linjen med punkter representerer et case med solceller på tak, mens linjen under med mer bleke farger representerer et case med solceller på fasade, med noe lavere energiproduksjon.

Et prinsipielt spørsmål er hvor nær nullenergi linjen skal stå, dvs. hvor langt mot høyre, som pil nr. 1 viser. Figuren viser at hvis teknisk utstyr, en energipost angitt i NS3031, skal være med i regnskapet vil det naturlig nok bli vanskeligere å oppnå nNEB-status for bygget hvis ikke nivået for nNEB flyttes lenger mot høyre. Figuren viser også at ulike tekniske systemer har ulik virkningsgrad og dermed blir levert energi lavere eller høyere, med et utslag i horisontal retning. I dette regneeksempelet, hvor bygget har det samme beregnet normert netto energibehov for alle punktene, så er det kun halvparten av punktene som er innenfor den tenkte definisjonens utfallsrom. Dette illustrerer også at en slik framstilling av byggets energibalanse medfører at enkelte teknologier, her varmepumper, kommer bedre ut enn andre, her fjernvarme og bioenergi. Dette kan tale for å anvende miljøvekting eller tilsvarende i en slik framstilling (se kapittel 4.6).

4.4.1 Konklusjon energibalanse

Oppdragsteamet foreslår at utfallsrommet for å tilfredsstillende en nNEB-definisjon er et areal i en slik figur slik at hvert bygg kan optimaliseres for forholdet mellom passive tiltak, energieffektive tekniske systemer og anvendelse av lokalt produsert fornybar energi, herunder egenproduksjon av termisk energi og elektrisitet.

Yttergrensene for et utfallsrom, på en graf med levert energi på x-aksen og elektrisitet på y-aksen pga. dagens beregninger i norske standarder, bør være følgende:

- Helningen bør være 45° for nNEB-linjen, dvs. parallell med netto nullenergilinjen.
- Primærenergi eller vektet levert energi på aksene er alternativer, og det bør være mulig under norske forhold å ha ambisjoner om at nNEB i Norge skal ligge nærmere null-linjen enn passivhusnivå slik dette er definert i dagens standarder eller slik det skal defineres i forskriftene i 2015.

Med primærenergi som benevning på aksene i et energibalansediagram vil det være nødvendig å etablere primærenergifaktorer for norske forhold. Tilsvarende vil det ved valg av en form for vektet energi være behov for vektingsfaktorer.

Det foreslås at utfallsrommet for å tilfredsstillende en nNEB definisjon framstilles som et areal slik at et nesten nullenergibygg kan optimaliseres med hensyn på balansen mellom passive tiltak, tekniske systemer og lokalt produsert fornybar energi.

4.5 Tidsoppløsning for energibalanse

Beregninger for energiytelse i Norge har stort sett vært basert på årlige energibehov og varmetap. For nNEB blir en utfordring til et hvert tidspunkt å ha et best mulig forhold mellom energibehov og produksjon. Dersom egenproduksjonen er lav når behovet er størst, slik det kan være tilfelle med eksempelvis solfangere, oppstår det behov for lagring av energi, utveksling med eksternt energinett eller dumping. Lokal fornybar energiproduksjon fra sol og vind varierer mye i løpet av både døgn og år.

Ulike teknologier vil ha ulike egenskaper i denne sammenhengen. I bygninger med kjølebehov kan maksimal produksjon fra solceller falle sammen med forbrukstopper. Bioenergi baserte løsninger er regulerbare, og vil kunne produsere mest når behovet er størst.

Det er vanskelig å se for seg at det skal være insentiver i byggeforskriftene som skal stimulere til omfattende eksport av energi fra bygg. Dette vil sannsynligvis medføre lav kostnadseffektivitet, ikke minst sammenholdt med klimaeffekt. Snarere bør insentiver til slik eksport i større grad overlates til markedet og eventuelle egne virkemidler for slik fornybar energi.

Norge/Norden skiller seg fra Europa for øvrig, gjennom at kraftoverskudd med begrensede eksportmuligheter er et realistisk scenario når nNEB skal innføres. Dette medfører at det for norske forhold kan være mindre hensiktsmessig å stimulere særskilt til lokal elproduksjon, noe som kan tale for at eksport av energi fra bygg bør konkurrere på like vilkår med annen produksjon. Dette fordrer allikevel at sluttbruker har anledning til å levere energi til nettet på tilnærmet like betingelser som andre energiprodusenter, noe som ikke er gitt, men som ikke kan reguleres gjennom byggeforskrifter.

Dersom det skal være et mål at byggets egen produksjon i størst mulig grad anvendes internt, taler dette for at beregning av byggets energibalanse bør baseres på time- eller døgnoppløsning, eller i det minste månedlig oppløsning. Månedlig oppløsning oppfattes som mest realistisk i praksis og anbefales derfor.

Det er en vesensforskjell mellom eksport av termisk energi og elektrisitet. Mens det i de fleste tilfeller vil være en mulighet for å levere el på nett, vil muligheten for eksport av termisk energi være helt avhengig av om det eksisterer lokale avtagere som kan utnytte den aktuelle kvaliteten. Under dagens forhold er dette bare unntaksvis tilfelle, men utvikling av smarte varmenett som åpner for dette kan være aktuelt i noen områder. I noen tilfeller vil det også være aktuelt å eksportere kjøling. På den andre siden er det betydelig enklere å lagre termisk energi enn el. Disse forholdene kan tale for at man i forskriftssammenheng ikke bør kreditere eksport av termisk energi.

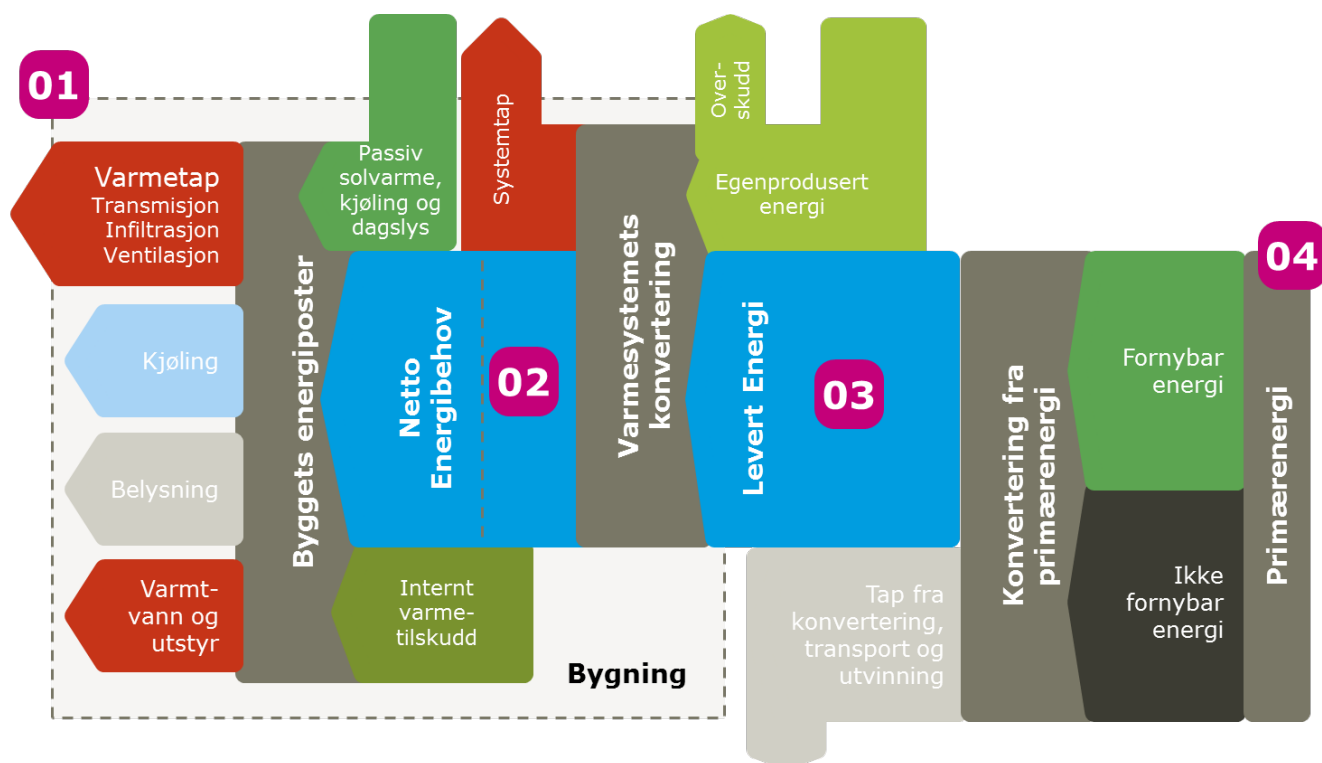
Det anbefales månedlig tidsoppløsning for beregning av energibalanse. Eksport av el fra bygg kan da medregnes i energibalansen, men det anbefales at man for termisk energi kun med regner produksjon til eget bruk.

4.6 Indikatorer for energieffektivitet og -ytelse

4.6.1 Beregningspunkter

I Norge benyttes i dag beregningspunktene varmetapstall og normert beregnet netto energibehov i byggeforskriftene. Det sistnevnte anvendes i rammekravsmetoden ved kontrollberegning. Normert beregnet levert energi benyttes i energimerkeordningen. Primærenergi, CO₂- ekvivalenter, vektet energi, eksergi og målt energibruk anvendes ikke i regelverk i Norge, men flere av disse benyttes i andre europeiske land.

Under vises en skjematisk figur over beregningspunkter i Norge, hvor pkt. 1 henviser til minstekrav for varmetap, pkt. 2 henviser til netto energibehov, pkt. 3 til beregnet levert energi, og pkt. 4 til primærenergi.



Figur 4.8 – Oversikt over beregningspunkt definert for forskrift og i NS3031:2007

Tabell 4.2 gir en oversikt over ulike beregningspunkter, samt fordeler og ulemper ved disse.

Tabell 4.2: Fordeler og ulemper med ulike beregningspunkt

Beregningspunkt	Enhet	Fordeler	Ulemper
Komponentkrav	U-verdier, lekkasjetall, virkningsgrader, etc.	Sikrer at energieffektive komponenter brukes. Benyttes i dagens forskrifter og i NS 3700/01. Enkelt å forstå. Kan stimulere produktutvikling.	Kan hindre utvikling og bruk av alternative løsninger. Kan medføre sub-optimalisering.
Varmetapstall	W/(m ² ·K)	Sikrer at en kombinasjon av energieffektive komponenter brukes. Benyttes i dagens forskrifter og i NS 3700/01. Enkelt å beregne.	Teoretisk tall, kan være litt vanskelig å forstå.
Netto energibehov	kWh/(m ² ·år)	Dagens energirammer omfatter krav til netto energibehov. Setter fokus på energieffektiv utforming av bygget.	Tar ikke hensyn til energiforsyning og gir ikke insentiv til tekniske systemer med høy virkningsgrad. Teoretisk beregning som ikke nødvendigvis reflekterer behovet for kjøpt energi.
Levert energi	kWh/(m ² ·år)	Setter fokus på det totale behovet for tilført energi til eiendommen. Tar hensyn til virkningsgrad for energiforsyningsystem og utnyttelse av fornybare energikilder på eiendommen.	Tar ikke hensyn til fornybare energikilder/energivarer tilført fra utenfor eiendommen.
Primærenergi	kWh/(m ² ·år)	Primærenergi reflekterer den totale energibruken ved utnyttelse av energiråvarer, da det tas hensyn til virkningsgrad/tap i hele verdikjeden.	Primærenergi er så langt et lite kjent begrep i Norge, og det er ikke utviklet noen omforente primærenergifaktorer. Det er spesielt vanskelig å finne en representativ primærenergifaktor for nett-el, da dette avhenger av hvordan man betrakter samvirket med og utviklingen av el-markedet i Europa. Primærenergi reflekterer ikke nødvendigvis miljøbelastningen ved bruk av ulike energiråvarer.
CO ₂ ekvivalenter	kg CO ₂ /(m ² ·år)	Reflekterer det totale klimagassutslippet ved bruk av ulike energiråvarer. Gir en direkte link til målet om reduksjon av klimagassutslipp. ZEB-senteret utvikler CO ₂ -faktorer for ulike energivarer.	Som for primærenergi, så er det ikke utviklet omforente CO ₂ -faktorer for ulike energiråvarer, og det knytter seg tilsvarende utfordringer til hvordan man skal betrakte nett-el og bioenergi.
Beregnet energibruk under reelle betingelser	kWh/(m ² ·år) kWh/(person-brukstimer·år)	Gir direkte og effektivt insentiv til reduksjon av total energibruk og effektiv drift.	Vanskelig å beregne/kontrollere i prosjekteringsfasen. Omfattende å kontrollere/normalisere fordi man også må måle tilstedeværelse og identifisere spesielle prosesser
Effektbehov	W/m ²	Setter fokus på å redusere investeringskostnader. Setter fokus på å redusere belastningen på nettet.	Krever gode, lokale værdata. Krever utarbeidelse av beregningsstandard.

Et viktig element i en framtidig definisjon er hvordan man skal måle byggets energiytelse for å sikre et godt bilde av faktisk måloppnåelse. De ulike indikatorene gir svært ulik informasjon – noe som betyr at det kan være fordelaktig med bruk av flere enn en enhet [20]. Det synes imidlertid å være hensiktsmessig å etablere en overordnet indikator for ambisjonsnivået.

Definisjonen av nNEB må relateres til en bredere samfunnsmessig kontekst for norske forhold. Samtidig er det av praktiske hensyn gunstig at definisjonen ikke er svært annerledes enn de definisjoner som etableres i andre land i Europa. Som EØS-land og del av det indre marked har Norge nytte av harmonisering og standardisering også innen byggenæringen. Sammenlignbarhet med andre europeiske land er dessuten nyttig med tanke på evaluering av fremdrift og resultater av utrulling av nNEB. Det bør derfor etterstrebes å finne en balanse mellom norsk tilpassing og sammenlignbarhet med de dominerende definisjonene i EU.

Netto energibehov, som anvendes i rammekravsmetoden i TEK, har til nå vært et godt egnet beregningspunkt for effektivisering av bygningsmassen. Det oppfattes at det har vært stor grad av sammenheng mellom dette beregningspunktet og kostnadseffektive tiltak for å nå overordnede mål både med tanke på klima og forsyningssikkerhet. I forbindelse med utvikling mot enda mer effektive og klimavennlige bygg er det et økende

fokus på å anvende et mangfold av teknologier for lokal produksjon av energi. Dette kan tale for at beregningspunktet bør flyttes eller suppleres med minst et nytt beregningspunkt slik lokal produksjon også omfattes. Dette vil medføre større handlingsrom med tanke på valg av tekniske løsninger i det enkelte byggeprosjekt.

Et alternativ er derfor å benytte levert energi som beregningspunkt. Eventuelt kan man benytte netto levert energi som beregningspunkt, noe som vil være nødvendig for muliggjøre fratrekk for eksportert energi fra et bygg. Dette er et beregningspunkt som har vært anvendt for å synliggjøre høy ytelse ved prosjektering av en del svært energieffektive bygg. For å sikre at energiproduserende teknologier internt i bygg ikke favoriseres på en u hensiktsmessig måte sammenlignet med sentralisert termisk energiproduksjon eller bioenergi kan det da anvendes vektingsfaktorer for ulike energivarer.

