

13.03.2020

Samfunnsøkonomiske konsekvenser av forslag til nye energiregler i TEK

Rapport 15-2020

Rapport nr. 15-2020 fra Samfunnsøkonomisk analyse AS

ISBN-nummer:	978-82-8395-081-6
Oppdragsgiver:	Direktoratet for byggkvalitet
Forsidebilde:	Erichsen & Horgen
Tilgjengelighet:	Offentlig
Dato for ferdistilling:	13. mars 2020
Forfattere:	Bjørn Gran og Marte Marie Frisell
Kvalitetssikrer:	Karin Ibenholt

Samfunnsøkonomisk analyse AS

Borggata 2B
N-0650 Oslo

Org.nr.: 911 737 752
post@samfunnsokonomisk-analyse.no

Forord

På oppdrag fra Direktoratet for byggkvalitet har Samfunnsøkonomisk analyse og Erichsen & Horgen gjennomført en samfunnsøkonomisk analyse av forslag til endringer i energiregler i byggteknisk forskrift (TEK).

Identifisering av de samfunnsøkonomiske virkningene av de ulike tiltakene er basert på de byggtekniske beregningene gjennomført av Erichsen & Horgen, og er gjengitt i vedlegg til rapporten. Videre har vi benyttet offentlige rapporter og statistikker for å verdsette de samfunnsøkonomiske konsekvensene.

Vi vil takke våre kontaktpersoner i DiBK for gode innspill og diskusjoner underveis i prosjektet.

Oslo, 13. mars 2020

Karin Ibenholt
Samfunnsøkonomisk analyse AS

Sammendrag

Bolig- og byggsektoren omtales som 40-prosentsektoren, basert på at sektoren står for omtrent 40 prosent av totalt energibruk og 40 prosent av materialbruken globalt. I tillegg utgjør sektoren en høy andel av totalt avfall. I 2017 stod bygge- og anleggsnæringene for 25 prosent av samlet avfall i Norge. For å nå de energi- og klimapolitiske målene er reduksjon i energi- og materialbruken i både eksisterende og nye bygninger et mulig tiltak. Omlegging til bruk av fornybare energikilder i bygg er også et prioritert felt.

Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) er nasjonalt kompetansesenter på bygningsområdet, og er den sentrale myndigheten for deler av bygningsdelen av plan- og bygningsloven (pbl), herunder byggt teknisk forskrift (TEK). Et av hovedmålene for DiBK er «å sikre, miljøvennlige og tilgjengelige boliger og bygg». I tildelingsbrevet fra KMD til DiBK for 2019 står det bl.a. at

«Regjeringen vil utvikle energikravene til bygg i tråd med klimaforliket. DiBK skal utarbeide forslag til definisjon av nesten nullenerginivå som kan sendes på høring. I dette arbeidet må direktoratet vurdere om andre forhold enn kun energibehov i drift skal inngå i videreutviklingen av energikrav. Dette innebærer å vurdere mulighet og hensiktsmessighet av å se energibruk i drift og andre miljø-krav til bygg i sammenheng».

Forslag til nye energiregler i TEK

Med dette som utgangspunkt har DiBK utarbeidet forslag til reviderte energiregler i byggt teknisk forskrift (TEK). Forslaget til endring i forskriften omhandler kapittel 9 og 14. Endringene i kapittel 9 er hovedsakelig presiseringer, justeringer og tilføyinger i eksisterende paragrafer. Endringene i kapittel 14 er mer omfattende og forslaget innebærer flere endringer.

For det første er kravene for energiytelse endret til varmetapstall og energirammen gjelder totalt levert energibehov for bygningen. I nåværende forskrift gjelder kravene for bygningens totale netto energibehov. Det nye forslaget til forskrift åpner opp for to ulike spor.

I det ene sporet, som vi har kalt «*Hovedmetoden*», oppfylles kravene gjennom å tilfredsstille et samlet varmetapstall, energiramme for totalt levert energibehov og minimumsnivåer for varmetap for enkelte bygningskomponenter i §14-2. Denne metoden gjelder for alle typer bygg (småhus, boligblokk og yrkesbygg).

Forslaget til ny forskrift åpner opp for et nytt spor for boligblokk og yrkesbygg. Dette sporet har vi kalt «*Alternativ metode*», og innebærer at man kan se bort ifra kravene til minimumsnivåene for bygningskomponenter dersom det kan dokumenteres at klimagassutslippene fra bygningens materialbruk ikke overstiger et gitt nivå. Kravene til varmetapstall og energiramme for totalt levert energibehov gjelder også for dette sporet.

Det alternative sporet for småhus tilsvarer tiltakspakken i §14-2 (andre ledd) i dagens TEK17, med unntak av at omfordeling mellom tiltak ikke lenger er tillatt. For boligblokk innebærer forskriftsendringen at tiltaksmetoden er fjernet.

Beregninger av samfunnsøkonomiske konsekvenser for eksempelbygg

For å analysere de samfunnsøkonomiske konsekvensene av foreslåtte endringer i TEK, tar vi utgangspunkt i eksempelbygg for henholdsvis småhus, boligblokk og kontorbygg. For boligblokk og kontorbygg avhenger energikravene i TEK av størrelsen på bygget. Utvelgelsen av eksempelbyggene innebærer at vi ser på endringer for boligbygg som er mindre eller lik (\leq) 1000 m² BRA og kontorbygg som er større enn ($>$) 1000 m² BRA. Kravene for småhus er uavhengige av størrelsen på bygget.

I utredningen har vi begrenset oss til å vurdere et utvalg av tekniske løsninger og kombinasjoner av ytelser på klimaskallet for ulike bygningstyper (småhus, boligblokker og kontorbygg). Hensikten har vært at utvalget skal representere både hvordan dagens praksis kan utfordres og hva som antas å være mest sannsynlig valgt løsning.

I analysen av å oppfylle rammekravet om levert energi har vi tatt for oss bruk av fjernvarme, tradisjonell varmepumpe og avtrekksvarmepumpe som energiforsyning, samt direktevirkende elektrisitet for småhus.

Mulig å oppfylle kravene med samfunnsøkonomisk lønnsomhet

Beregningene våre viser at det finnes mulige tilpasninger innenfor både «*Hovedmetoden*» og «*Alternativ metode*» som er både bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsomme for alle bygningstyper.

De ulike tiltakene innenfor «*Alternativ metode*» gir de høyeste nytteverdiene. Dette knytter seg til at det er mulige bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske besparelser når man ikke trenger å oppfylle minimumskravene i §14-2 (fjerde ledd). Samtidig viser analysen at det framstår som fullt mulig å redusere klimagassutslipp fra bygningsmaterialer med 20 prosent uten at det er nødvendig å gjennomføre tiltak med store kostnader.

For de alternativene vi har sett på, viser beregningene at det er knyttet størst utfordringer til å oppfylle kravet om levert energi. Kravet om levert energi gjelder for både «*Hovedmetoden*» og «*Alternativ metode*».

Analysen viser imidlertid at det er mulig å oppfylle kravene til levert energi for alle bygningstypene. For boligblokk har alle alternativene (fjernvarme, tradisjonell varmepumpe og avtrekksvarmepumpe) positiv prissatte virkninger, og til lave eller neglisjerbare bedriftsøkonomiske kostnader. Alternativet med fjernvarme gir noe økte byggekostnader, men kun 0,3 prosent av de totale byggekostnadene.

For kontorbygg framstår alternativet med tradisjonell varmepumpe som samfunnsøkonomisk lønnsomt, mens alternativene med fjernvarme og avtrekksvarmepumpe gir økte byggekostnader og avtrekkspumpe gir i tillegg økt effektbehov, som ikke motsvares av andre nyttegevinster. I alternativet med fjernvarme øker byggekostnadene med knappe 1 prosent sammenlignet med referansebygget, mens byggekostnadene øker med knappe 2 prosent for alternativet med avtrekksvarmepumpe.

For småhus gir alternativene med elektrisitet (og utelatelse av skorstein) og tradisjonell varmepumpe samlet sett positive samfunnsøkonomiske virkninger. Alternativet med ildsted har marginale negative virkninger som følge av en økning i byggekostnaden. Økningen i byggekostnadene i dette alternativet er imidlertid under 1 prosent. Alternativet med avtrekksvarmepumpe har negative virkninger både gjennom økt effekt-

behov fra elektrisitetsnettet, og økte byggekostnader (tilsvarende drøye 3 prosent av totale byggekostnader), og har dermed samlet sett negative prissatte konsekvenser.

Små konsekvenser av å fjerne omfordeling for småhus og tiltaksmetoden for boligblokker

Forslag til ny forskrift innebærer at omfordeling ikke er tillatt for småhus, og at tiltaksmetoden for boligblokker er fjernet. For begge disse endringene vurderer vi de samfunnsøkonomiske konsekvensene til å være små. For småhus viser vi at en stor del av fleksibiliteten i utforming av bygningskroppen kan opprettholdes ved at småhusets energiytelse dokumenteres gjennom hovedmetoden. Dette kan øke prosjekteringskostnaden noe, men at denne vil avta etter hvert som utbygger tilpasser seg endringene. For boligblokker er Erichsen & Horgen sin erfaring at rammekravsmetoden er mer utbredt for boligblokker enn for småhus og at den relative merkostnaden ved å utføre en energiberegning reduseres når størrelsen på bygget øker.

Liten kostnadsøkning ved å innføre krav om utarbeidelse av klimagassregnskap

I forslaget til ny forskrift er det lagt til et krav om at det skal «utarbeides et klimagassregnskap». Dette gjelder for boligblokk og yrkesbygg. På kostnadssiden vil dette innebære en liten økning i byggekostnadene, og vi har anslått dette til å utgjøre 0,1 prosent av de totale byggekostnadene for en boligblokk på om lag 900 kvadratmeter (BRA), og 0,02 prosent av de totale byggekostnadene for et kontorbygg på 3 600 kvadratmeter (BRA). Isolert sett gir ikke forskriftsendringen noen krav til reduksjon i klimagassutslipp direkte. Kravet om å utarbeide klimagassregnskap kan imidlertid gi positive nyttegevinster gjennom å gjøre utbygger og boligkjøper mer bevisst på å velge klimavennlige løsninger. Dette kan i så fall gi lavere klimagassutslipp. Omfanget av denne virkningen er imidlertid usikker.

Innhold

Forord	III
Sammendrag	IV
1 Innledning	9
1.1 Problemstilling	9
1.2 Metode	9
1.3 Leseveiledning	11
2 Byggenæringen – Omfang og klimagassutslipp	12
2.1 Klimagassutslipp	14
2.2 Dagens lovverk	17
3 Foreslåtte endringer i byggteknisk forskrift (TEK17)	19
3.1 Kapittel 9. Ytre miljø	19
3.2 Kapittel 14. Energi og klimagassutslipp	20
4 Samfunnsøkonomisk vurdering	22
4.1 Presisering og avgrensning av oppdraget	22
4.2 Nullalternativet	23
4.2.1 Forutsetninger i analysen	23
4.3 Beskrivelse av tiltakene	23
4.3.1 Valg av tiltak	24
4.4 Identifisering og verdsetting av virkninger	30
4.4.1 Areal	30
4.4.2 Effektbehov	31
4.4.3 Energibehov	34
4.4.4 Klimagassutslipp	35
4.4.5 Byggekostnader	41
4.4.6 Luftkvalitet og støy	41
4.4.7 Termisk komfort	42
4.4.8 Dagslys	43
4.5 Vurdering av lønnsomheten	44
4.5.1 Oppfylle varmetapstall – hovedmetoden	44
4.5.2 Oppfylle varmetapstall – alternativ metode	44
4.5.3 Oppfylle krav om levert energi	45
4.5.4 Redusere klimagassutslipp gjennom endret materialbruk – alternativ metode	47
4.5.5 Omfordeling innen tiltaksmetoden ikke lenger mulig (alternativ metode b)	49
4.5.6 Tiltaksmetoden for boligblokker er fjernet	49
4.5.7 Tilleggskrav for boligblokk og yrkesbygning	49
4.5.8 Endringer i kapittel 9	49
4.6 Usikkerhet	54

4.7	Fordelingsvirkninger	54
4.8	Samlet vurdering	55
Referanser		57

1 Innledning

Bolig- og byggsektoren omtales som 40-prosent-sektoren, basert på at sektoren står for omtrent 40 prosent av totalt energibruk og 40 prosent av materialbruken globalt. I tillegg utgjør de en høy andel av totalt avfall. I 2017 stod bygge- og anleggsnæringene for 2 975 tusen tonn avfall, noe som utgjør 25 prosent av samlet avfall i Norge. Av dette kommer 1897 tusen tonn fra byggenæringen, noe som utgjør 16 prosent av samlet avfall i Norge. For å nå de energi- og klimapolitiske målene er reduksjon i energi- og materialbruken i både eksisterende og nye bygninger et mulig tiltak. Omlegging til bruk av fornybare energikilder i bygg er også et prioritert felt.

Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD) har det overordnede ansvaret for å stimulere til en bærekraftig og varig kvalitet i boliger, bygg og bygde omgivelser. KMD legger særlig vekt på å stimulere til sunne og sikre bygg, redusert energibruk samt god byggeskikk.

Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) er nasjonalt kompetansesenter på bygningsområdet, og er den sentrale myndigheten for deler av bygningsdelen av plan- og bygningsloven (pbl), herunder byggt teknisk forskrift (TEK). Et av hovedmålene for DiBK er «å sikre, miljøvennlige og tilgjengelige boliger og bygg»¹.

I tildelingsbrevet fra KMD til DiBK for 2019 står det bl.a. at «Regjeringen vil utvikle energikravene til bygg i tråd med klimaforliket. DiBK skal utarbeide forslag til definisjon av nesten nullenerginivå som kan sendes på høring. I dette arbeidet må direktoratet vurdere om andre forhold enn kun energibehov i drift skal inngå i videreutviklingen av energikrav. Dette innebærer å vurdere mulighet og hensikts-

messighet av å se energibruk i drift og andre miljøkrav til bygg i sammenheng».

Med dette som utgangspunkt har DiBK utarbeidet forslag til reviderte energiregler i byggt teknisk forskrift (TEK).

1.1 Problemstilling

DiBK ønsker med dette oppdraget å få gjennomført en samfunnsøkonomisk analyse av de foreslåtte endringene i TEK17, herunder kapittel 9 og 14²:

- § 9-2. Helse- og miljøfarlige stoffer
- § 9-5. Byggavfall
- § 9-6. Avfallsplan
- § 9-8. Avfallssortering
- § 14-1. Generelle krav
- § 14-2. Energiforbruk og klimagassutslipp
- § 14-3. Tilleggskrav for boligblokk og yrkesbygg
- § 14-4. Energiforsyning

Formålet med analysen er å beregne de samfunnsøkonomiske virkningene av ulike måter å tilpasse seg forskriftsendringen i TEK. Analysen i denne rapporten er basert på byggt tekniske beregninger gjennomført av Erichsen & Horgen, og resultatene herfra er gjengitt i vedlegg 1 til denne rapporten.

1.2 Metode

En samfunnsøkonomisk analyse er et viktig verktøy for å identifisere og synliggjøre virkninger og konsekvenser av ett eller flere tiltak for berørte grupper i samfunnet. Hensikten med en samfunnsøkonomisk analyse er å avgjøre om tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt, samt å kunne rangere og prioritere mellom ulike tiltak. Et tiltak er samfunnsøkonomisk

¹ Hovedmål 1 i tildelingsbrevet fra KMD til DiBK for 2019. Det andre målet er «Forutsigbare regler for effektiv ressursbruk i byggeprosessen»

² Forslag til ny TEK er gjengitt i sin helhet i vedlegg 1.

lønnsomt dersom samlet betalingsvillighet for nyttevirkningene er høyere enn samlede kostnadsvirkninger og ulemper.

Den samfunnsøkonomiske analysen er gjennomført i tråd med Direktoratet for økonomistyrings (DFØ) veileder for samfunnsøkonomiske analyser (Direktoratet for økonomistyring, 2018) og Finansdepartementets rundskriv R-109/14: *Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv.* På den måten sikres sammenlignbarhet mellom ulike analyser, og det gir et godt rammeverk for på en systematisk måte å kartlegge, sammenligne og vurdere virkninger som oppstår ved ulike prosjekter og alternativer.

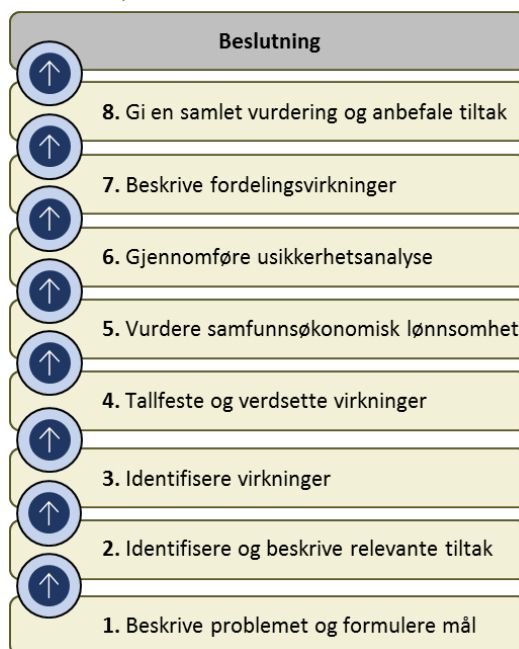
Den samfunnsøkonomiske analysen er gjennomført etter samme struktur som i Figur 1.1.

Identifiserte nytte- og kostnadsvirkninger av foreslåtte forenklingstiltak tallfestes i kroner, så langt det er mulig og hensiktsmessig (prissatte virkninger). Der dette ikke er mulig, skal virkningene vurderes kvalitativt (ikke-prissatte virkninger). Både prissatte og ikke-prissatte konsekvenser skal hensyntas i analysen. I nyttekostnadsanalysen beregnes nåverdien av nyttevirkninger og kostnadsvirkninger for de ulike tiltakene i forhold til nullalternativet i kroner.

For å vurdere ikke prissatte virkninger på en systematisk måte har vi benyttet den såkalte «pluss-minusmetoden». Dette er en velegnet metode til denne type analyser og anbefales av DFØ (2018).

Det er tre viktige begreper i denne metoden: betydning, omfang og konsekvens. Først vurderes hvilken betydning det området som blir berørt av tiltaket har for grupper av samfunnet og for samfunnet som helhet.

Figur 1.1 Flytdiagram for samfunnsøkonomiske analyser



Kilde: DFØ (2018)

Deretter vurderes i hvilken grad de ulike tiltakene påvirker dette området sammenlignet med sammenligningsalternativet (omfang).

Med utgangspunkt i vurderingene for betydning og omfang etableres en konsekvensmatrise hvor man avleder konsekvensen av tiltaket relativt til sammenligningsalternativet.

Figur 1.2 viser en konsekvensmatrise for ikke-prissatte virkninger.

Figur 1.2: Konsekvensmatrise for ikke-prissatte virkninger

Betydning \ Omfang	Liten	Middels	Stor
Stort positivt	+ / ++	++ / +++	+++ / ++++
Middels positivt	0 / +	++	++ / +++
Lite positivt	0	0 / +	+ / ++
Intet	0	0	0
Lite negativt	0	0 / -	- / - -
Middels negativt	0 / -	- -	- - / - - -
Stort negativt	- / - -	- - / - - -	- - - / - - - -

1.3 Leseveiledning

I kapittel 2 beskriver vi byggenæringens omfang, både når det gjelder hvor mye det bygges, hvilke type bygninger som oppføres og hvordan dette

sprer seg utover de ulike fylkene i landet. Vi fortsetter kapittelet med en gjennomgang av klimagassutslipp i byggenæringen. Til slutt i kapittelet beskriver vi overordnet de deler av TEK17 og EUs bygningsenergidirektiv (EPBD) som er relevant i dette oppdraget.