Uten vektingsfaktorer synes levert energi å være en lite egnet indikator for nNEB ettersom det da gir begrenset informasjon om sammenheng med overordnede mål knyttet til klimaeffekt, fornybarandel, forsyningssikkerhet og samfunnsøkonomi. Det bør derfor anvendes vektingsfaktorer som ivaretar disse aspektene i størst mulig grad.

Med netto vektet levert energi som en overordnet indikator for nNEB åpnes det for en omfordeling mellom lokal fornybar energiproduksjon og tiltak knyttet til bygningskroppen og dets tekniske systemer for øvrig. Ubegrenset mulighet til omfordeling er naturlig nok ikke en ønsket tilnærming i forskriftssammenheng, og videreføring av minstekrav eller rammekrav knyttet til andre beregningspunkt (varmetapstall, netto energibehov) bør benyttes for å sikre en robust tilnærming.

4.6.2 Vektingsfaktorer

Primærenergi er en mulig innfallsvinkel for vektning av levert energi, og er et begrep det legges stor vekt på i bygningsenergidirektivet. Mange tilnærminger til nNEB eller tilsvarende konsepter anvender primærenergi eller en form for vektet energi som inkluderer primærenergifaktorer i et eller flere beregningspunkter. I Norge er det ikke utviklet noen offisielle primærenergifaktorer.

EPBD Art 3: 'Primary energy factors used for the determination of the primary energy use may be based on national or regional yearly average values and may take into account relevant European standards'

I henhold til NS-EN 15603:2008, kan primærenergi deles inn i en fornybar og en ikke-fornybar del. Hvis man tar med både ikke-fornybar og fornybare kilder i primærenergifaktoren, kalles den her total primærenergifaktor.

Primærenergifaktorene med de ulike elementene kan igjen splittes opp. Den totale energitekniske faktoren, enten det er på nasjonalt nivå eller lokalt på eiendommen, kan splittes opp i følgende bestanddeler:

- Konvertering eller utvinning og produksjon
- Transport
- Lagring
- Sluttbruk

Ettersom det europeiske kraftsystemet har en høy andel fossil kraftproduksjon, men også kjernekraft, vil det være stor grad av sammenheng mellom bruk av primærenergi og negativ klima- og miljøpåvirkning. Ettersom Europa også har høy nettoimport av energi vil et viktig element i energipolitikken være å redusere importavhengighet. Disse forholdene underbygger anvendelsen av primærenergi som måleenhet i utforming av europeisk energipolitikk, herunder i byggsektoren. For norske forhold er disse aspektene ikke nødvendigvis like relevante. Vektingsfaktorer for norske forhold bør ta utgangspunkt i nasjonale forutsetninger når det gjelder energisystem og målsettinger.

Oppdragsteamet tolker de overordnede målene for energieffektivisering i norsk byggsektor dithen at det primære målet er å bidra til å sikre forsyningssikkerhet. Dernest er klimaperspektivet viktig, herunder frigjøring av elektrisitet som kan erstatte klimagassutslipp i andre sektorer. Det er imidlertid mulig å argumentere for at

klimaperspektivet og samspillet med et framtidig europeisk kraftsystem i økende grad bør være sentralt med tanke på å begrunne ambisiøse nye energikrav for norske forhold. Dette vil kunne øke forståelsen for kravene.

Insentiver til lav energibruk er naturligvis sentralt i forhold til å nå overordnede mål, men i tillegg er det nødvendig med et sterkt fokus på samspillet mellom byggsektoren og energisystemet for øvrig (se kapittel 4.2). Det sistnevnte er i liten grad ivarettatt i dagens energikrav for bygg. Energiforbruk med nNEB som ambisjonsnivå bør i stor grad ta hensyn til dette og dette bør synliggjøres i en overordnet indikator for nNEB. En slik indikator kan være beregnet netto levert energi som vektet i henhold til energivare. Det må da utvikles vektingsfaktorer som bygger opp under samspillet med energisystemet for øvrig. Det bør også vurderes om en slik indikator kan uttrykkes i form av et tall for spesifikk klimapåvirkning. En mulighet er at slike faktorer i noen grad kan gjenspeile forventninger til hvordan klimagassutslipp vil kunne påvirke sluttbrukerens energikostnader over byggets levetid. Ulike tilnærminger til vektning er bl.a. diskutert i [21].

Sentrale spørsmål i denne sammenhengen vil være hvordan elektrisitet skal vektet i forhold til andre energivarer, men også hvordan andre energivarer importert over byggets systemgrenser skal vurderes sammenlignet med egenproduksjon.

Årsgjennomsnittlige vektingsfaktorer vil sannsynligvis komme til kort med tanke på å reflektere samfunnsmessige kostnader knyttet til energibruk. Vektning med høy oppløsning kan imidlertid framstå som komplekst. Eksempelvis kunne det som en forenkling vurderes om vektingsfaktorer for el basert på differensiering mellom sommer og vinter vil være tilfredsstillende.

Det foreslås at vektingsfaktorer utredes nærmere og at følgende elementer tas i betraktning:

- Vektingsfaktorer bør stimulere til samspill med kraftsystemet.
- Vektning bør kunne begrunnes i et klimaperspektiv.
- Det bør vurderes om indikatoren kan uttrykkes i form av klimapåvirkning.

Ved etablering av vektingsfaktorer er det ikke tilstrekkelig å se til historiske data. Det må gjøres forutsetninger om energisystemenes forventede utvikling. Vektingsfaktorer må dessuten oppdateres jevnlig.

4.6.3 Måling av faktisk brukt og eksportert energi

I EPBD settes det krav til måling og oppfølging og inspeksjon av tekniske systemer. Fysiske målepunkter blir en viktig del av å levere energi tilbake til nett. Det er en del utfordringer som bør avklares med tanke på måling av energi, f.eks.

- Hva som måles, dvs. temperatur, spenning, volumstrøm etc.
- Hvor i forhold til systemgrenser og hvilken energi som er med
- Hvordan energien måles, og da i forhold til presisjonsnivå

I Energitjenestedirektivet Artikkel 13.1 står det at "*Sluttkunder (...) så vidt det er teknisk mulig, økonomisk fornuftig og står i et rimelig forhold til den potensielle energibesparelse, utstyres med individuelle målere til en konkurransedyktig pris*". Det står videre at "*Når en eksisterende måler skiftes ut, skal alltid kostnadseffektive individuelle målere benyttes*" og "*Når det installeres en ny tilknytning i en ny bygning, eller der gjennomføres større renovasjonsarbeid (...), skal alltid kostnadseffektive individuelle målere benyttes*".

Formålet til direktivet er å "*(...) fremme en kostnadseffektiv energieffektivisering hos sluttbrukere (...)*".

Energimåling er det virkemidlet som brukes for at bruker og selger av energi har en oversikt over hvor mye som er brukt og for å sette en kostnad på energibruken for hver sluttbruker.

4.6.4 Status for individuell varmemåling

For vannbårne oppvarmingssystemer i bygg med flere brukere er det gjerne ikke individuelle varmemålere og sluttbrukerne vet sjeldent hvor mye de bruker av energi til oppvarming og varmtvann. Totalkostnaden for energivaren, for eksempel kostnaden for en mengde liter olje, dokumenteres vanligvis i årsregnskapet til et sameie. Det er heller ikke vanlig å ha varmemålere i vannbårne anlegg med for eksempel elektrisitets-, olje- eller biokjel, mens i varmesentraler basert på fjernvarme er det normalt en hovedmåler for all varme som fjernvarmeleverandøren leverer. Denne er i noen tilfeller fjernavlest, og også timesavlest for større anlegg, men

det skilles altså ikke på varme til oppvarming og varmt tappevann hos fjernvarmeleverandøren selv om det normalt er to varmevekslere, en for levering til hvert formål. Energikostnadene i vannbårne anlegg fordeles normalt på areal, enten det er kostnader for å kjøpe inn olje, fjernvarme eller andre energivarer, og er ofte inkludert i husleie med a-konto innbetaling og er ikke synlig for sluttbrukeren.

Flere ulike rapporter, bl.a. fra Oslo Kommune Enøketatens [22], viser at individuell varmfordelingsmåling er meget lønnsomt med en inntjeningsstid på omtrent 2 år.

Rapporten konkluderer med at det ble totalt 15 % reduksjon av totalt fjernvarmeforbruk, til oppvarming og varmt vann. Variasjonen for boligene i bygningsmassen lå på 9 -19 % reduksjon, noe som tilsvarer ca. 500 000 kr i reduksjon i årlige utgifter totalt sett. Basert på 339 leiligheter ga dette en økonomisk besparelse på ca. 1500 kr per leilighet i gjennomsnitt. Utgiftene ble dessuten fordelt rettferdig slik at alle faktisk betaler for sitt eget forbruk. Det rapporteres om stadig flere borettslag og sameier som installerer individuell varmfordelingsmåling⁴. Enøketatens sin database viser at installasjonskostnadene per bolig varierer med mellom ca. 2600 og 7200 kr og tilbakebetalingstiden varierer fra under et år opp til ca. 4 år avhengig av tekniske løsninger og hvor tilgjengelig rør er for ettermontering. Det er ikke funnet noen rapporter eller undersøkelser som tar for seg "rebound-effekter" for varmfordelingsmålere, dvs. at forbruket går tilbake til tidligere forbruk slik det var før en måling startet, men altså fordelt i forhold til det hver ønsker å bruke.

Det er også utfordringer knyttet til individuell måling. I et fjernvarmesystem må det da avklares i hvilken grad fjernvarmeleverandøren skal ta ansvar for rør og tap internt i bygg, før varmemåler. Når det gjelder el hender det at det etableres målepunkter med svært lite eller intet underliggende forbruk, noe som medfører unødige kostnader. Utfordringer og forslag til tekniske løsninger for hvordan energi skal måles og krediteres for levering til nett eller selges direkte til nærliggende bygg, bør utredes nærmere. Det må også utredes hvilke virkemidler som skal ivareta dette.

4.6.5 Formålsfordelt energimåling

Man har i dag begrenset kunnskap om energibruk i bygg fordelt på ulike formål. Dette representerer en barriere for videre energieffektivisering. Videre er det erfaringsmessig en del avvik mellom beregnet og forventet energibruk i bygg, ofte ved at energibruken er høyere enn forventet. Slike avvik vil medføre redusert måloppnåelse for forskriftene. Ved måling energi av på formålsnivå vil man gjøre det lettere å finne årsak til avvik eller identifisere og kontrollere formål med sparepotensial.

Bedre kontroll på ulike formål oppfattes også som essensielt for å oppnå smarte bygg som kan utnytte framtidens smarte energiløsninger og –nett.

Instrumentering og måling av formålsfordelt energibruk i eksisterende bygg er nokså dyrt. Måling på energipostnivå er en langt rimeligere investering dersom det planlegges for dette før bygging. Det kan derfor være hensiktsmessig at framtidens bygg utstyres for måling på energipostnivå.

Imidlertid er det manglende kunnskap om kostnader og effekter av formålsfordelt energimåling. Det bør derfor gjennomføres kunnskapsinnhenting, herunder utredning av hvordan tilgjengelig og framtidig teknologi kan anvendes i denne sammenheng. Det må også vurderes om dette bør ivaretas gjennom energikrav i byggeforskrifter eller gjennom andre virkemidler. Energitjenester knyttet til måling og styring er også aktuelle forretningsområder for energiselskaper. I Norge jobber blant annet Lyse med å utvikle et bredere tjenestetilbud innen måling og styring på basis av de nye tekniske mulighetene som åpner seg ved utrulling av AMS.

4.6.6 Konklusjon indikatorer for energieffektivitet og -ytelse

Måle- og beregningspunkter bør settes slik at det både settes fokus på energieffektiv utforming av bygg og installasjoner, utnyttelse av fornybar energi, samt energieffektiv drift. Man må også ha indikatorer som sikrer sammenheng med overordnede mål. Samtidig må man sikre hensynet til praktisk gjennomførbarhet, det må ikke bli for omfattende og komplisert å bruke og etterprøve. Det kan være naturlig å benytte mer enn et beregningspunkt i en framtidig forskrift.

Beregning av forventet reell levert energi benyttes ofte for å kunne få et mål på hvor mye egenprodusert energi bygget har behov for, og om bygget vil oppfylle målet om nær nullenergi i en forventet reell driftsfase. Beregning av forventet levert energi vil også sette fokus på reduksjon av ikke-regulerte energiposter som for eksempel

⁴ Oslo kommune Enøketatens har gitt støtte til mer enn 1000 boenheter siden 2005

prosessrelatert energibruk. Netto levert energi muliggjør kreditering av energi eksportert fra bygget. Dette beregningspunktet oppfattes som en vanlig innfallsvinkel ved utvikling av svært energieffektive bygg i Norge per i dag.

Det bør anbefales nærmere utredning av om det er hensiktsmessig å innføre CO₂-intensiteter eller en form for klimavekting av levert energi for ulike energivarer.

Framtidige bygg bør tilrettelegges for fysisk måling av energibruk på energipostnivå i størst mulig grad, og det bør stilles krav til at energibruken kan etterprøves. Dette vil være essensielt for å sikre måloppnåelse for det enkelte prosjekt, men også for å sikre mulighetene for videre utvikling i byggsektoren som helhet. Forholdet bør utredes nærmere, også med tanke på hvilke virkemidler som skal anvendes.

Netto vektet levert energi er valgt som indikator i forslaget til definisjon. Det anbefales altså at det innføres vektingsfaktorer for energivarer. God sammenheng med overordnede klimamål er sentralt. Klimavekting eller fornybar andel bør derfor vurderes som grunnlag for vekting.

4.7 Energieffektivitet

For å definere nNEB i henhold til energieffektivitet er det nødvendig å vurdere hvor lavt energibehov som er mulig, både rent teoretisk, men også praktisk. I det følgende diskuteres derfor hvor energieffektivt det vil være hensiktsmessig å bygge. Det vil både være samfunnsøkonomiske og privatøkonomiske begrensninger for nivået for energieffektivitet.

Energibehovet til et bygg består i hovedsak av tre store poster:

1. Oppvarmingsbehov
2. Tappevannsbehov
3. Teknisk utstyr og belysning

Siden 2010 har Norge hatt en egen standard for Passivhus-kriterier for boliger og boligblokk (NS 3700), samt en for yrkesbygg som ble offisiell høsten 2012 (NS 3701). Disse standardene har fokus på reduksjon av byggets oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjonsvarme). Oppvarmingsbehovet for passivhus er definert og basert på lokale klimadata og oppvarmet bruksareal. Sammenlignet med gjeldende Teknisk Forskrift er oppvarmingsbehovet betydelig lavere.

Erfaringer fra rådgivning og prosjektering av passivhus⁵ viser at oppvarmingsbehovet i stor grad avhenger av følgende faktorer i prioritert rekkefølge:

1. Byggets utforming
2. Plassering, orientering
3. Andel glass
4. Luftlekkasjetall
5. Luftmengder og varmegjenvinningsgrad
6. Isolering av bygningskomponenter
7. Behovsstyring av lys

4.7.1 Bygningskroppens energiytelse

Erfaring fra en rekke svært energieffektive bygg tilsier at tilleggisolering av bygningskomponenter ikke nødvendigvis er det mest sentrale tiltaket for effektivisering ut over et visst nivå. Etter hvert som isolasjonstykkelsen økes vil ytterligere isolasjon av bygningsdeler ha avtagende effekt på totalt energibehov og samtidig medføre utfordringer knyttet til arealbruk og økonomi.