I kapittel 3 beskriver vi de foreslåtte endringene i byggteknisk forskrift (TEK17) i § 9 og § 14.

I kapittel 4 beskriver vi den samfunnsøkonomiske analysen, herunder ulike muligheter til å tilpasse seg endringene i TEK17. Vi presenterer resultatene fra de tekniske beregningene for både boligbygg og kontorbygg. Videre drøfter vi og tallfester samfunnsøkonomiske virkninger, både nytte- og kostnads- virkninger, som oppstår som følge av disse tilpassingsmulighetene. Til slutt i kapittelet oppsummerer vi resultatene fra analysen

2 Byggenæringen – Omfang og klimagassutslipp

Byggenæringen består av boligbygging, bygging av næringsbygg og formålsbygg, og vedlikehold og restaurering av eksisterende bygg. I 2017 var det samlede byggemarkedet på 343 milliarder kroner i Norge (BNL, 2018), dette fordelte seg med 198 milliarder kroner på boliginvesteringer (nybygg og vedlikehold) og 145 milliarder kroner på investeringer i næringsbygg (nye næringsbygg og vedlikehold). Av de totale investeringene i byggenæringen ble det anslått at om lag halvparten var knyttet til nybygg og den andre halvparten var knyttet til vedlikeholds- og renoveringsarbeider (ROT).

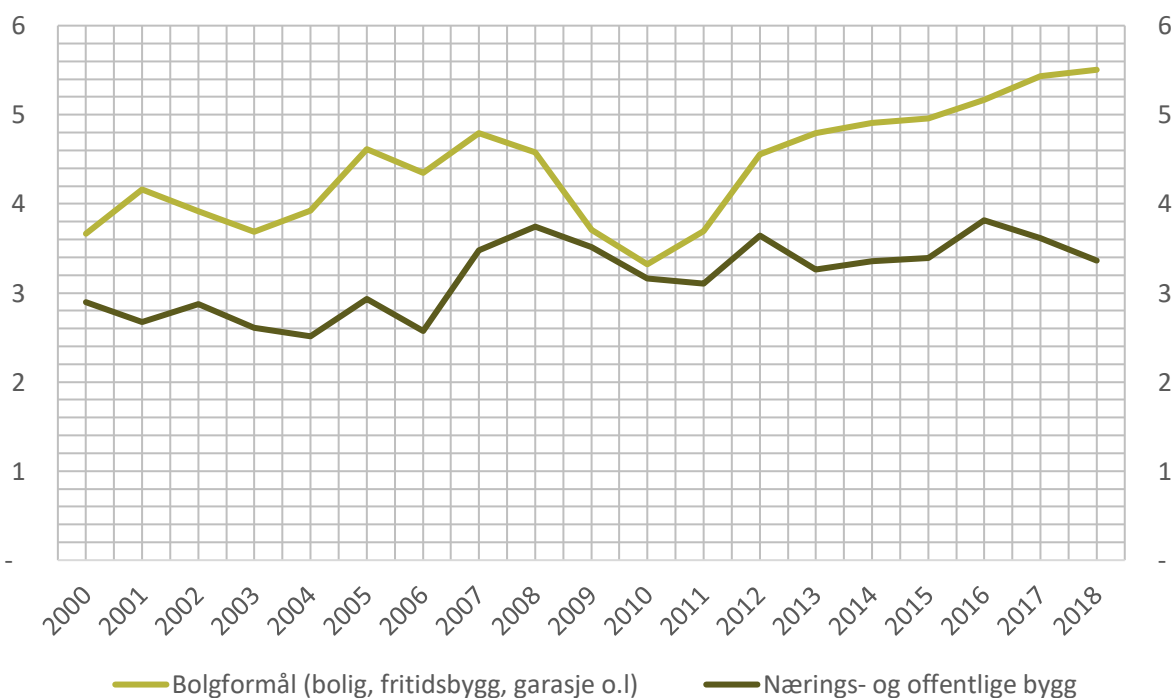
Den høye aktiviteten i næringen resulterer i mange nybygg som står klare til innflytting hvert år. Ifølge statistikk fra SSB ble det fullført bygging av hele 8,9 millioner kvadratmeter bygg i Norge i 2018. Dette utgjøres av 5,5 millioner kvadratmeter til boligformål

og 3,4 millioner kvadratmeter til næringsseiendom og offentlige bygg, jf. Figur 2.1.

Boligbyggingen har økt jevnt i perioden, med unntak av en tydelig nedgang under finanskrisen. I perioden fra 2000 til 2018 har antall fullførte kvadratmeter per år til boligformål økt med 50 prosent, mens antall kvadratmeter til nærings- og offentlige bygg har økt med 16 prosent.

Figur 2.2 viser at nybyggene fordeler seg på mange typer formål. Målt i antall kvadratmeter ble det i 2018 bygget mest småhus³ (26 prosent). Deretter følger boligblokker (19 prosent) som omfatter leiligheter, industri- og lagerbygg (17 prosent) og kontor- og forretningsbygg (9 prosent). Resten fordeler seg på en rekke andre byggkategorier som fritidsboliger, garasjer, og andre typer offentlige bygg.