Et prinsipp som bygningsenergidirektivet refererer til er «svært høy energiytelse». Laveneergi- og passivhus slik det er definert i NS 3700/3701 antas å kunne tilfredsstille dette kravet. Prosjektgruppen antar at ytterlige

⁵ Basert på Rambølls erfaring fra arbeid i Enovas rådgiverteam for passiv og lavenergihus 2010 – 2012

bygningsmessige tiltak for reduksjon av oppvarmingsbehov ut over passivhusstandard sannsynligvis i mange tilfeller ikke vil være kostnadseffektivt, men dette er naturlig nok svært avhengig av hvilke forutsetninger som legges til grunn.

Minstekrav til bygningskropp og komponenter som angitt for passivhus i NS 3700/3701 oppfattes som relativt strenge med dagens teknologi og praksis, og kan hindre at alternative løsninger utvikles. Oppdragsteamet tror ikke det vil være hensiktsmessig eller kostnadseffektivt å stille strengere krav til bygningskroppen enn det et slikt nivå tilsier. Det er også mulig å oppfylle overordnede mål med mindre strenge krav til bygningskropp, noe som vil gi større fleksibilitet, og kan være mer kostnadseffektivt for noen bygg. Det foreslås derfor at lavenerginivå, alternativt passivhusnivå, som angitt i nevnte standarder foreløpig legges til grunn som minstekrav for bygningskropp og komponenter i en nNEB-definisjon. Ny kunnskap og teknologi fram mot 2020 kan imidlertid tilsa at et annet nivå vil være mer hensiktsmessig.

Man kan forvente at dette bildet endrer seg over tid da det forventes utvikling av nye materialer og løsninger innenfor glass, transparent isolasjon, vakuumbaserte isolasjonsmaterialer og diverse nye produkter eksempelvis basert på nanomaterialer. Det er i denne utredningen ikke rom for å konkludere mer presist når det gjelder nivået for bygningskroppens effektivitet eller framtidige forutsetninger. Det vises derfor til etablerte standarder for passivhus og lavenergibygg, samt arbeidet som skal legges ned i 2013 når det gjelder nye energiregler fra 2015. Det sistnevnte arbeidet bør skje i lys av at forskriftene i 2015 skal representere et delmål på veien mot nNEB i 2020.

Det forutsettes derfor at nNEB skal ha lavenergi, eller alternativt passivhusnivå slik dette er angitt i NS3700/3701 som minstekrav når det gjelder bygningskropp og komponenter. Dette kan eventuelt justeres når en passivhusdefinisjon tilpasset forskriftene foreligger.

4.7.2 Konklusjon energieffektivitet

Prosjektgruppa mener det er hensiktsmessig å ta utgangspunkt i lavenergibygg når det gjelder minstekrav til bygningskropp og komponenter. Lavenergibygg og passivhus er per i dag definert gjennom NS 3700 / NS 3701, og vil danne et naturlig utgangspunkt for utredning av passivhusnivå som forskriftskrav i 2015 og en videre strategi mot nNEB.

Det foreslås at krav til lavenergibygg, eller alternativt passivhus, som definert i NS 3700/NS 3701 foreløpig legges til grunn som minstekrav til bygningskropp og komponenter i en nær nullenergidefinisjon.

4.8 Energiformål

I henhold til dagens tekniske forskrift, er netto energibehov delt inn i åtte poster:

- Romoppvarming
- Ventilasjonvarme
- Varmtvann
- Vifter
- Pumper
- Belysning
- Teknisk utstyr
- Romkjøling og ventilasjonskjøling

For lavenergi- og passivhus setter NS 3700/3701 krav til maksimalt beregnet netto energibehov til oppvarming og kjøling. Kravene er gitt som en funksjon av årsmiddeltemperatur for stedet, dimensjonerende utetemperatur sommer og bygningens oppvarmede bruksareal. Kravene er også avhengig av byggkategori (småhus, barnehage, kontorbygg, etc.). For yrkesbygninger er det i tillegg gitt krav til maksimalt beregnet energibehov til belysning, avhengig av bygningskategori.

Energibruk til teknisk utstyr, varmt forbruksvann, samt andre formål som utendørs belysning, snøsmelteanlegg, og prosessenergi som f.eks. kjøledisker i forretningsbygg o.l., er ikke regulert gjennom teknisk forskrift. Her er det heller ikke gitt spesifikke krav for lavenergi- og passivhus. Heller ikke energibruk forbundet med produksjon, oppføring, vedlikehold og avhending av bygget er regulert i teknisk forskrift eller inngår i standardene for lavenergi- og passivhus.

For lavenergi- og passivhus, vil de "ikke regulerte" energipostene kunne utgjøre en betydelig del av den totale energibruken. For et passivhus vil f.eks. netto energibehov til teknisk utstyr kunne utgjøre 40 % av det totale energibehovet. I praksis vil dessuten energibruk til teknisk utstyr være svært brukeravhengig og kan variere betydelig. Det må i en designfase gjøres reelle forutsetninger om energibruken knyttet til utstyr fordi dette også påvirker andre energiposter, som kjøling, ventilasjon og dimensjonering av systemer for egenproduksjon av elektrisitet til intern bruk. Man bør derfor i alle tilfelle tilstrebe mest mulig reell kunnskap om energibruken i det enkelte bygget, herunder utstyr.

For nær-nullenergibygg vil energibruk til produksjon av materialer, såkalt bunden energi, utgjøre en betydelig andel av byggets totale energibruk. En undersøkelse som ble gjort av 13 Minergie A bygg i Sveits, viste at bunden energi utgjorde ca. 35 % av den totale primærenergibruken regnet over en levetid på 60 år [23]. Med økende energieffektivitet vil en økende andel av energibruken over livssyklusen kunne knyttes til produksjonsfasen. Økt materialbruk for å oppnå energieffektivitet vil også kunne øke energibruken i produksjonsfasen. I et klimaperspektiv vil det dessuten være viktig å ha i bakhodet at enkelte materialer vil fungere som karbonlagre, herunder trevirke, samt at enkelte materialer vil kunne ha lang levetid og høy gjenvinningsgrad.

FME Zero Emission Building fokuserer på livssyklusbetraktninger og inkluderer tilvirkning og transport av materialer i byggefasen, men ikke avhending. Som nevnt over, så viser forskning fra Sveits at bunden energi kan utgjøre en betydelig del av den totale energibruken for et nNEB. Det er imidlertid forholdsvis omfattende å sette slike systemgrenser da det krever mye data og en god metodikk for å beregne energibruk over livssyklusen. På den andre siden er slike beregninger utført i flere prosjekter knyttet til Futurebuilt-programmet.

Beregning av livssyklus kostnader (LCC) er en viktig forutsetning for å utføre gode anskaffelser i et bygge- eller anleggsprosjekt. LCC-beregninger danner grunnlaget for senere forvaltning, drift og vedlikehold av eiendommen og er et av fokusområdene i anskaffelsesreglene for offentlige innkjøp. Difi har utviklet et meget enkelt verktøy for LCC [24], hvor byggekostnader og energi presenteres. EU har satt en målsetting om å gjenbruke, resirkulere og/eller samle inn 70 % av avfallet fra bygg og rivning innen 2020 [25]. Dette kan være et argument for å sette fokus på livssyklusberegninger.

Det vil være et omfattende arbeid å implementere hensiktsmessige krav til energibruk eller klimagassutslipp i produksjonsfasen i forskriftene. Imidlertid må man i framtiden se disse forholdene i sammenheng. Det foreslås en gradvis implementering fra 2020 ved at man innledningsvis etablerer en frivillig opsjon knyttet til å dokumentere bedre klima- eller energiregnskap enn et konvensjonelt referansebygg når det gjelder materialbruk.

Det er også en teoretisk mulighet å utvide systemgrensen for energiposter enda mer. Man kan inkludere energibruk til formål som transport, mat og andre forbruksvarer som kan knyttes til en husholdning eller et foretak i et bygg. Det finnes blant annet eksempler på boliger som er utformet for å produsere fornybar energi til å lade en elektrisk bil nok til å dekke transportbehovet til en familie.

4.8.1 Konklusjon energiformål og internlaster

Oppdragsteamet foreslår at energiposter og formål knyttet til driften av selve bygget i størst mulig grad reguleres i en definisjon av nNEB. Dette vil stimulere til å redusere den totale energibruken i byggsektoren, bidra til at man tar høyde for den faktiske klimapåvirkningen for bygget samt bidra til legitimitet for begrepet nesten nullenergi.

Det anbefales at det utredes om klima- eller energiregnskap for materialbruk og produksjonsfase gradvis bør implementeres i energikravene fra 2020. En mulighet kan være at man innledningsvis etablerer en frivillig opsjon knyttet til å dokumentere bedre klima- eller energiregnskap enn for et konvensjonelt referansebygg når det gjelder materialbruk.

Alle energiposter knyttet til drift av bygget, inkludert teknisk utstyr, bør være del av en indikator for energibruk i nesten nullenergibygg.

Det bør vurderes om energibruk knyttet til materialer og produksjonsfase skal inkluderes.

4.9 Framtidsscenerier og teknologiutvikling

Definisjonen av nNEB vil i stor grad være avhengig av de tilgjengelige teknologier som kan anvendes innenfor rimelig tidsperspektiv. IEA deler inn teknologiene for bygg i tre hovedkategorier; behovsreduksjon ved hjelp av bedre bygningskropp, energieffektivisering av elektrisitetsspesifikt⁶ sluttbruk og omlegging til fornybar energi

For omlegging innen bygningssektoren framover fokuserer IEA på høyeffektive varmepumper for oppvarming og kjøling, solfangere for rom- og tappevannsoppvarming, og kombinert kraft og varmesystemer, primært brenselceller, men også mikro gassturbiner og stempelmotorer. For tjenesteytende sektor presiserer IEA at bedre teknologi for kjøling og ventilasjon vil få stor betydning. I tillegg vil ikke energieffektivisering alene bli nok for å møte de ambisiøse klimamålene. Det er også behov for å legge om sluttbruk av energi til fornybare energikilder og større grad av egenprodusert energi i, på og i umiddelbar nærhet av byggene [26].

IEA oppsummerer de viktigste energiteknologiene for bygningssektoren [26]:

- Intelligent bygningsdesign som utnytter soltilskudd i oppvarmingsperioden og begrenser varmetilskudd i sommersesongen
- Høyisolert bygningskropp som reduserer oppvarming og kjølebehov, for eksempel med skjerming eller reflekterende og lyse materialer, minimalt med luftlekkasjer og superisolerte vinduer (tilsvarende lavenergi, passiv eller netto nullenergibygg)
- Høyeffektive oppvarmings-, ventilasjons- og kjølesystemer med varmepumpende teknologier, kondenserende gassbrennere inkludert biogass og kombinert mikro varmekraftsystemer (gasturbin, brenselcelle og stempelmotorer)
- Høyeffektive tappevannsløsninger, enten egne eller integrert med romoppvarmings- eller kjøleløsninger, for eksempel integrerte varmepumper eller solfangere
- Høyeffektivt teknisk utstyr for apparater (hvitevarer og andre apparater) og belysning

Avanserte timesmålere som rulles ut i Norge i forbindelse med AMS-ordningen innen 2017 kan legge til rette for og muliggjøre en del slike energitiltak. Bygningseiere kan få et bedre beslutningsgrunnlag med bedre oversikt over energibruk og lønnsomhet, det vil være mulig å måle effekten bedre samt at tredjepartsleverandører i større grad vil kunne garantere for energibesparelser⁷.

Teknologiske framtidssutsikter mot 2050

IEA's rapport om Energy Technology Perspectives 2012 [4] presenterer flere scenarier som de mener er sannsynlige dersom vi skal oppnå en økning på 2 °C i global middeltemperatur i 2050:

- Byggstandarder vil bli vesentlig strengere. Det antas at boliger i kalde klima vil ha krav på 15-30 kWh/år til oppvarming, med tilsvarende nivå som i dag eller litt høyere for kjøling.
- Oppvarmingssystemer vil bli mye mer effektive, med en dobling i effektivitet (COP).
- Standarden til elektriske apparater er forventet å bli betraktelig bedre de kommende årene, i beste fall tilsvare dagens BAT (Best Available Technology) i 2030
- Lav-CO₂ eller CO₂-nøytrale teknologier vil bli utbredt, da spesielt varmepumper og solenergi brukt til oppvarming, varmtvann og kjøling
- Termisk lagring av energi, i kombinasjon med varme og kjøleteknologier vil øke utbredelsen til fornybar energi. Utbredelsen vil i stor grad avhenge av støttefunksjoner som smart-nett og måling.

⁶ Elektrisitetsspesifikt sluttbruk er den energibruken som ikke normalt kan legges om til andre energibærere, for eksempel elektrisitet til lys og apparater

⁷ For eksempel gjennom EPC, energy performance contracting og lignende.

5. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

5.1 Samlet ambisjonsnivå og forslag til definisjon

Det har i denne utredningen ikke vært rom for å forsøke å beregne et presist og kostnadmessig rasjonelt ambisjonsnivå for nNEB. Dette synes heller ikke å være hensiktsmessig på dette stadiet. Basert på en overordnet betraktning av case-studiene som er presentert i kapittel 2.2 synes det rimelig å anta at levert energi til et nNEB vil kunne være lavere enn for et passivhus i henhold til dagens norske standarder. Det er i denne rapporten vist til en del tiltak som kan gi reduksjon av energibruken ut over passivhusnivå. Det forventes også utvikling både med tanke på teknologi og kompetanse. Samlet sett synes det derfor realistisk å sette et mål om at nNEB skal kunne ha en energibruk som er lavere enn 70 % sammenlignet med dagens forskrift beregnet som netto vektet levert energi. Målet kan være svært ambisiøst for noen byggkategorier. Potensialet for besparelser er dessuten svært avhengig av byggstørrelse og lokalt klima.