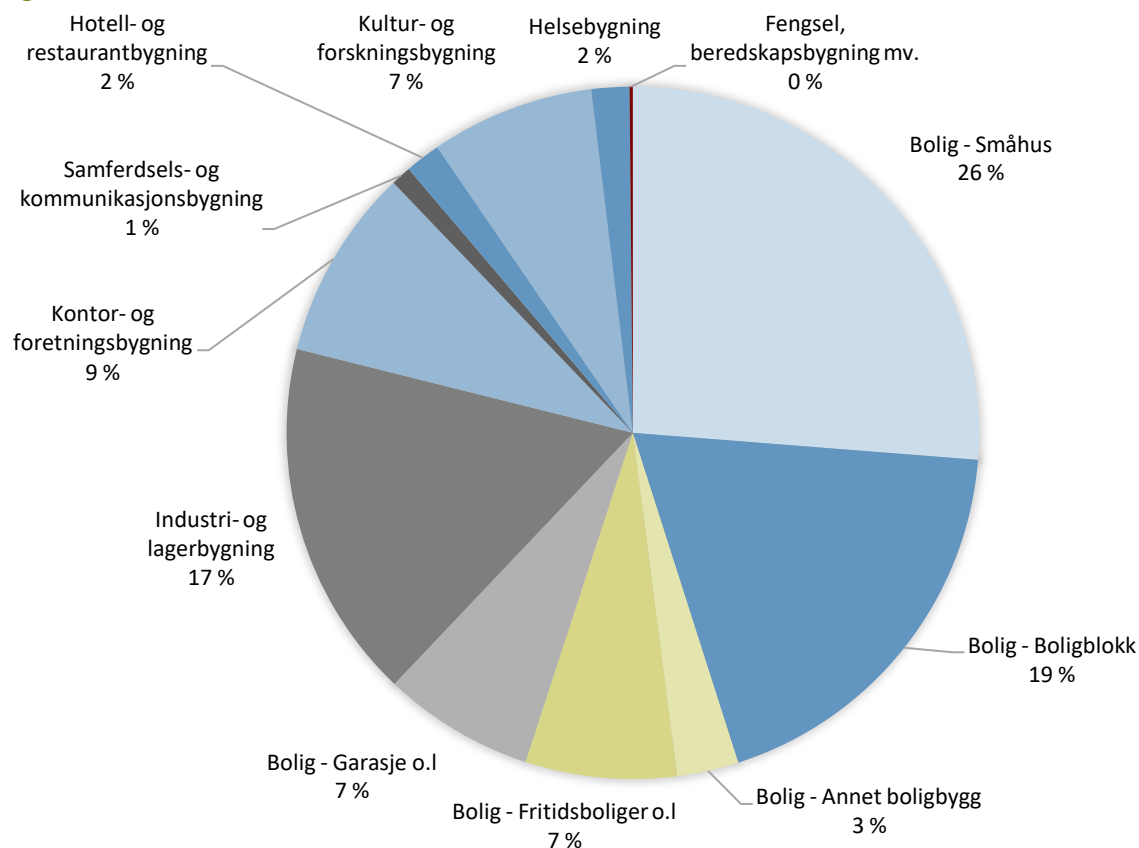
Figur 2.1 Antall fullførte kvadratmeter til boligformål, nærings- og offentlige bygg. Millioner kvadratmeter



Kilde: Statistisk sentralbyrå

³ Vi har her definert småhus som eneboliger, rekkehus og tomannsboliger, og omfatter kategoriene 111 til 136 i SSB klassifisering av bygg.

Figur 2.2 Antall fullførte kvadratmeter etter formål i 2018



Kilde: Statistisk sentralbyrå

I dette prosjektet vil vi ha spesielt fokus på tiltak som retter seg inn mot småhus, boligblokker og kontorbygg, og vi ser at i 2018 omfattet dette om lag 65 prosent av alle nyoppførte kvadratmeter dette året.

Geografisk spredning

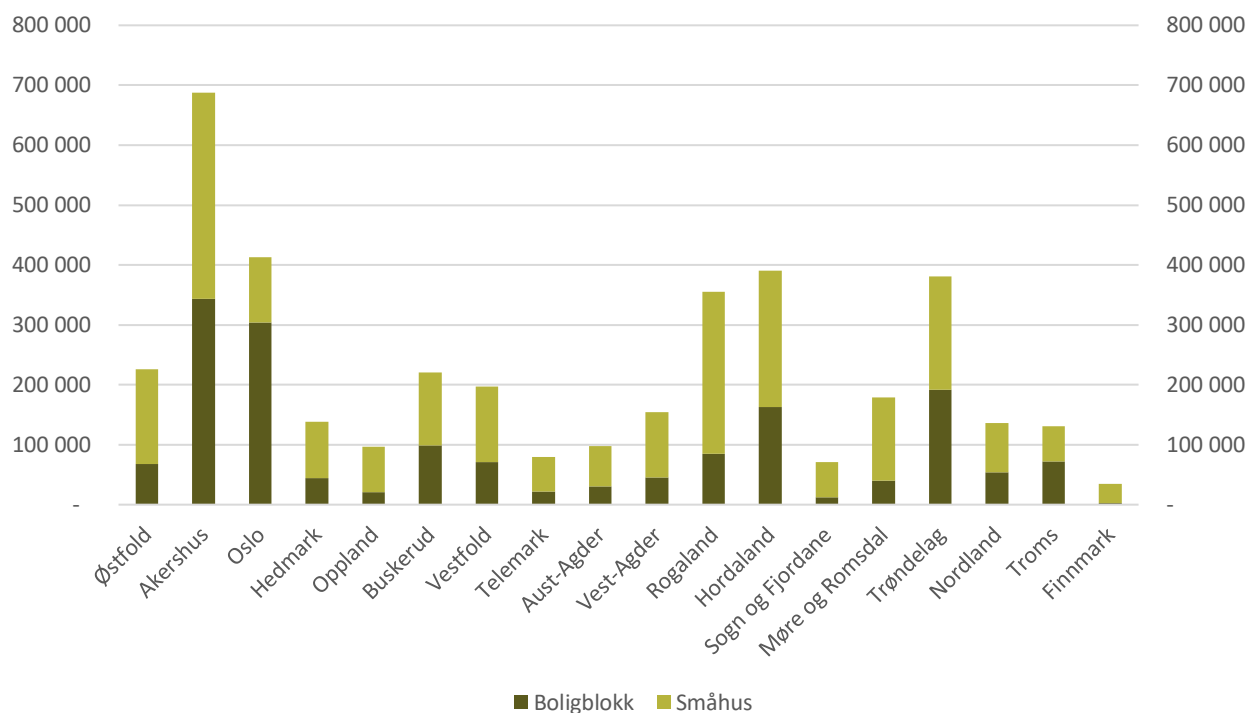
Byggeaktiviteten er spredd over hele landet, men det er ujevnt fordelt. Sentrale områder hvor befolkningen er stor fra før, og hvor det i tillegg flytter mange personer til, har betydelig høyere aktivitet i byggenæringen enn mindre sentrale områder. Dette følger av at det bygges der det er etterspørsel.

Dette kommer tydelig fram når vi ser på den geografiske fordelingen av boligbygging i Figur 2.3. Her ser vi at målt i antall kvadratmeter utbygd areal i 2018 var det klart høyest boligbygging i Akershus.

Deretter følger Oslo, Hordaland, Trøndelag og Rogaland. Lavest aktivitet er det i Finnmark, Sogn og Fjordane, Telemark og de to innlandsfylkene.

Vi ser også at det er stor forskjell mellom fylkene på hvor stor andel som er småhusbebyggelse og boligblokker. I de fylkene med en stor andel større byer, bygges det mer boligblokker, mens det bygges en større andel småhus i mer landlige strøk. Ikke overraskende er andelen boligblokker høyest i Oslo, og deretter følger Troms, Akershus og Trøndelag.

Figur 2.3 Antall fullførte kvadratmeter etter formål i 2018



Kilde: Statistisk sentralbyrå

2.1 Klimagassutslipp

Byggenæringens bidrag til klimagassutslipp kommer fra flere forskjellige kilder. Klimagassutslipp som tilskrives byggenæringen, både direkte og indirekte, kommer blant annet fra utvinning av råmaterialer og bearbeiding av dem til byggematerialer (inkludert energibruk i disse prosessene), transport, tjenester, selve byggingen og energibruk i det ferdigstilte bygget over byggets levetid. Alle de overnevnte kildene til klimagassutslipp med unntak av de to sistnevnte kan skje i andre land enn Norge.