Hvorvidt ambisjonsnivået er rasjonelt i et kostnadsperspektiv må utredes nærmere før et presist ambisjonsnivå for 2020 skal settes. Det er sentralt å påpeke at forslaget innebærer insentiver på flere områder enn det dagens forskrifter og beregningsmetodikk åpner for, knyttet til:

- Energiposter som i dag er basert på faste verdier
- Andel fornybar energi
- Materialbruk (opsjon)

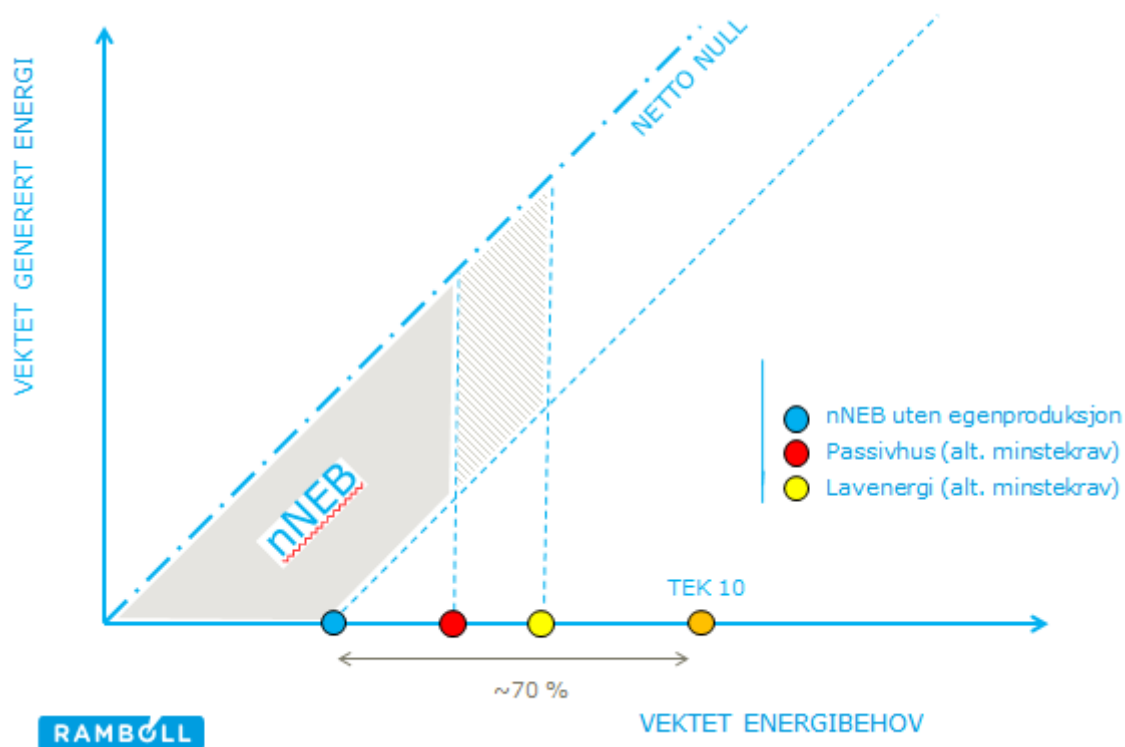
Følgende overordnede definisjon foreslås for nNEB.:

«Nesten nullenergibygget for norske forhold skal ha 70 % lavere energibruk enn TEK10 (gjeldende forskriftsnivå).

Energibruk beregnes som netto levert energi til bygget. Energivarer vektet i henhold til klimapåvirkning eller fornybar andel.»

Definisjonen kan framstilles visuelt som i figur 5.1.

Forslaget innebærer et høyt ambisjonsnivå. For kontorbygg antas det at definisjonen vil medføre beregnet netto vektet levert energi i Oslo-klima i størrelsesorden 30 kWh/m² per år, og for hotell og sykehjem ca 50 kWh/m² per år. Det er da forutsatt at all levert og eksportert energi er elektrisitet med en vektingsfaktor på 1. Størrelsene er basert på vurdering av case-studiene som er presentert i rapporten.



Figur 5.1 Visualisering av definisjonen

Kravnivået må beregnes for ulike byggkategorier i lys av kostnadseffektivitet, og kravet bør justeres for lokalt klima og byggstørrelse. Det anbefales at utarbeidelse av rammekrav for ulike byggtypen og klima, samt bestemmelse av vektingsfaktorer for ulike energikilder gjøres i en åpen standardiseringsprosess som munner ut i en Norsk standard for nNEB. Standarden bør være på plass i 2014-2015, slik at man kan få testet ut kravene og evt. justere dem før de innføres som forskriftskrav.

Andre sentrale momenter knyttet til definisjonen er:

- Forslaget til definisjon er tilpasset nybygg
- Tiltak skal ikke gå på akkord med krav til godt inn klima
- Det bør regnes med månedlig energibalanse dersom eksport av energi fra bygg krediteres.
- Opsjon for å kreditere materialvalg med lavt klimagassutslipp/lav bunden energi anbefales vurdert.
- Det bør stilles minstekrav til bygningskropp og komponenter, men for øvrig skal det legges til rette for valgfrihet og lokal tilpasning for å oppnå angitt rammekrav.
- Energimålet inkluderer alle energipostene som definert i NS 3031:2007.

5.2 Forhold som bør utredes nærmere

Innenfor rammene av dette prosjektet er det en rekke forhold som ikke har latt seg utrede, men som bør vurderes nærmere. En del forhold bør også utredes nærmere år 2020 fordi man da vil ha mer kunnskap om rammene for en ny forskrift. Sentrale forhold som vi ser at må utredes nærmere er blant annet kostnadseffektive kravnivå, beregningspunkter, vektingsfaktorer og eventuelle CO₂-intensiteter. Videre må samfunnsmessige virkninger, forholdet til andre byggtekniske målsettinger og krav samt virkninger for inn klima vurderes nøye.

6. REFERANSE/LITTERATURLISTE

- [1] I. Sartori, A. Napolitano, A. J. Marszal, S. Pless, P. Torcellini, and K. Voss, "Criteria for Definition of Net Zero Energy Buildings."
- [2] J. Kurnitski, F. Allard, D. Braham, G. Goeders, P. Heiselberg, L. Jagemar, R. Kosonen, J. Lebrun, L. Mazzarella, V. Novakovic, J. Railio, O. Seppänen, and M. Schmidt, "Nearly zero energy buildings nZEB definitions and system boundary – REHVA definition for uniformed national implementation of EPBD recast," pp. 1–29.
- [3] IEA, "World Energy Outlook 2012," *Energy Technol. Policy Div.*, 2012.
- [4] IEA, "Energy Technology Perspectives 2012," *Energy Technol. Policy Div.*, no. April, p. 650, 2012.
- [5] BPIE, *Europe's buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings*. 2011.
- [6] Miljøverndepartementet, "Meld. St. 21 (2011–2012) Norsk klimapolitikk," vol. 21, 2012.
- [7] Melding til Stortinget, "Meld. St. 28 (2011–2012): Gode bygg for eit betre samfunn," 2012, vol. 28.
- [8] "DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the energy performance in buildings," *Off. J. Eur. Union*, pp. 153/13–153/35, 2010.
- [9] "Oversikt over netto nullenergibygg fra Ecofys." .
- [10] European Commission, "Energy Roadmap 2050," *COM(2011) 885*, 2011.
- [11] European Commission, "Strategy for the sustainable competitiveness of the construction sector and its enterprises," 2012.
- [12] Stortinget, "Innst. 390 S (2011-2012); Innstilling fra energi- og miljøkomiteen om norsk klimapolitikk." energi- og miljøkomiteen, Jun-2012.
- [13] Melding til Stortinget, "Meld. St. 21 (2011–2012): Norsk Klimapolitikk," 2012, vol. 21.
- [14] Innstilling fra energi- og miljøkomiteen, "Innst. 390 S (2011–2012)," 2012, vol. 21, no. 145.
- [15] BPIE, "Europe's buildings under the microscope - A country-by-country review of the energy performance of buildings," 2011.
- [16] NOU, "Energiutredningen – verdiskaping, forsyningssikkerhet og miljø," *Norges offentlige utredninger*, vol. 9, 2012.
- [17] IPCC, "IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation," 2011.
- [18] T. H. Dokka, "ZEB-DEFINISJON- presentasjon under FutureBuilt seminaret 24.09.2012," 2012.
- [19] P. Torcellini, S. Pless, and M. Deru, "Zero Energy Buildings□: A Critical Look at the Definition Preprint," 2006.
- [20] A. Marszal, P. Heiselberg, and J. Bourrelle, "Zero Energy Building–A review of definitions and calculation methodologies," *Energy Build.* 43, pp. 971–979, 2011.
- [21] I. Sartori, A. Napolitano, and K. Voss, "Net zero energy buildings: A consistent definition framework," *Energy Build.*, vol. 48, pp. 220–232, May 2012.
- [22] Enøketaten, "Individuell varmemåling i Asperud borettslag, Avsluttende rapport," 2006.
- [23] M. Hall and B. Berggren, "Embodied Energy of Net Zero Energy Buildings, poster at," *16th Int. Passiv. House Conf. Hann.*, 2012.
- [24] "LCC-verktøy Difi." .
- [25] THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE and E. UNION, *DIRECTIVE 2008/98/EC on waste and repealing certain Directives*. 2008, pp. 3–30.
- [26] IEA, "Energy Technology Perspective 2010," *Energy Technol. Policy Div.*, 2010.
- [27] T. Helge and B. Jenssen, "Powerhouse One□: the first plus-energy commercial building in Norway," no. February 2012.
- [28] G.-E. N. Gewestregeringen, "Moniteur belgisch belge staatsblad," 2011.
- [29] K. Voss and E. Musall, *Net Zero Energy Buildings*. 2011.
- [30] "Expert Commission on Civil Engineering of the Building Minister's Conference - Berlin," 2009.
- [31] "KraftWerk B." .
- [32] "Marche Restaurant." .

VEDLEGG II: OVERSIKT OVER NESTEN NULLENERGIBYGG

NORGE

Da det ikke eksisterer en klar definisjon for nullenergibygg for norske forhold har Rambøll så langt det har vært mulig forsøkt å forklare noen eksempler og i hvilken grad bygget går utover passivhusnivå.

LERKENDAL HOTELL TRONDHEIM

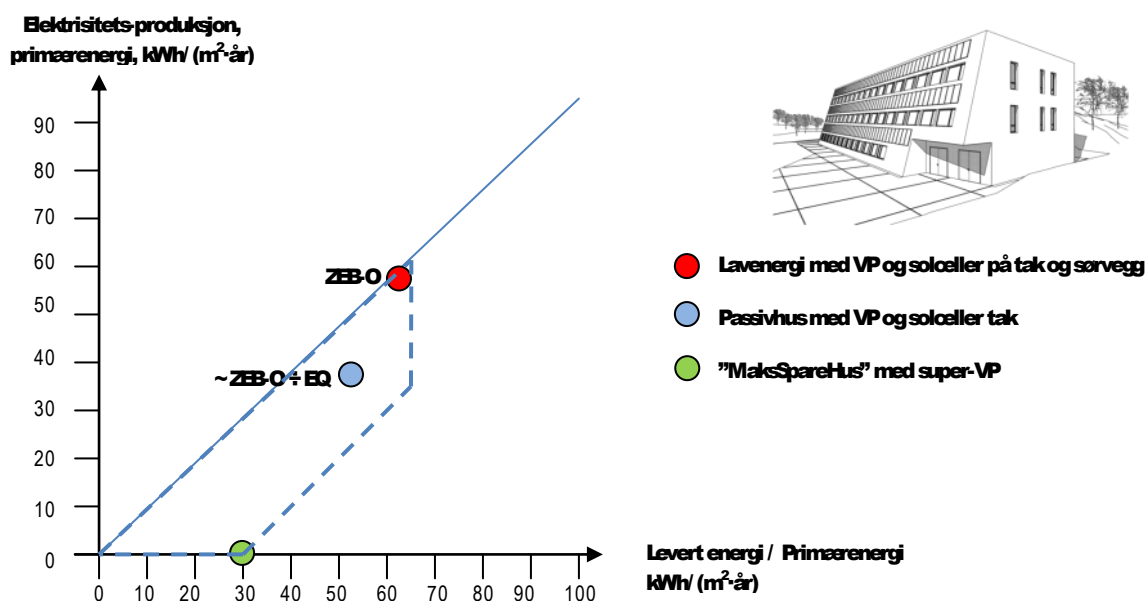
Prosjektet omfatter bygging av et nytt hotell med tilhørende kontorbygg og konferansefasiliteter. Hotellet går noe utover passivhus-nivå med flere tiltak for å redusere byggets interne laster spesielt rettet mot utstyr og tappevann. Energiforsyningen skal være en varmepumpe med noe fjernvarme (10 % for spisslaster) i tillegg til at 50 % av tappevannsbehovet skal dekkes av et solfangeranlegg. Det er beregnet at dette tappevannsbehovet i løpet av ett år vil være ca. 240.000 kWh. Basert på erfaringstall fra SINTEF vil det være behov for ca. 300 m² med solfangeranlegg. Det er kommet innspill om at solfangeranlegget vil kunne produsere mer enn det aktuelle behovet i deler av året. For å unngå at denne varmen skal gå til spille skal det utføres en tilbakeføring av denne overskuddsvarmen til omliggende bygningene, dvs. kontor, konferanse- og stadionbygget til Lerkendal. Prosjektet utføres som en totalentreprise og er planlagt ferdigstilt medio 2014. Hotellet skal inneholde 400 rom fordelt over 20 etasjer. Totalt normert beregnet levert energi er beregnet til å være maks. 50 kWh/m²/år, som er ca. en faktor 4 bedre enn dagens energiklasse etter NVE's energimerkeordning.

DEPOTBYGG HAAKONSVERN BERGEN

LINK arkitektur har vært med på forprosjektering av et ca. 2000 m² stort kontorbygg i 3 etasjer på oppdrag av Forprosjekt. Forskningscenteret Zero Emission Building har vært involvert i utviklingen av prosjektet, da bygget er vurdert som pilotbygg innenfor senteret. Bygget er prosjektert med 2 alternative energistandarder; som energiklasse A og som nullenergibygg, hvor nullenergi er definert som at energibruk til oppvarming, varmtvann, vifter, pumper og belysning skal dekkes av lokal fornybar energi på årsbasis.

Strategier for å oppnå målet om nullenergi omfatter en enkel og kompakt bygningskropp, god varmeisolasjon og tetthet i henhold til passivhus-standard, behovsstyrt ventilasjon med høy varmegjenvinning, utnyttelse av dagslys, samt frikjøling. Bygget er tilknyttet et lokalt varmepumpeanlegg basert på sjøvann som leverer varme og kjøling. Et solcelleanlegg med ca. 300 m² solcellepaneler på taket sørger for lokal fornybar el-produksjon. Beregnet behov for levert energi er 16 kWh/m²år, som tilsvarer estimert energibehov til utstyr (PC'er etc).

Under vises hvordan dette bygget kan oppfylle en eventuell nNEB definisjon i Norge.



Figur II.1 – Illustrasjon av et all-electric nNEB for norske forhold © I. Andresen, Link Arkitektur

Bygget er et "full-elektrisk" bygg med en energiforsyning basert på varmepumpe og solceller. Levert energi (x-aksen) er beregnet i henhold til dagens NS 3031 og uten elektrisetsproduksjon. Det benyttes i regneeksempelet en symmetrisk vektning for levert energi og energiproduksjon hvor elektrisitet har en primærenergifaktor (PEF) lik 1,0 på begge akser. For beregningene er det videre antatt systemvirkningsgrad for solcelleanlegg på 20 % med 340 m² på tak og 250 m² på sørveggen. I figuren vises også et tenkt bygg uten egenproduksjon av energi som kan oppfylle en definisjon, dvs et bygg med "state-of-the-art" teknologi med hensyn til varmeisolasjon, tetting, ventilasjonssystem og en høyeffektiv varmepumpe, kalt et «MaksSpareHus».

AKTIVHUS STJØRDAL

Aktivhus er en definisjon utformet av Velux som har utviklet et konsept for energieffektive hus som kan i deler av året produsere mer energi enn behovet. Ett av de første prosjektene er bygd på Stjørdal, en enebolig på ca. 240 m². Bygget er utformet som et passivhus, men det er usikkert om det tilfredsstillende alle kravene etter NS 3700. Bygget har en energiforsyning med elektrisitet, varmepumpe luft til vann samt ca. 10 m² med solfangeranlegg. Bygget har innovative systemer for styring av dagslys, ventilasjon, vinduer m.m. som i følge produsentene skal bidra til redusert energibehov.