Klimagassutslipp fra byggenæringen

Hvor mye klimagassutslipp som kan tilskrives kun byggenæringen i Norge, finnes det ingen helhetlig og god statistikk for.⁴ Videre presenteres statistikker og funn for forskjellige «biter» av norsk byggenærings klimabidrag, som samlet sett gir et mer helhetlig bilde. Dette omfatter direkte utslipp fra bygge- og anleggsplassen (det finnes ikke tall for bygg og anlegg hver for seg), og klimagassutslipp fra andre næringer som utløses som følge av aktivitet i norsk byggenæring i Norge og utlandet, og tilgjengelig statistikk for klimagassutslipp fra energibruk i bygg.

⁴ SSBs offentlige statistikk for klimagassutslipp etter næring skiller ikke på byggenæringen og anleggsnæringen. Dette skyldes særlig at de store aktørene innen bygg og anlegg har hovednæring innen bygg, selv om store

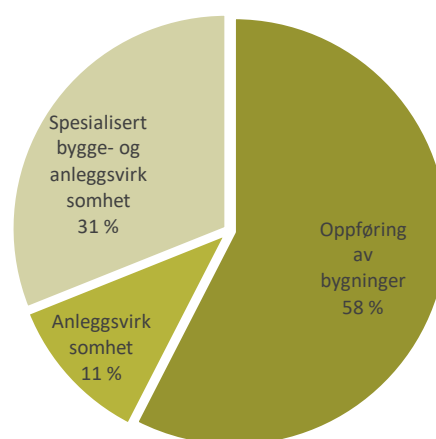
deler av aktiviteten er anlegg, slik at tallene ikke gir et riktig bilde av utslippene fra bygg og anlegg hver for seg (SSB ved Trude M. Bothner i epost).

Når det gjelder klimagassutslipp kun fra bygg og anleggsnæringen, altså fra bygge- og anleggsplass, stod næringen for utslipp av 1960 tusen tonn CO₂-ekvivalenter⁵ i 2018⁶. Dette utgjør 2,6 prosent av samlet klimagassutslipp fra norsk økonomisk aktivitet⁷, inkludert husholdninger. De siste ti årene har gjennomsnittlig årlig økning i klimagassutslipp fra økonomisk aktivitet i bygg og anlegg vært lavere enn totale utslipp i Norge, og de siste tre årene har klimagassutslipp fra bygg og anlegg i snitt så vidt gått ned, mens den samlet sett har økt. Denne statistikken skiller dog ikke på byggenæringen og anleggsnæringen.

I mangel på et slikt skille, har Asplan Viak (2019) brukt SSBs statistikk for bruttoinvesteringer innen hhv. bygg og anlegg for å finne et anslag på fordelingen mellom dem, uten at en kan si at det tilsvarer fordelingen av klimagassutslipp. De finner at oppføring av bygninger bidrar med 58 prosent av bygge- og anleggssektoren i Norge, spesialisert bygge- og anleggsvirksomhet⁸ bidrar med 31 prosent og anleggsvirksomhet med 11 prosent (Figur 2.4). Av bygg og anlegg, er dermed byggenæringen det største bidraget.

Asplan Viak (2019) har også kartlagt årlige klimagassutslipp som kan knyttes til aktivitet i bygg- og anleggssektoren i Norge (for eksempel produksjon av materialer), og fra import og eksport.

Figur 2.4 Fordeling av bruttoinvesteringer innen bygg og anlegg, i millioner kroner. 2017



Kilde: SSB statistikkbanken, tabell 08007. Asplan Viak (2019).

De finner at klimagassutslipp i andre sektorer som følge av aktivitet innen bygg og anlegg i Norge er det viktigste elementet i det nasjonale klimabidraget til bygg og anlegg, og dette står for 4 236 tusen tonn CO₂-ekvivalenter (s.7). Av dette er omtrent halvparten av bidraget fra produksjon av byggevarer i Norge (2 300 tusen tonn CO₂-ekvivalenter) (Asplan Viak, 2019, ss. 7-8). Dette inkluderer alt fra materialproduksjon, transport av råvarer og byggematerialer og tjenester tilknyttet bygg. Legger vi til import, bidrar produksjon av byggevarer i utlandet som

⁵ CO₂-ekvivalenter referer til utslipp av forskjellige klimagasser, som CO₂, metan, lystgass osv., veid sammen i forhold til deres påvirkning på drivhuseffekten med en GWP-verdi (Global Warming Potential). En enhet GWP tilsvarer effekten av ett tonn CO₂-utslipp på global oppvarming. Metan og de andre klimagassene har høyere GWP-verdi, slik at utslipp av ett tonn metan omregnet til CO₂-ekvivalenter blir 25 CO₂-ekvivalenter (SSB, 2019).

⁶ SSB statistikkbanken, tabell 09288 (klimagassutslipp fra norsk økonomisk aktivitet). Her inngår klimagassutslipp på bygg- og anleggsplass, utslipp fra energiprodukter som av kjøpt av denne sektoren, utslipp av hydro fluor karboner i klima/kjølesystemer, smøremidler, asfaltering og løsemid-

ler, og transport når kjøretøy er eid av entreprenør underlagt denne sektoren (Asplan Viak, 2019; SSB ved Trude M. Bothner i epost).

⁷ Utslipp fra norsk økonomisk aktivitet. Det vil si utslipp av klimagasser fra norsk næringsvirksomhet uavhengig av hvor i verden utslippene skjer. Hoveddelen av denne posten er klimagassutslipp på norsk territorium, deretter norsk utenriks sjøfart, luftfart og til slutt norsk økonomisk aktivitet i utlandet (SSB, 2015).

⁸ De fleste av bidragene her kan tilskrives bygg, for eksempel grunnarbeid, rørarbeid, VVS-arbeid, elektrisk installasjonsarbeid, maler- og snekkerarbeid (Asplan Viak, 2019, s. 13).

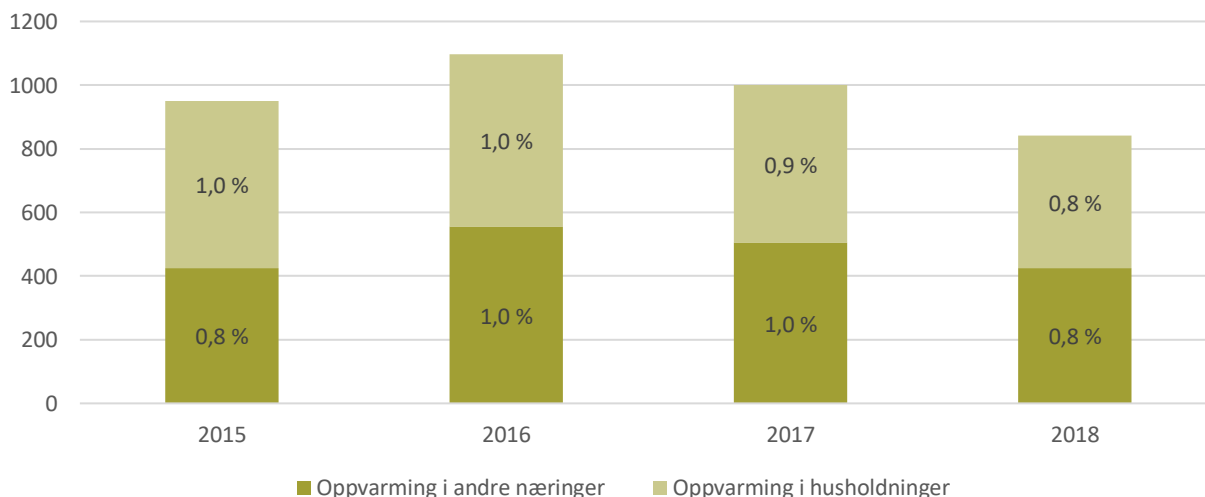
knyttet til aktivitet i bygg- og anlegg i Norge med ytterligere 5 800 tusen tonn CO₂-ekvivalenter, hvorav 52 prosent kommer fra produksjon av byggevarer (Asplan Viak, 2019, s. 9). Fra byggevarer (både produksjon i Norge og i utlandet) er produksjon av andre ikke-metallholdige mineralprodukter, som betongprodukter og flere isolasjonsprodukter, det største klimagassbidraget.

Energiforbruk og klimagassutslipp

Oppvarming i husholdningene i eksisterende boliger bidro med direkte utslipp av 841 tusen tonn CO₂-ekvivalenter i 2018, omtrent halvparten av klimagassutslippet fra oppvarming i Norge i 2018, og litt under 1 prosent av det samlede klimagassutslippet fra norsk territorium i 2018 (Figur 2.5). Klimabidraget fra oppvarming har gått noe ned siden 2016.

Husholdningene bruker omtrent 68 000 GWh energi årlig⁹, totalt for alle energikilder. Husholdningenes netto forbruk av elektrisk kraft er på 38 500 GWh, det vil si 30 prosent av det samlede nettoforbruket av elektrisk kraft i Norge i 2018¹⁰. Nettoforbruket i alt av elektrisk kraft i husholdninger per innbygger er høyest i Finnmark, Troms og Nordland, og lavest i Oslo, Trøndelag og Vest-Agder.¹¹ Hoveddelen av energiforbruket i husholdningene er basert på elektrisitet (60 prosent), deretter olje og oljeprodukter (omtrent 30 prosent), biobrensler (omtrent 10 prosent), varme (som fjernvarme og solvarme, omtrent 2 prosent) (Figur 2.6). Når det gjelder klimagassutslipp fra oppvarming i husholdningene, står ved for litt over halvparten, mens resten så å si kan tilskrives fossile brensler i eksisterende bygg (ikke tillatt i nybygg) (Figur 2.7).

Figur 2.5 Klimagassutslipp fra oppvarming i 1000 tonn CO₂-ekvivalenter og andel av samlet utslipp fra norsk territorium.



Note: Andre næringer omfatter primærnæringer, bygg- og anleggsvirksomhet og tjenesteytende næringer.
Kilde: SSB statistikkbanken, tabell 08940

⁹ Foreløpige tall for 2018, forbruket var litt over 68 000 GWh i 2017. SSB statistikkbanken, tabell 11558

¹⁰ SSB statistikkbanken, tabell 08311

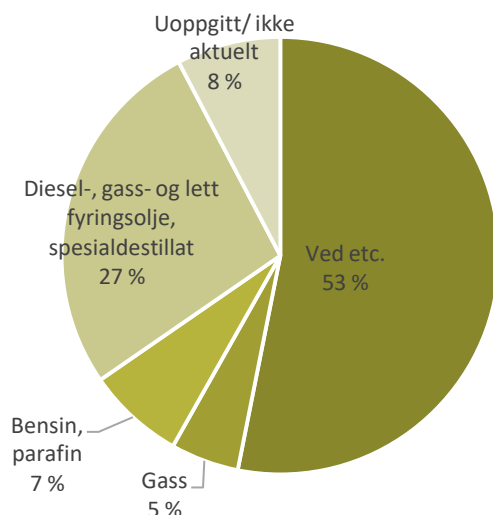
¹¹ I 2018, SSB statistikkbanken, tabell 08313

Figur 2.6 Forbruk av energi i husholdningene etter energiprodukt, i prosent. 2018



Kilde: SSB statistikkbanken, tabell 11558

Figur 2.7 Fordeling av klimagassutslipp fra oppvarming i husholdninger etter energiprodukt, i prosent. 2018



Kilde: SSB statistikkbanken, tabell 08940.

2.2 Dagens lovverk

Det viktigste lovverket for bygg er plan- og bygningsloven og den tilhørende byggt teknisk forskrift (TEK) som omfatter alle nye bygg og eksisterende bygg ved omfattende rehabilitering. Nåværende forskrift om energieffektivitet, kapittel 14 i TEK17 er i format i stor grad uendret siden 2007, men det er innført gradvis strengere krav til energieffektivitet av bygninger, senest 1.1.2016.

EUs bygningsenergidirektiv (EPBD) krever at det settes energikrav til bygg som innebærer at byggene blir såkalte nesten nullenergibygg (nNEB) fra 2020. Den første EPBD, fra 2002, er implementert i norsk rett, men det reviderte direktivet, EPBD II er foreløpig ikke implementert i EØS-avtalen og norsk lov. Direktivet kan imidlertid forventes å bli implementert i EØS-avtalen og at Norge dermed må utforme energikrav til bygg i henhold til rammene som gis i direktivet. De viktigste premisene for fastsettelse av krav i direktivet er at:

- det skal stilles strenge krav til både bygningskroppen (byggets energiytelse) og bygningens tekniske systemer (inkl. energiforsyning)
- krav til dekning av energibehovet skal fastsettes med utgangspunkt i byggets primærenergibehov
- energibehovet skal i svært stor grad dekkes fra fornybare kilder
- kravene skal baseres på samfunnsøkonomiske beregninger

I EPBD II vises det til at bygninger står for 40 prosent av det totale energiforbruket i EU, og at sektoren vokser, noe som igjen vil føre til økt energifor-

bruk¹². I lys av dette er det viktig å gjøre tiltak for å redusere energiforbruket og sikre fornybare energikilder for å redusere energiavhengigheten og klimagassutslipp fra sektoren. Ifølge Thema (2017) er en viktig begrunnelse for å sette strenge krav til bygningskroppen å unngå løsninger som låser brukerne av bygget til høye energibruksnivåer på lang sikt, ettersom bygg har lang levetid mens fremtidens energipriser er svært usikre (s. 2). EPBD II definerer nNEB som bygninger med svært høy energiytelse, og denne skal i svært høy grad dekkes av fornybare energikilder (EPBD II, artikkel 2, andre ledd).