POWERHOUSE I (OG II)

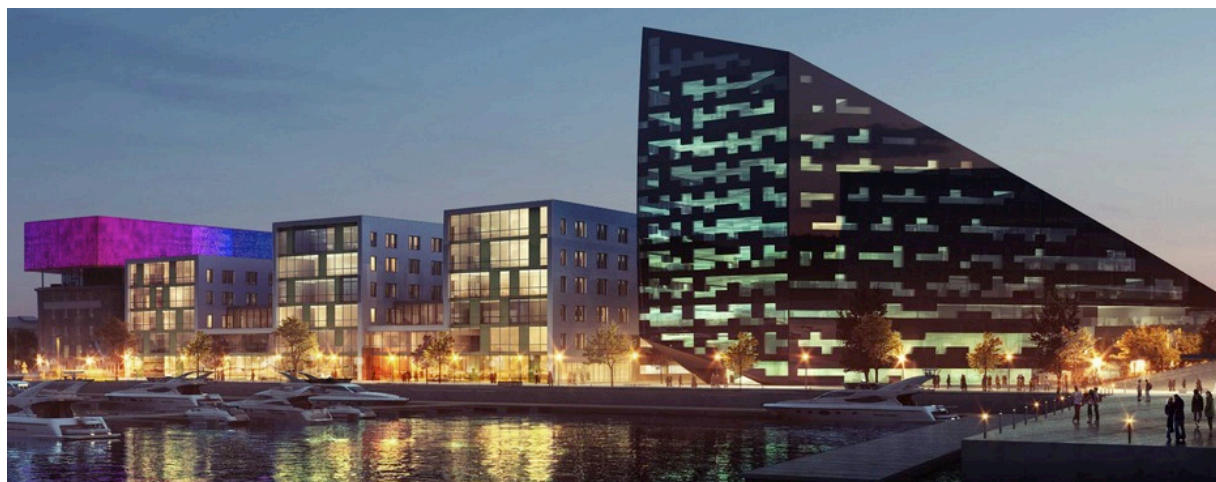
Powerhouse er en allianse mellom Entra Eiendom, Skanska, Snøhetta, ZERO og Hydro, som har som formål å demonstrere at det er mulig å bygge plusshus i Norge. Prosjektet representerer to bygg; et på Brattørkaia i Trondheim (nytt kontorbygg) og et i Bærum (renovering). Førstnevnte ble skissert ferdig i februar 2012 og er ventet ferdigstilt i 2016.

Bygget er avbildet til høyre nedenfor, med 15.000 m² oppvarmet gulvareal fordelt på 12 etasjer med økende areal. Bygget vil benytte solceller til å produsere elektrisitet. Dette vil utligne den leverte energien til bygget, samt kompensere for den bundne energien i materialene [27]. Målet med prosjektet er å bli klassifisert som «Outstanding» etter BREEAM-NOR, i tillegg til lave klimautslipp under byggets levetid.

Byggene på Brattørkaia oppnår energimålet med bruk materialer med liten mengde bunden energi, i tillegg til svært effektive ventilasjon og passiv kjøling med bruk av sjøvann. Totalt vil bygget ha et energibehov på 20,9 kWh/m²/år (levert energi) ekskludert energibehov til utstyr. Det betyr at solcellene må produsere 20,9 kWh/m², totalt 308.543 kWh/år. Taket vil ha nok areal til å produsere 370.000 kWh/år, men dersom man inkluderer bunden energi i energibalansen vil det være behov for å bruke fasadens areal. Prosjektet konkluderte i skissefasen at den bundne energien er 22 kWh/m² oppvarmet areal (levert energi, 60 års tidsramme) [27]. Det er i midlertidig knyttet stor usikkerhet til hvordan den bundne energien skal beregnes.

DEFINISJON AV POWERHOUSE

- Produsere minst like mye eller mer energi fra on-site fornybare kilder enn det bygget bruker til materialer, vedlikehold, drift (unntatt PCer, kaffemaskiner og lignende) og avhending.
- Den eksporterte energien skal ikke ha lavere kvalitet enn den importerte i gjennomsnitt.
- Minimum passivhusstandard
- Avhending og vedlikehold vil inkluderes i energibalansen i fremtidige Powerhouse, men er i første rekke utelukket (gjelder altså ikke Brattørkaia).

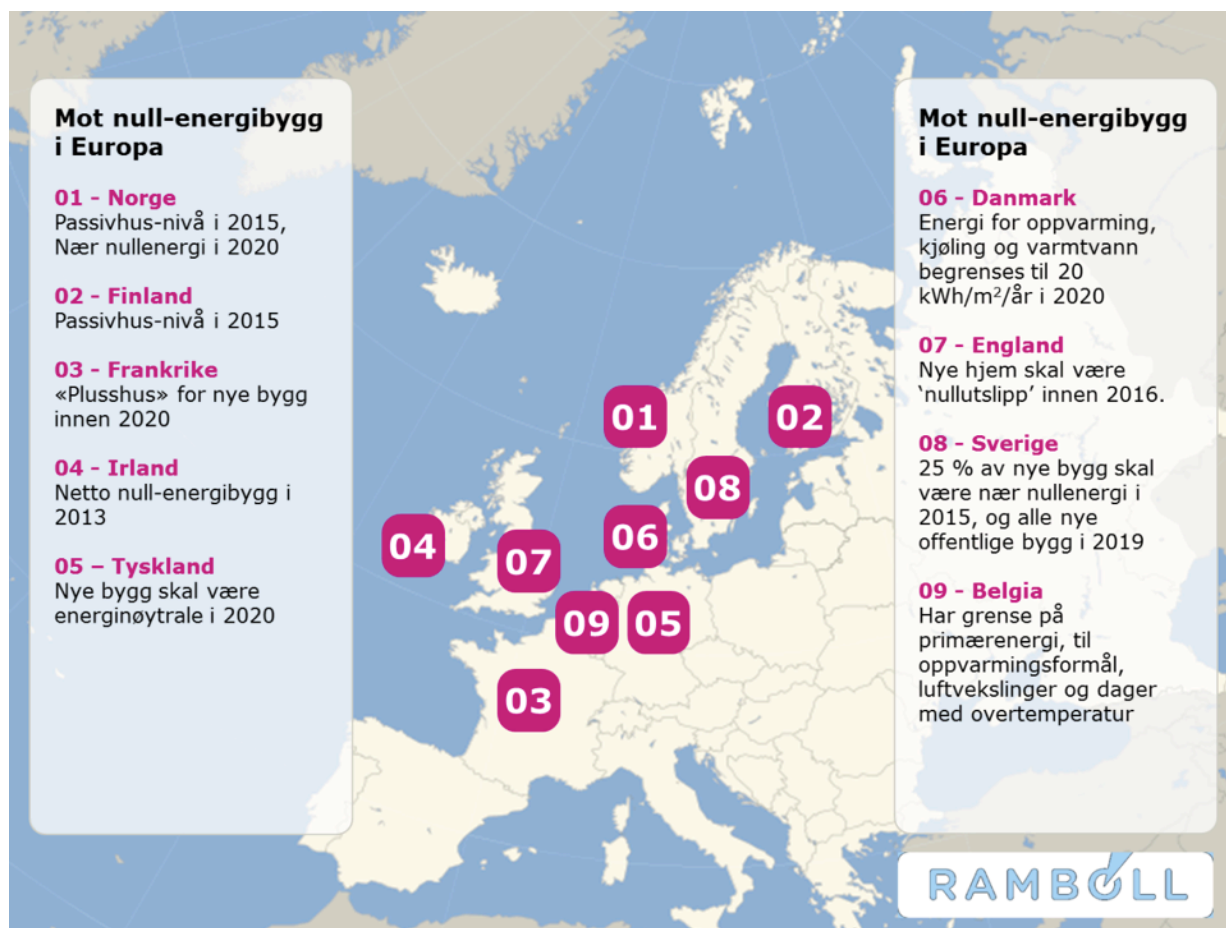


Figur II-2: Tegninger av Powerhouse I på Brattørkaia, bygget til høyre

EUROPA OG EU

EU-kommisjonen introduserte i direktivet fra 2002 metoder for å beregne energibalanser i europeiske bygg, hvor man måtte ta hensyn til ventilasjon, belysning og fornybar energi. I det nye reviderte direktivet fra 2010 ble begrepet nesten nullenergibygg introdusert. Det ble valgt å ikke benytte det allerede etablerte passivhus-konseptet som i stor grad benyttes i blant annet Tyskland, Sveits og Østerrike. Som et resultat finnes det flere nasjonale tolkninger av begrepet. Under presenteres noen eksempler av de definisjonene som kan forstås som nesten nullenergibygg.

Under vises en oversikt over noen utvalgte land i Europa med bestemte mål for ulike varianter av nesten nullenergibygg.



Figur II.3 – En oversikt over noen europeisk land som har definert ulike typer nullenergibygg

DANMARK

Energirammer for 2010, 2015 og 2020 er etablert, med følgende spesifikasjoner for nesten nullenergibygg:

- Forskjellige energirammer for boliger (inkluderer bygg med samme bruk som bolig), offentlige bygg, og bygg med spesielle krav.
- Energiramme omfatter følgende energiformål:
 - Varme
 - Ventilasjon og varmegjenvinning
 - Kjøling
 - Varmtvann
 - Elektrisitet
 - Lys (kun for offentlige)
 - Gjelder oppvarmet etasjeareal, og beregnes ved summering av etasjenes bruttoareal.
- Energiramme for 2020 (primærenergi):
 - 20 kWh/m²år (bolig)
 - 25 kWh/m²år (offentlig)
- Primærenergifaktor for elektrisitet (1,8) og fjernvarme (0,6) i 2020. Dette er på bakgrunn av et ønske om teknologinøytralitet, slik at forholdet mellom el og fjernvarme er tilsvarende som for varmepumpe (COP 3).
- Andre krav:
 - Varmetap utenom vinduer og dører (avhengig av antall etasjer)
 - Tetthet (0,5 l/s/m²)
 - U-verdier
 - Minimum kjel-virkningsgrad
 - Rørisolasjon
 - Lavtemperatur varme
 - Automatikk og styring

I tillegg diskuteres forslag til danske krav for 2020:

- Ønske om at byggherrer allerede i dag skal ha mulighet til å bygge bygg i 2020-klassen.
- Lokalt produsert elektrisitet skal ikke alene dekke kravene til 2020-klassen.
- 2020-kravene skal ikke gi insentiver til å etablere lokal produksjon av el som er samfunnsøkonomisk ulønnsomt.
- Kontroll av overtemperatur
- Kravene er knyttet til bruk av primærenergi, med regionalt vektete gjennomsnitt.

Faktaboks BOLIG+, Danmark:

- **Energineutral på årsbasis, energiramme maks. Lavenergiklasse 1**
- **Intelligent og betjeningsvennlig bolig**
- **Fleksibel i bruk og over tid**
- **Bolig med et godt og sunt inneklima**
- **Bygg tilpasset lokal kontekst**

BELGIA

Krav for å nå målsetting 2018/20 [28]:

- 30 kWh/m²år primærenergi for alle nye bygninger, og inkluderer:
 - Romoppvarming
 - Kjøling
 - Varmt tappevann
 - Supplerende energi, reservekraft eller energilager (Auxiliary energy)
 - Ventilasjon
 - Belysning
 - Utstyr
- Fire krav er presentert:
 - Maksimum bruk av primær energi 45 kWh/m² (avhenger av typen bygg; bolig eller offentlig bygg)
 - Maksimum varmebehov
 - Minimum tetthet på bygningsmassen (50 Pa, 0,6 h⁻¹)
 - Maksimum antall dager med over-temperatur (dvs. 25 °C)
- For offentlig bygg:
 - Volum/overflate-forholdet tas i stor grad hensyn til
 - Grense for maksimum kjøling.

TYSKLAND

De fleste nær eller netto nullenergibygget bygget i Tyskland oppnår normalt en årlig nullenergi balanse (primærenergi) med bruk av normative primærenergifaktorer, hvor de fleste prosjektene kun har tatt hensyn til tappevann, oppvarming, kjøling, ventilasjon og belysning [29]. Egenprodusert energi tas hensyn til i energibalansen uavhengig av hva behovet er, dette betyr at det ikke tas hensyn til om den egenproduserte energien går ut over systemgrensene eller benyttes til egenbruk. Videre har mange prosjekter i Tyskland blitt beregnet ut ifra faktisk energibehov, ikke ut ifra normerte verdier. De fleste netto nullenergibygget i Tyskland er passivhus eller svært energieffektive bygg i forhold til forskriftene, hvor en eventuell egenproduksjon ofte dekker energibehovet til bygget [29].

Vektingen i energibalansen gjøres på grunnlag av det tyske «Energioekonomiserings-forordningen» (EnEV) ⁸. Et krav i denne forordningen er kostnadseffektive løsninger, som krever kostnadsoptimale energieffektiviserende tiltak. Det er også krav om minimum fornybar andel i levert varme til nye bygg ⁹, og en ordning for regulering og kreditering av, samt kompensasjon for eksportert elektrisitet inn på nettet (EEG) ¹⁰. EEG setter så prisen for kjøp og betaling av eksportert fornybar energi. Det tyske direktivet setter også krav til hvilken egenprodusert fornybar energi som kan krediteres:

1. Egenprodusert energi skal primært brukes innenfor systemgrensene, overskudd kan eksporteres til offentlige nett.
2. Energien skal bli produsert i et «direkte spatialt forhold» til bygningen. En tolking av dette er at energien ikke er via noe offentlig nett. Dersom det er produksjon på vegne av en gruppering av bygg, vil også dette krediteres (uavhengig av hvem som drifter anlegget) [30].

Forordningen EnEV inkluderer energiformål som oppvarming, varmtvann, ventilasjon og belysning, men tar ikke hensyn til elektriske apparater eller bundet energi i materialer. Kalkulasjonene er basert på månedlige energibalanser, med årlig summerte verdier[29].

Per år 2010 var det ingen tyske forskrifter eller standarder med metoder for beregning av netto nullenergibygget eller en definisjon av slike bygg.

⁸ Energieeinsparverordnung (EnEV), Den tyske Energoekonomiserings forordningen

⁹ EEWärmeG

¹⁰ Law of Prioritizing Electricity from Renewable Energy Sources, EEG, og KWKG

SVEITS

Sveits har foreløpig ingen offisiell og klar definisjon for nesten nullenergibygge. Effektive og klimavennlige bygg i Sveits, som man også kan se tendenser av i Norge, er bygg som typisk bygges etter MINERGIE-P-kravene (som tilsvarer passivhus), med varmeproduksjon fra solfangere eller elektrisitet fra solceller. Disse er gjerne private initiativ som er ment å fremstå som gode eksempler på fremtidens bygg. I Sveits benyttes begrepet «nullenergibygge» enten om bygg som har kapasitet til å dekke oppvarming, varmtvann og ventilasjon med bruk av fornybar energi, eller bygg som også balanserer elektrisitet til andre apparater i husholdet (se eksemplene «Kraftwerk B»- og «Marché Restaurant»-caset). Balansen settes som regel på nivå med energien innenfor et gitt område (site-energy), dvs. produksjon på eiendommen.

I følge den sveitsiske grunnloven er det de 26 kommunene i landet som har fullmakten til å utforme kravene til energiytelsen til bygg. Staten har rollen som koordinator og støttefunksjon, i tillegg til at det utarbeides en omfattende rapport fra *The Conference of Municipal Energy Directors* som danner grunnlaget og en fellesnevner for de individuelle kravene fra kommunene.

Siden tidlig 2009 har Sveits stimulert til produksjon av fornybar energi gjennom KEV-programmet, noe tilsvarende som elsertifikater i Norge. Produsenter av fornybar energi får gjennom programmet kompensasjon for å sende fornybar energi ut på det statlige nettet. Feed-in tariffene skal da dekke kostnadene for produksjon ut anleggets livsløp, og er finansiert av et tillegg i energiprisen for sluttbruker, som for øvrig ikke har mulighet til å selge egenprodusert energi i tillegg.

MINERGIE

MINERGIE-merkeordningen har eksistert siden 1998, med flere ulike nivåer. Det øverste nivået, MINERGIE-A, blir sett på som en viktig inspirasjonskilde i arbeidet med definisjonen av nesten nullenergibygge. Sent i 2010 var det 20.000 bygg som var sertifisert som MINERGIE, og 1000 som MINERGIE-P. I tillegg har merkeordningen en ECO-klasse, som bygg kan oppnå dersom de tilfredstiller krav til helse og økologi. MINERGIE-P og -A representerer to ulike strategier, hvor den førstnevnte fokuserer på at byggets energiytelse, mens sistnevnte tar hensyn bygningens energisystem og aktiv bruk av solenergi, med selve byggets energiytelse på nivå med MINERGIE (altså det laveste nivået).

Tabell II-1: Oversikt de aktuelle merkeordningene for ulike typer bygningskategorier [29]

Bygningskategorier	MINERGIE	MINERGIE-P	MINERGIE-ECO	MINERGIE-P-ECO	MINERGIE-A
Flermannsbolig	•	•	•	•	•
Enebolig	•	•	•	•	•
Administrative bygg	•	•	•	•	
Skolebygg	•	•	•	•	
Kjøpesenter	•	•			
Resaturanter	•	•			
Samfunnsbygg	•	•			
Sykehus	•	•			
Industribygg	•	•			
Lager	•	•			
Idrettshaller	•	•			
Innendørs svømmehaller	•				

MINERGIE-A ble tilgjengelig i mars 2011, med fokus på nye boliger. Målet med standarden er at det vektete energibehovet på området skal være null på en årlig basis (dette gjelder oppvarming, kjøling, varmtvann, ventilasjon og pumper). For bygg som benytter store termiske solfangere, benyttes en annen energibalanse. Kravet til MINERGIE-A for byggets energiytelse er på nivå MINERGIE, som igjen er på nivå med det strengeste kravet som er pålagt i en av de sveitsiske kommunene. Videre er det en øvre kvantitativ grense målt i primærenergi for bunden energi i byggematerialene, som gjør standarden fremtidsrettet og vesentlig bredere enn MINERGIE- og MINERGIE-P-standardene.

nNEB-EKSEMPLER ¹¹:

CANADA: ECOTERRA HOME – MONTREAL

Ecoterra Home er et av flere realiserte prosjekter i verden som har som mål å illustrere hvordan nullenergibygg kan bygges. Bygget er lokalisert i Montreal, Canada, med relativt likt klima som i Norge og Oslo; årsmiddeltemperatur på 6 °C (sammenlignet med 6,7 °C i Oslo), relativt korte og våte somre, og kalde vintre.

Huset er bygget av tømmer, for å oppnå så lite lagret energi som mulig i materialene. Ecoterra Home har et hybrid sol-energisystem integrert på taket; et kombinert solcellepanel og overføring av termisk energi til luft ved bruk av kanaler i dekket på taket ¹². I tillegg har huset en grunnvannsvarmepumpe.

Målet med prosjektet var et godt inneklima, miljøvennlige materialer, kostnadsoptimal utnyttelse av energikilder og vann, i tillegg til å oppnå null-energilansanse.

Bygningskroppen (unntatt vinduer) har U-verdier fra 0,13 til 0,17 W/m²K, som er tilnærmet samme krav som passivhus i Norge. Designerne av bygget mente det var mer økonomisk å investere i et hybrid system fremfor bedret isolasjonsytelse. Den passive bruken av sol samt høy tetthet i bygningskroppen (0,9 h⁻¹) legger grunnlaget for nær nullenergi (som likevel er høyere enn passivhuskravet i Norge på 0,5 h⁻¹). Husets fasade har en høy andel av vinduer, med 40 % av sørfasaden og 15 % av bygget totalt. Dette muliggjør høy utnyttelse av daglys. Vinduene er argonfylt, 3-lags, men U-verdi på 1,25 W/m²K (med karm). Det hule betongdekket i kjelleren benyttes som lagring av oppvarmet luft fra tak. Overhengende tak og automatiske solskjermer sikrer overskuddsvarme om sommeren.

Figur II.4 – Ecoterra Home Canada



ERS

I Canada er netto null energibygg definert på bakgrunn av normalisert lokal energibalansse, hvor man benytter et system (EnerGuide Rating system – ERS) til å kategorisere bygg. Her blir energien som blir produsert trukket fra totalt energibruk. Denne balansen blir så sammenlignet med nær null-, null- eller netto pluss- energibygg. Et netto nullenergibygg oppnår 100 poeng i ERS når energibalansen er på 0 kWh på området. Ulikheter i klima og varmesystemer tas hensyn til. Egenprodusert energi brukt on-site er ikke med i energibalansen. EcoTerra oppnådde 98 poeng, eller nær nullenergi («Advanced House»).

Energieffektivitet

Bygget gjenvinner varme fra tappevann, i tillegg til 70 % varmegjenvinning av avkast fra ventilasjon. Huset har effektive husholdningsapparater og belysning, i tillegg til overvåking og styring av energisystemene i huset.

Energisystem

Huset benytter en 11 kW_{termisk} varmepumpe som det primære varmesystemet, med grunnvann som varmekilde (saltlake i to 76 m dype brønner). Gjenvinning av tappevann benyttes ved behov til forvarming av tilført luft. Bygget har også energilagring ved bruk av 227 liter vanntank, som også indirekte varmeveksler med varmtvannstanken. I tillegg er det elektriske varmeelementer til oppvarming av både ventilasjonsluft og varmtvann. De 21 solcellene på taket har hver en nominell effekt på 136 W, med til sammen en effekt på 2,85 kW.

Frisk luft blir tilført ved enden av taket, og varmet opp gjennom rør i solcellepanelene, som igjen føres gjennom en luftsjakt ned til kjeller. Den oppvarmede luften overfører varme til betonggulvets høye termiske masse

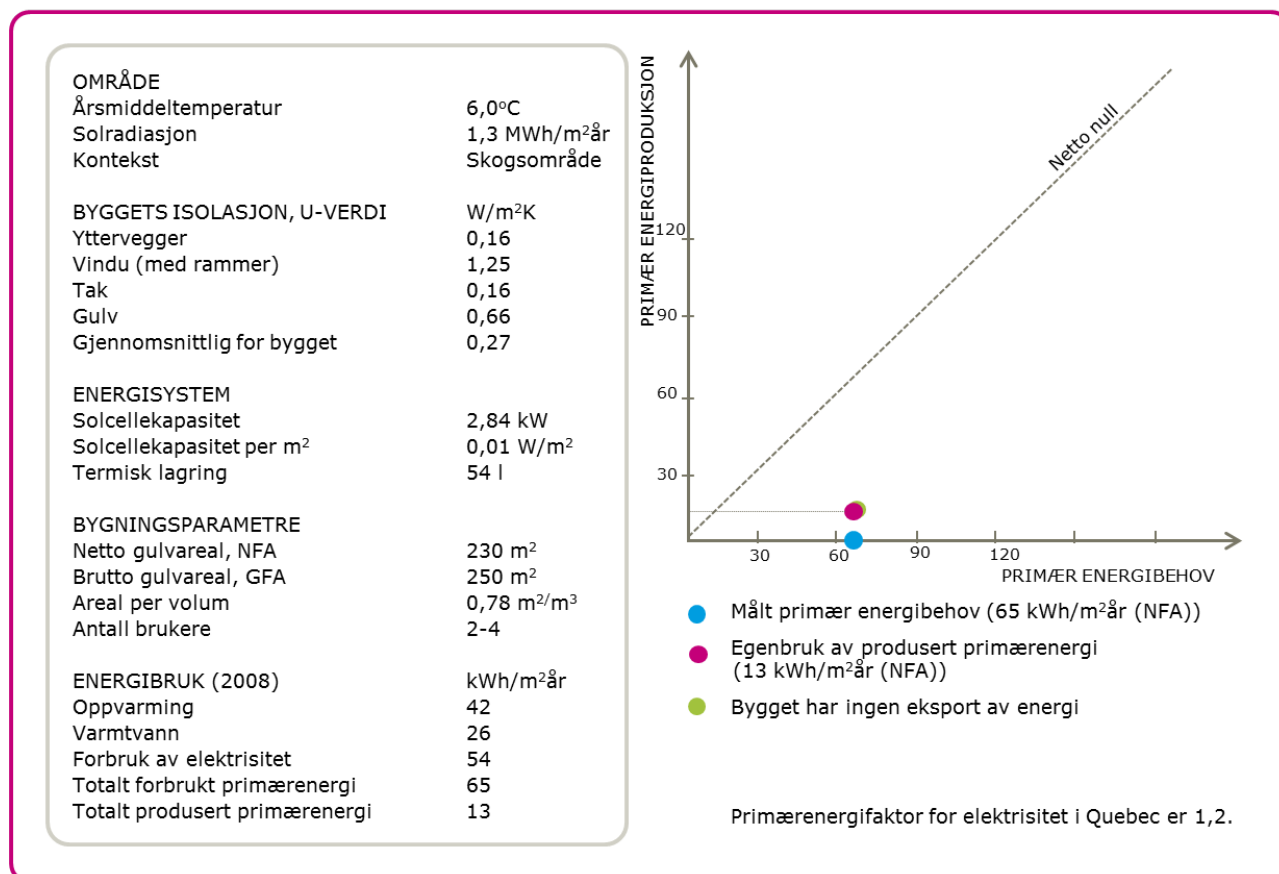
¹¹ Caser er hentet fra [29]

¹² BIPV/T - Building Integrated Photovoltaic/Thermal

(benyttes ikke direkte inn i oppholdsrom). Luften kan øke med 30 °C over utetemperatur, og reguleres av en vifte. Om sommeren kan luften også benyttes som kjøling.

Energibalanse, oppgitt i net floor area (NFA)

- Det målte varmeforbruket er på 43 kWh/m² per år, som er ca 12 % av det vanlige behovet i eneboliger i denne klimasonen av Canada.
- Forbruk ved oppvarming av varmtvann ved hjelp av varmepumpe er på 18 kWh/m² per år.
- Elektrisitet til utsyr som pumper og ventilasjon er på 15,9 kWh/m² per år.
- Husholdningsapparater er så høyt som 20 kWh/m² per år, inkludert 5 kWh/m² per år til belysning.
- Det årlige forbruket av strøm totalt (belysning, husholdningsapparater etc.) er på 54 kWh/m² første år, eller 12.400 kWh. Det er over det som var simulert (9800 kWh), men er allikevel 75 % lavere enn hva som er vanlig i kanadiske eneboliger.
- Årlig produksjon av elektrisitet fra solcelle var 2600 kWh, hvilket var 800 lavere enn hva som var tenkt. Dette skyldtes snø og nærliggende trær, i tillegg til dårligere ytelse enn det som er mulig.



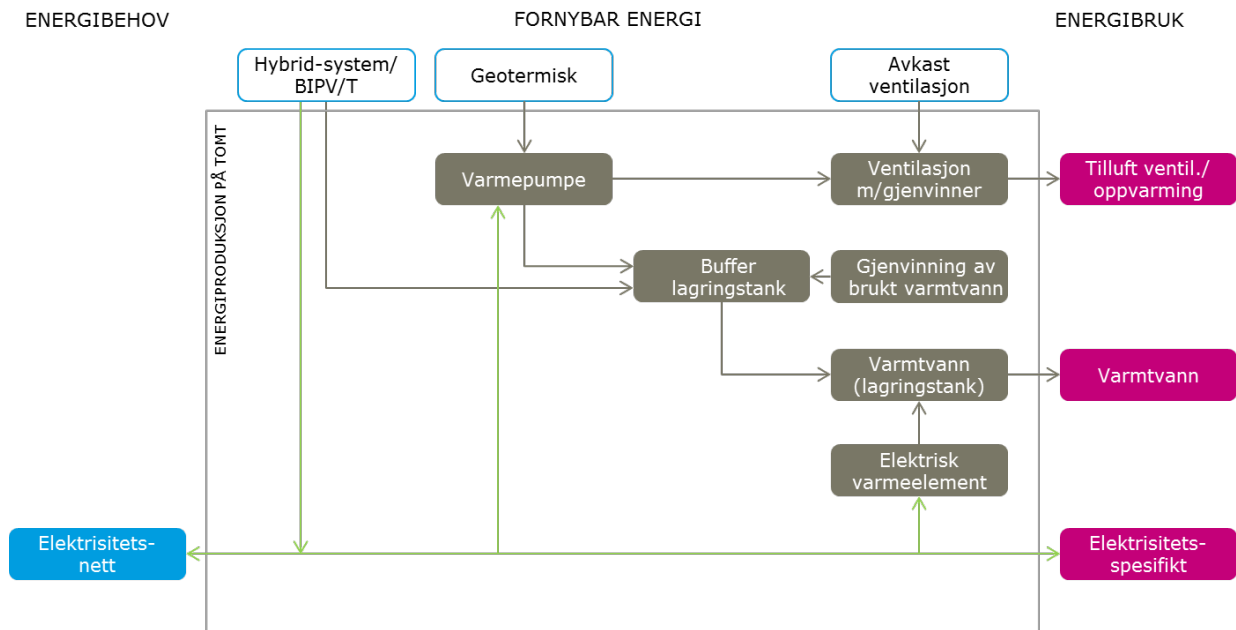
Figur II.5 – Tekniske data for Ecoterra Home Canada

Den vertikale aksene er energien, målt i primærenergi med bruk av primærenergifaktor for den spesifikke lokasjonen, som produseres i løpet av et år per m² (NFA). I den vertikale dimensjonen skilles det mellom primærenergi til egenbruk, og den eksporterte primærenergi, som krediteres etter de lokale forholdene.

Den horisontale aksene er energien, målt i primærenergi med bruk av primærenergifaktor for den spesifikke lokasjonen, som bygget bruker per m² (NFA) (inkludert elektrisitet til husholdning).

FORKLARING AV ENHETER FOR EKSEMPLER:

- **Solcellekapasiteten** er angitt som W_p/m^2 , det vil si spisseffekten W_p ved 1000 W/m^2 innstråling av sollys per m² i bygget (NFA)
- **GFA (Gross Floor Area)** er arealet innenfor bygningskallet, inkludert yttervegg og ekskludert tak.
- **NFA (Net Floor Area)** er GFA dersom man ekskluderer interne og eksterne vegger, tekniske rom og andre sekundærarealer (trappeoppgang, kott etc.)
- **Areal per volum** er arealet i bygningskallet som avgir varme, inkludert areal mot bakken, dividert på volumet til det bygningskallet



Figur II.6 – Skjematisk oversikt over tekniske systemer for Ecoterra home

KRAFTWERK B, SVEITS

Kraftwerk B, avbildet nedenfor [31], er et passivhus-konsept bestående av seks fire-roms utleieleiligheter, lokalisert i Bennau i Sveits. Det ble ferdigstilt i 2009 med det formål å; redusere energibruk, produsere mer enn egenbruken ved hjelp av aktive og passive solsystemer, maksimere varmegjenvinningen både fra vann og luft og overføre varmeoverskudd til nærliggende bygninger. Bygget er sertifisert som MINERGIE-P-ECO. ECO-etiketten setter krav til ressursbruken, og oppfylles i dette tilfellet siden bygget består av naturlig materialer som kan resirkuleres.



Figur II.7 – Kraftwerk B, nullenergibygg i Sveits

Bygget har en bærende armert betongsokkel i tillegg til prefabrikkerte trematerialer i vegger og tak. Den massive betongsokkelen fungerer som et termisk energilager som regulerer endringer i romtemperatur og fuktighet. De gode solforholdene rundt bygget gjør at de elektriske solcellene sammen med de termiske solfangerne i veggene fungerer optimalt. I tillegg er god passiv utnyttelse av sol, spesielt i trappeoppgangene i endene av bygget som verken har lys eller oppvarming (termisk separert fra resten av bygget).

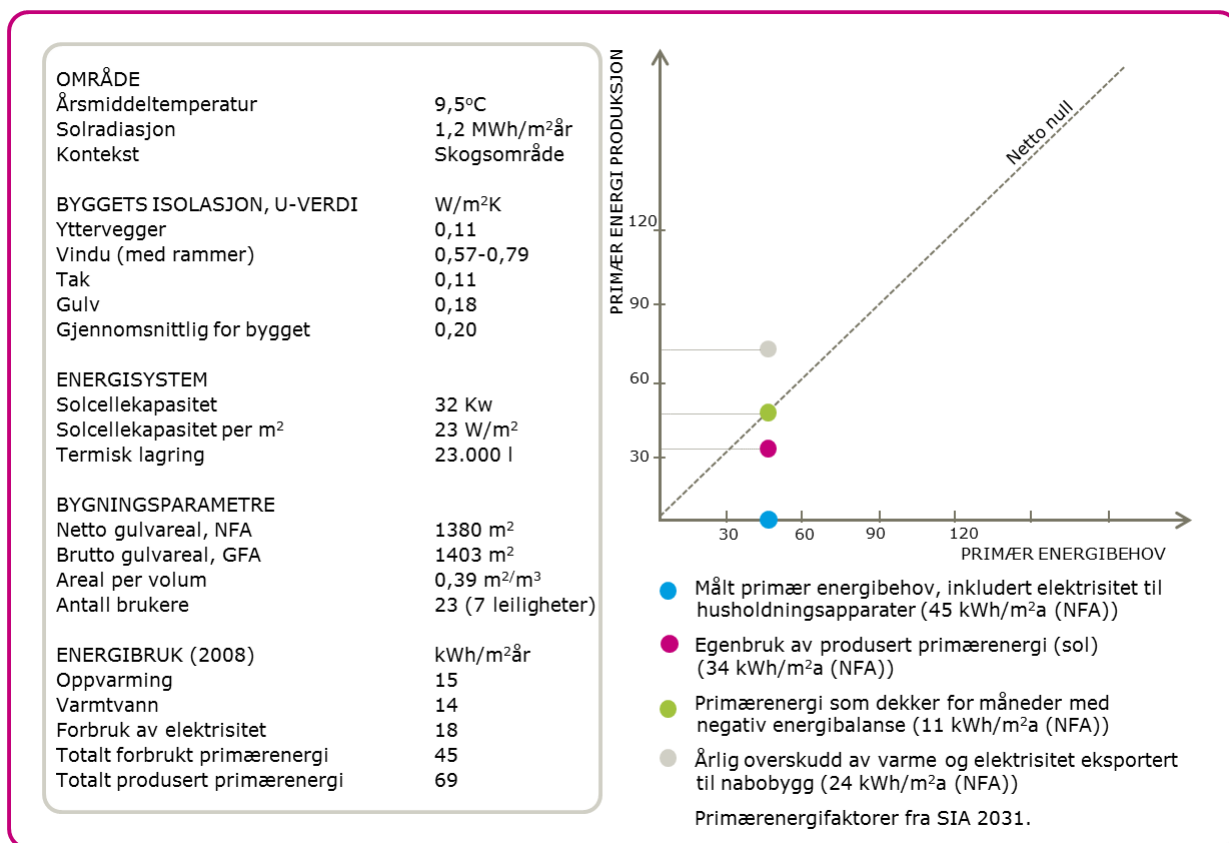
Energieffektivitet

Vinduene i Kraftwerk B er krypton-fylte, og kan kun åpnes på vidt gap eller være lukket. Dette sørger for kort og effektiv utlufting, med lavt varmetap. Bygningen er godt isolert med få kuldebroer og er relativt lufttett (lavere enn $0,6 \text{ h}^{-1}$), med en gjennomsnittlig U-verdi på $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ønske er å komme under $13,8 \text{ kWh/m}^2$ (NFA) årlig, også ved hjelp av varmegjenvinning av ventilasjonsluft.

Hver leilighet er utstyrt med A+ eller A++-sertifiserte elektriske artikler (i henhold til MINERGIE-P-ECO), hvor tappevannet fra oppvaskmaskin og vaskemaskin varmegjenvinnes, i tillegg til vannet til maskinene forvarmes sentralt ved hjelp av termiske solfangerne eller varmegjenvinning. Energibruken i hver leilighet overvåkes, hvor månedlige og årlige energibruket presenteres på skjermer ved siden av hver leilighets inngangsdør. Leietakerne blir bevisst på sitt forbruk, noe de også er pent nødt til, da husleien økes dersom de bruker varmtvann og varme over en viss grense.

Energisystem

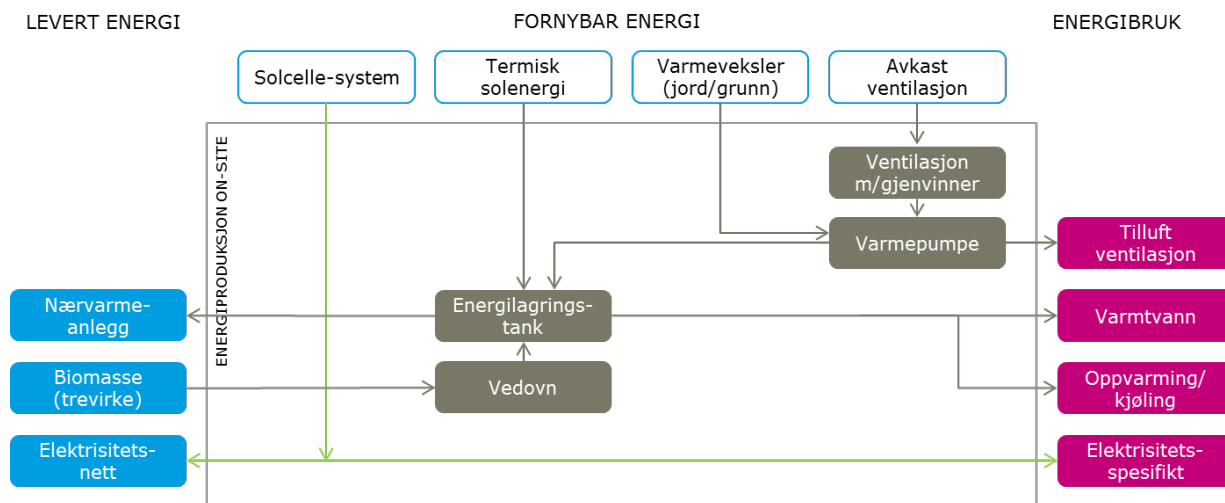
Solcellene på taket har en effekt på 32 kW. I tillegg er det 150 m^2 på det sørvestvendte veggen som dekker all oppvarmings- (vannbåren) og varmtvannsbehov om sommeren, dvs. 60 % av det årlige behovet. Hver leilighet har også vedovner hvor energien fra røykgassen gjenvinnes og overføres til radiatorer på badet i tillegg til vanntanken sentralt i kjeller (3000 l). I tillegg er det lokalisert en stor vanntank i kjeller (24.000 l) som lagrer energi fra luft-varmepumpe som varmeveksler med avtrekksluften etter varmegjenvinning. Denne tanken er et supplement når det ikke fyres i vedovnene og er lav sluttnyttelse.



Figur II.8 - Tekniske data for Kraftwerk B, Sveits

Energibalanse

Om sommeren (juni-september) benyttes overskuddet fra solfangerne til varmtvann i et tilgrensende leilighetskompleks. Overføringen av solvarmen kompenserer for bruken av ved om vinteren, i tillegg til naboens bruk av fossile brensler. Solcellene generer mer elektrisitet enn det som brukes (inkludert elektrisitet til husholdningsartikler), og sendes da inn på nettet.



Figur II.9 - Skjematisk oversikt for tekniske systemer for Kraftwerk B, Sveits

MARCHÉ CORPORATE HEADQUARTERS, SVEITS

Marché Restaurant- gruppen har sitt hovedkvarter i bygget avbildet nedenfor [32] – et tre-etasjes bygg opprettet i Kempththal i Sveits i 2007. Bygget er sertifisert som MINERGIE-P-ECO som er oppnådd med god bruk av passiv og aktiv utnyttelse av solenergi, solceller og geotermisk varmepumpe, som fører til at alt energibruken dekkes av egenproduksjon.

Fasaden er vendt mot sør og muliggjør optimal utnyttelse av solenergien. Her er hele delen glasert, hvor halvparten er tre-lags glass ($0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$), mens den andre halvparten er glass fylt med et faseendrende stoff (Phase Change Material – PCM) som brukes som et termisk energilag (1185 Wh/m²). Bygget består for det meste av prefabrikkerte fasademoduler i tre, som for øvrig gjorde byggeperioden svært kort (6 måneder), i tillegg til å være et bidrag til høy lufttetthet ($0,57 \text{ h}^{-1}$). Energilagring i vindu var hensiktsmessig siden treverk har lav varmekapasitet, og ville derfor fungere dårlig til å jevne ut temperaturforskjellene mellom natt og dag. I tillegg har det faseendrende stoffet en skjermende effekt om sommeren når det er krystallisert (transmisjon 8-28 %), og høy transmisjon om vinteren (12-44 %).

Energieffektivitet

Oppvarmingen dekkes av en varmepumpe som utnytter jordvarme, i tillegg til høy varmegjenvinning (91 %). Kombinert med byggets høye energiytelse, i tråd med MINERGIE-krav fører dette til lavt oppvarmingsbehov ($9,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (NFA)).

Energisystem

Bygget er et typisk «all-electric» bygg, med varmepumpe kombinert med solceller. Solcellene dekker hele det sørvendte taket med en maksimal produksjonseffekt på 44,6 kW. Varmepumpen er på 6,1 kW_{el}, og utnytter jordvarme 180 m ned i bakken med bruk av to U formete 40 mm rør (effekt på 18,3 kW_{th}).

Varmepumpen dekker alt av varmtvanns- og oppvarmingsbehov, som varmeoverfører via radiatorer og et vannbårent system. Det geotermiske systemet kan også ha en kjølede effekt om sommeren.

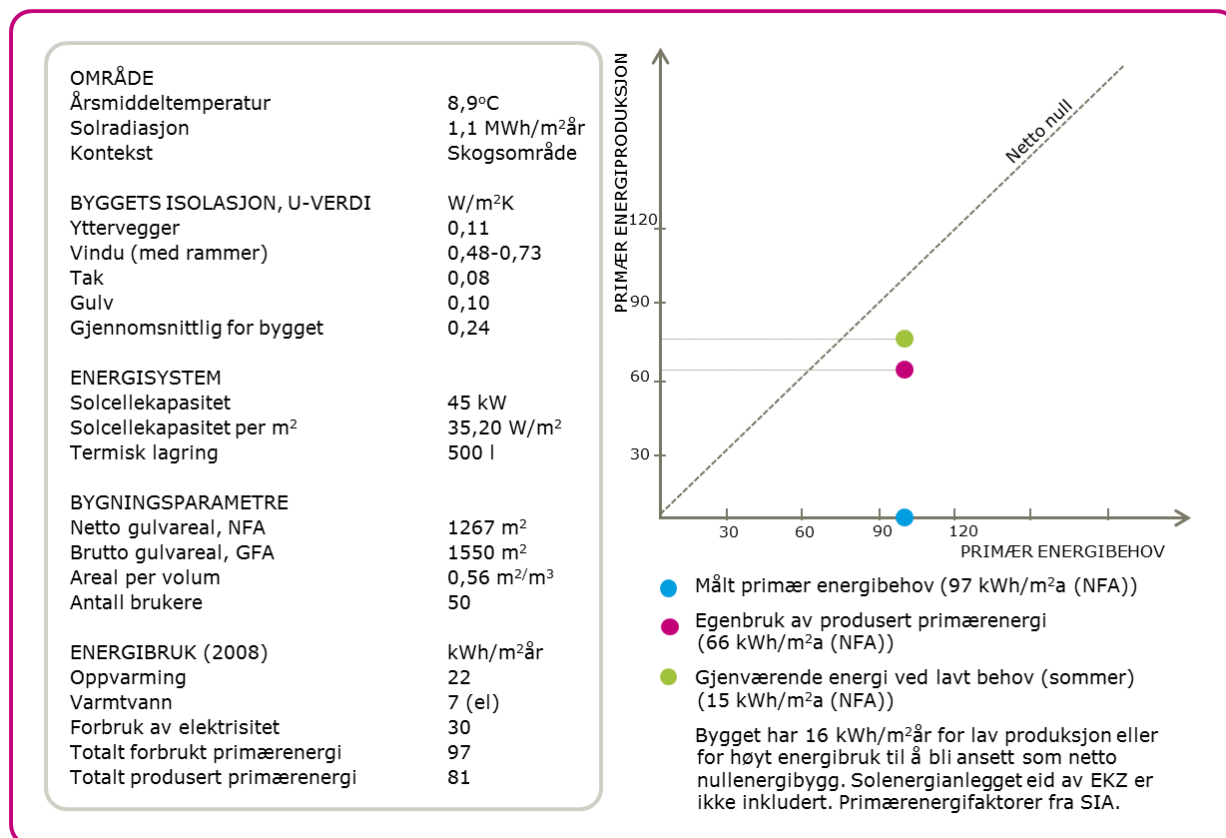
Energibalanse

Solcellene i bygget, som dekker det meste av elektrisitetsforbruket til varmepumpen, ventilasjon, belysning og IT, i tillegg til den geotermiske varmepumpen, eies og drives av den lokale energileverandøren i distriktet (EKZ). Eierne av bygget er forpliktet til å kjøpe 25 % av den produserte elektrisiteten. Dette setter et øvre tak på hvor mye av den produserte energien som kan tas med i energibalansen for å godskrive forbrukt primærenergi. Erfaring tilsier at 20-25 % av det primære energibehovet dekkes av elektrisitet fra solcellene, hvilket betyr at anlegget primært eksporterer til det elektriske nettet.

Den lagrede energien i bygget er 30 % lavere enn dersom bygningen var bygget etter SIA-standarden (tilsvarende TEK i Norge). Det har blitt benyttet resirkulerbar isolasjon, lokalt produserte materialer i tillegg til en byggeperiode med 50 % lavere energibruk enn det som er vanlig.

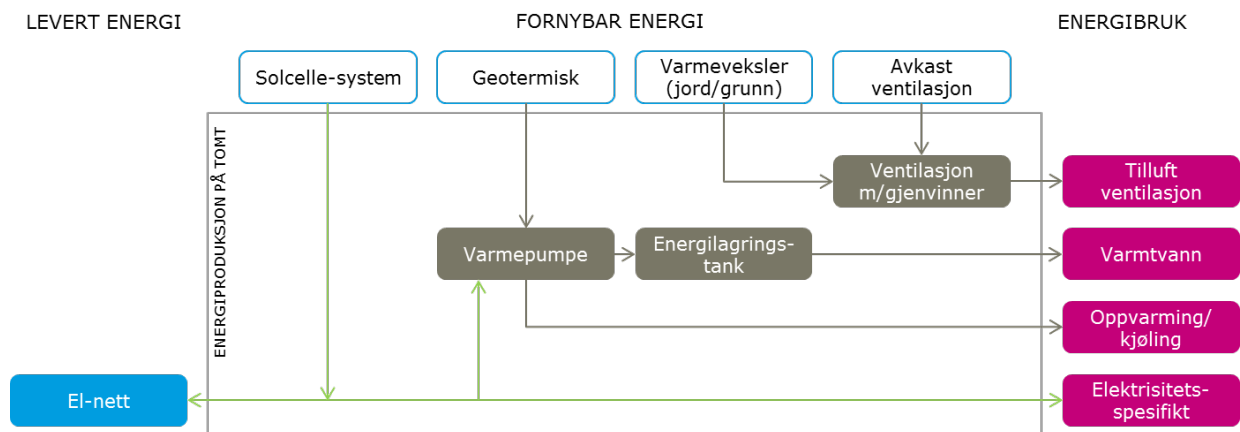
Figur II-10 – Marché Corporate Headquarters Sveits





Figur II.11 - Tekniske data for Marché Corporate Headquarters

Figur II.12 - Skjematisk oversikt for tekniske systemer for Marché HQ, Sveits



VEDLEGG II: TEKNISKE SYSTEMER

Under listes noen løsninger for tekniske systemer som kan være aktuelle ved implementering av nNEB.

VARMEGJENVINNING FOR AVLØPSVANN

Det finnes kommersielle produkter som gjenvinner varme fra avløpsvann. Det er systemer som forvarmer tappevannet med avløpsvannet og systemer med flate varmevekslere under dusj/dusjkabinett. Systemer anslås å kunne spare 10-45 % av den totale energien som brukes til vannoppvarming, noe som innebærer en nedbetalingstid på 3-10 år. Systemene er enkle, robuste og tilnærmet vedlikeholdsfrie.

REDUSERT ENERGIBEHOV VED UTVIKLING AV MEKANISKE VENTILASJONSSYSTEMER

Utvikling av mekaniske ventilasjonssystemer kan være en måte å gi redusert energibehov på, men er nødvendigvis ikke nok til å gi et nNEB. Det er i dette kapitlet presentert potensial for forbedring av tradisjonelle ventilasjonssystemer for å redusere energibehov.

VARMEGJENVINNING I VENTILASJONSANLEGG

Det vil også i fremtiden være fullt mulig å ventilere bygninger tilstrekkelig og samtidig ivareta målet om svært lavt energibehov. Det er allerede i dag mulig å oppnå over 85 % temperaturvirkningsgrad for roterende varmegjenvinnere. Maksimal virkningsgrad oppnås ved fronthastighet over rotoren mellom 1,0 til 1,5 m/s, og trykktapet er i størrelsesorden 75 – 77 Pa. Det utvikles i dag rotorrotorer hvor maksimal virkningsgrad er 88 % ved et trykktap på 60 – 70 Pa.

Frem mot 2020 vil løsninger med to høyeffektive rotorrotorer plassert i serie gi virkningsgrad opp mot 95 %. Ulempen er at trykktapet vil øke til ca. 150 Pa. For å tilfredsstille kravene til lave SFP-faktorer, vil det i ventilasjonsaggregatet være mulighet for by-pass over varmegjenvinner når behovet for gjenvinning er redusert. Trykktapet vil reduseres og årsgjennomsnittlig SFP-faktor vil bli lavere.

ETTERVARME

Behov for å ettervarme ventilasjonsluft vil bortfalle ved høy virkningsgrad på varmegjenvinner. Trykktapet til varmebatteri vil således elimineres også.

OPTIMAL BEHOVSSTYRING AV VENTILASJONSLUFT

Ytterligere forbedring av SFP-faktor vil bli mulig ved at det utvikles bedre løsninger for styring av ventilasjonsluften.

KJØLING

Ved å anvende to rotorrotorer i serie, hvorav den ene rotoren er sorpsjonsrotor, kan man ved hjelp av adiabatisk kjøling av avtrekksluft kjøle varm uteluft via varmegjenvinneren. Adiabatisk kjøling vil i praksis si å befukte avtrekksluften til over 90 %. Med høy virkningsgrad på varmegjenvinneren, kan det oppnås tilstrekkelig kjøle-effekt uten bruk av kjølemaskin.

MOTORER TIL VIFTEDRIFT

Kammervifter dominerer markedet innen luftbehandling i dag. Strømningstap (viftevirkningsgrad) er mulig å redusere ytterligere, men utviklingen mot mer energieffektive motorer er den retning for mer energieffektiv transport av luft vil skje mot 2020.

EC-MOTORER

EC (Electronically Commutated)- motor. Det er ikke behov for ekstern frekvensomformer. Tapene i motor er redusert, sammenliknet med en tradisjonell vekselstrømsmotor. Motorene kom på markedet til viftedrift for ca. 5 år siden, og lages opp til ca. 6 kW ytelse.

PM-MOTORER

PM (Permanent Magnet)- motor. Det er ikke behov for ekstern frekvensomformer. Tapene i motor er redusert ytterligere, sammenliknet med EC-motor. Motorene kom på markedet til viftedrift for ca. 1 år siden, og lages opp til ca. 11 kW ytelse.

REDUSERT ENERGIBEHOV VED BRUK NATURLIG OG BALANSERTE MEKANISKE VENTILASJONSSYSTEMER

Naturlig ventilasjon i kombinasjon med fremtidsutviklede mekaniske ventilasjonssystemer vil kunne gi kreativt spillerom for lavenergiløsninger med naturlig ventilasjon, og fortsatt sikre at funksjonskravene vil bli overholdt med den mekaniske ventilasjonen når den naturlige ikke gir ønsket effekt eller øker energibehovet.

Løsninger kan være:

- Fasadeintegreerte ventilasjonssystemer som reduserer kjøle- og/ varmebehov. Reduksjon av kjølebehov er bedre enn tilførsel av kaldere luft fordi det kan føles som trekk for brukerne.
- Åpning og lukking av vinduer manuelt, og ved behov. Gir frisk luft til brukeren og reduserer kjølebehovet når utetemperaturen ikke gir uønsket nedkjøling av bygget.
- Todelte vinduer, der øverste del kan åpnes for å kjøle, uten å gi trekk. Vinduene kan åpnes etter stenetid av bygget, sammen med en luke i taket, som vil gi naturlig nedkjøling av bygget over natten og økt komfort for brukerne både med tanke på temperatur og frisk luft. I stedet for solavskjerming av de øverste vinduene kan de utstyres med en lysreflekterende vinduskarm (bredere enn karm) som tilfører dagslys inn i bygget (opp i taket og sprer i rommet), uten å blende brukerne. Samtidig som det gir økt mulighet for utsyn ved at kun nederste del av vinduene solskjermes.
- Doble glassfasader: Ved oppvarmingsbehov: Inntaksluft til mekaniske ventilasjonsanlegg forvarmes i fasaden ved at den naturlig trekkes oppover innvendig i glassfasaden før den går inn i ventilasjonssystemet. Ved kjølebehov: solinnstråling på glassfasaden varmer opp luften mellom den doble fasaden, luften nedkjøles så ved at det oppstår naturlig trekk mellom luke nederst og øverst i glassfasaden slik at den innerste glassfasaden får enn lavere temperatur og kjølebehovet reduseres. Reduksjon av kjølebehov er bedre enn tilførsel av kaldere luft fordi det kan føles som trekk for brukerne.
- Kanalsystemer med naturlig avtrekk, til dels forsterket med mekaniske vifter og mekanisk styrte ventiler og/eller vinduer.

VEDLEGG III: AKTUELLE TEKNOLOGIER FOR ENERGIPRODUKSJON TILKNYTTET BYGNINGER

SYSTEMER FOR EGENPRODUKSJON

Under presenteres noen teknologier som vil være egnet for egenproduksjon av fornybar energi for nNEB.

Solceller er halvledere som konverterer solstråler til likestrøm elektrisitet (DC). Solcellene er sammenkoblet i moduler og kan ha kapasitet på opp til flere hundre watt, og modulene kan settes sammen til systemer og yte flere megawatt. Kommersielle solcelleteknologier kan deles inn i to hovedgrupper; wafer-basert krystallinsk (mono- eller multikrystallinsk) silisium og tynnfilm. Nye teknologier, inkludert solceller som utnytter en større del av lysspekteret, konsentrerende solceller¹³, og organiske solceller blir for tiden utviklet og har et stort potensial for bedre ytelse og kostnadsreduksjoner. Teknologiene varierer i stor grad i forhold til kostnader og ytelse. Tynnfilm representerer for tiden lavere kostnader, men har lavere ytelse. Konsentrerende solceller har høyere kostnader og høyere ytelse. Solenergimarkedet domineres av silisiumcelleteknologier med middels effektivitet og middels kostnadsnivå (wafer-basert har 85-90 % av solcellemarkedet, mens tynnfilm har resten). Solceller kan benyttes på mange ulike måter, f.eks. direkte på bygg, både husholdninger og forretningsbygg, av energiselskap for elektrisitetsproduksjon og av systemer som ikke er tilknyttet et distribusjonsnett. En viktig teknisk utfordring for solcellesystemer er integrasjon i nettet. Det fokuseres dessuten på teknologiske, funksjonelle, kostnadsmessige og estetiske aspekter for gode fasade- og takløsninger for direkte bruk i bygg eller i industrien.

Plane termiske solfangere er en moden teknologi, og solfangere med vakuumbør er i stor grad i ferd med å bli en godt utprøvd teknologi med høye virkningsgrader. Teknologisk har vakuumbør med flere lag muliggjort et godt utbytte også for nordiske klimaforhold, og i tillegg har masseproduksjon fra Kina redusert prisen. Vakuumbørfangere av metall er modent i Kina, mens flate plastbaserte fangere er i en tidligere kommersiell fase. Der det er et velfungerende marked er solfangere konkurransedyktig med elektrisitet for tappevannsoppvarming, selv i Nord-Europa. For fjernvarme er det en godt utprøvd teknologi i enkelte regioner, også så langt nord som Danmark siden 1990-tallet.

Noen eksempler på kommersielle **bioenergiteknologier** er små og store kjeler, pelletsbaserte oppvarmingsløsninger i husholdninger, og oppvarming med førstegenerasjons bioetanol (fra sukker og stivelse). Biogass og lignocellulose-basert biodrivstoff (2.-generasjons) er et marked i vekst og kan bli en viktig energibærer for bærekraftige nNEB.

Geotermisk energi utnytter varme fra jordas indre, enten fra naturlige hydrotermiske varmereservoarer eller fra varmeutvikling i tørt fjell. Geotermisk energi i tørt fjell, eller der vann sirkuleres i reservoaret blir gjerne definert som andregenerasjon, eller forbedret (EGS, Enhanced Geothermal Systems) da man borer dypt og kan ha en sirkulerende krets med vann. Geotermisk energi kan benyttes til elektrisitetsproduksjon og direkte som varme i fjernvarme, avhengig av temperaturforhold.

Fleire kilder omtaler all grunnvarme som geotermisk, også grunnvarmepumper, som kan utnytte geotermisk varme nær overflaten, men varmepumper utnytter som regel solvarme lagret i bakken eller grunnvann ned til ca. 200-300 meter, og ikke varme fra jordas indre. Geotermisk elektrisitetsproduksjon fra dampturbiner må normalt mye dypere hvis det ikke er helt spesielle geologiske forhold.

Grunnvarmepumper utnytter geotermisk energi primært fra solenergi på lik linje med varmepumper som henter varme fra uteluft og vann. Grunnvarmepumper er basert på en relativt stabil bakke- eller grunnvannstemperatur (4-30 °C) for kjøling, rom- og tappevannsoppvarming til alle typer bygg eller inn på fjernvarmenett. Varmepumper kjøler ned bakken lokalt i varmemodus og avhenger av antall borrehull og effekt på varmepumpen. Det gjøres stadig fremskritt med nye arbeidsmedier med høyere energieffektivitet og utbytte. For Norge er det kartlagt et stort teoretisk potensial for grunnvarmepumper¹⁴. Grunnvarmepumper har den fordel at den kan jobbe under optimale forhold hele året og har en høy effektivitet også når varmebehovet er størst. Luft, og i stor grad vannvarmepumper, har lavest effekt når behovet er størst og må ha en effektereserve. Grunnvarmepumper har ikke behov for samme effektereserve. En annen fordel med varmepumper er effektiv

¹³ Concentrated photovoltaics (CPV)

¹⁴ Asplan Viak, Randi K. Ramstad et. al., 2011

kjøling om sommeren og at energibrønnene kan fungere som sesonglagring ved at overskuddsvarme om sommeren lagres og hentes ut om vinteren.

Under vises en tabell over aktuelle teknologier for nNEB med en angivelse av teknologisk modenhet. Flere av teknologiene som er i en utviklet fase er ikke tatt i bruk i Norge, men det er gode muligheter avhengig av rammebetingelser.

Tabell III-1: Oversikt over fornybare energiteknologier, modenhet og primær distribusjonsmetode

Fornybar energikilde	Fornybar energiteknologi	Primær energi-sektor	FoU	Demo, pilot	Tidlig kommersialisering	Sen kommersialisering	Sentralisert	Desentralisert
Bioenergi	Pellets, husholdning	Termisk				•		•
Bioenergi	Små og store kjeler (flis, pellets, bioolje)	Termisk				•	•	•
Bioenergi	Anaerobisk nedbrytning for biogass	Elektrisitet, termisk, transport				•	•	•
Bioenergi	Småskala kombinert varme og elektrisitetsproduksjon (CHP)	Elektrisitet, termisk			•		•	•
Bioenergi	Bioetanol og biofydingsoljer, sukker og stivelsebasert	Elektrisitet, termisk, transport				•	•	•
Bioenergi	Lignocellulose, sukkerbasert biodrivstoff og biofydingsoljer	Elektrisitet, termisk, transport		•			•	•
Bioenergi	Lignocellulose, syntesegassbasert biodrivstoff og biofydingsoljer	Elektrisitet, termisk, transport			•		•	
Bioenergi	Vannlevende planter og algebasert biodrivstoff, biomasse og biofydingsoljer	Elektrisitet, termisk, transport	•				•	
Bioenergi	Biogass for direkte oppvarming	Termisk				•	•	
Direkte sol	Solcelle, fotovoltaisk	Elektrisitet				•	•	•
Direkte sol	Lavtemperatur solfanger	Termisk				•		•
Direkte sol	Solenergidrevet kjøling	Termisk		•				•
Direkte sol	Passiv solutnyttelse, arkitektur	Termisk				•		•
Geotermisk	Hydrotermisk, kondensering (trykkstyrt)	Elektrisitet				•	•	
Geotermisk	Hydrotermisk, binærsyklus	Elektrisitet				•	•	
Geotermisk	2.-generasjon, EGS - Enhanced Geothermal Systems	Elektrisitet		•			•	
Geotermisk	Direkte varme	Termisk				•	•	•
Geotermisk	Grunnvarmepumper	Termisk				•	•	•
Vannkraft	Elv eller bekk uten reservoar	Elektrisitet, mekanisk				•	•	•
Vindenergi	Små turbiner, spredt eller på bygg	Elektrisitet			•			•