Endrede energikrav til bygninger kan ha store privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske konse-

kvenser (Thema, 2017). Uheldige krav kan føre til at utbygger påføres unødig høye kostnader som ikke motsvares av en samfunnsøkonomisk gevinst. Likeledes kan ensidig fokus på energikrav føre til andre samfunnsøkonomiske kostnader som er høyere enn den gevinsten som lavere energibruk gir. Dette kan for eksempel være i form av dårlige inneklima eller økt materialforbruk. Gjennom en samfunnsøkonomisk analyse av endrede krav vil man ta hensyn også til andre kostnader og nytte som påføres aktørene, og kan vurdere om nettoeffekten er positiv, dvs. om endringen er samfunnsøkonomisk lønnsom.

¹² Se <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>

3 Foreslåtte endringer i byggt teknisk forskrift (TEK17)

Med de foreslåtte endringene i forskriften ønskes det å oppnå et rammeverk som er mer fleksibelt og muliggjør mer individuelle løsninger.

Forslaget til endring i forskriften omhandler kapittel 9 og 14. Endringene i kapittel 9 er hovedsakelig presiseringer, justeringer og tilføyinger i eksisterende paragrafer. Endringene i kapittel 14 er mer omfattende. Videre i dette kapittelet gjennomgår vi endringene i forskriften. Forslaget i sin helhet er beskrevet i mer detalj i vedlegg 1.

3.1 Kapittel 9. Ytre miljø

§ 9-2. Helse og miljøfarlige stoffer

I ny forskrift lyder det: «Det skal velges kjemiske produkter uten eller med lavt innhold av helse- eller miljøfarlige stoffer og faste produkter som inneholder mindre enn 0,1 vektprosent av stoffer på den norske prioritetslisten eller REACH kandidatlisten». Nåværende TEK17 setter krav til at det «skal velges produkter uten eller med lavt innhold av helse- eller miljøskadelige stoffer». Endringen innebærer at dette nå gjelder spesifikt for kjemiske produkter, ikke produkter generelt, og det er lagt til at det skal velges «faste produkter som inneholder mindre enn 0,1 vektprosent av stoffer på den norske prioritetslisten eller REACH kandidatlisten».

Den norske prioritetslista omfatter kjemikalier som regnes for å utgjøre en alvorlig trussel mot helse og miljø. Målet er at bruk og utslipp av disse stoffene skal fases ut (Miljødirektoratet, 2019). REACH kandidatlisten under EUs kjemikalierregelverk omfatter kjemikalier som kan ha skadelig effekt på mennesker og/eller miljøet.

Nåværende formulering «uten eller med lavt innhold» gjør at hva som er den faktiske grensen er opp til tolkning, mens nå er det satt en maksverdi for faste produkter.

§ 9-5. Byggavfall

Tillegg i punkt (2): «, og bygningen skal prosjekteres og tilrettelegges for senere demontering».

«Vanlig» rehabilitering og riving av bygg innebærer at byggelementer og -materialer knuses, kuttet, og fjernes på en slik måte at det blir ødelagt eller forringet, og ikke er egnet til videre ombruk. Slikt rive-materiale er i mindre grad egnet for sortering og materialgjenvinning, og blir i større grad blandet avfall/restavfall. Ved at et byggs komponenter skal kunne demonteres heller enn å rives ved rehabilitering og riving, legges det til rette for økt ombruk og materialgjenvinning. Med dette understrekes det at bygg og anleggsnæringen skal strekke seg mot en sirkulærøkonomi.

Endringen medfører at det sannsynligvis i større grad prosjekteres bygninger med

- elementer som er enklere å ta fra hverandre uten at materialer ødelegges, for eksempel bolter og skruer i stedet for lim
- elementer som i større grad består av en eller få materialer, som at hulldekker ikke får påstøp
- elementer som er enklere å flytte/løfte av bygningskroppen og som er enklere å transportere, blant annet som at det festes løft på elementet

Samtidig er det uklart hva det faktisk innebærer å prosjektere og tilrettelegge for senere demontering – hva som kreves utover dagens praksis. Forskjellige byggherrer og entreprenører vil kunne ha forskjellig tolkning og praksis.

§ 9-6. Avfallsplan

Denne angir hvilke tiltak som skal lage avfallsplan. Første ledd bokstav a) til c) utløser krav om avfallsplan dersom tiltaket er over grensen i størrelse (BRA). Bokstav d) slår inn for tiltak som genererer over 10 tonn byggavfall.

Under første ledd, bokstav d), er ordet «bygninger» lagt til: «oppføring, tilbygging, påbygging, underbygging, endring eller riving av *bygninger*, konstruksjoner og anlegg dersom tiltaket genererer over 10 tonn bygg- og rivningsavfall».

Dersom «konstruksjoner» i praksis blir tolket som bygninger, er endringen i d) kun en presisering, og vil ikke ha betydning for hvilke tiltak som lager avfallsplan (og medfølgende krav).

Dersom dagens formulering i d) er tolket som ikke å omfatte bygninger, vil endringen medføre en reell endring for tiltak på bygninger som er under grensen i BRA, og over grensen på 10 tonn generert avfall. I praksis vil endringen da medføre en skjerpelse for rehabiliteringsprosjekter.

§ 9-8. Avfallssortering

Forslaget er å endre kravet fra at minimum 60 vektprosent til minimum 70 vektprosent «av avfallet som oppstår i tiltak i § 9-6 første ledd skal sorteres i ulike avfallstyper og leveres til godkjent avfallsmottak eller direkte til gjenvinning».

Endringen er en skjerpelse i kravet til avfallssortering, og sees i sammenheng med EUs avfallsdirektiv under pakken for sirkulærøkonomi, som sier at minst 70 prosent av bygg- og anleggsavfall skal tilrettelegges for ombruk, gjenvinning eller liknende (European Commission, 2019).

Endringen medfører at utbyggere som ikke allerede oppfyller 70-prosentkravet, må tilpasse seg for å oppfylle det nye kravet. Da vil sorteringsgraden på byggavfall økes.

3.2 Kapittel 14. Energi og klimagassutslipp

§ 14-1. Generelle krav

Forslag til første ledd lyder: «Bygninger skal prosjekteres og utføres slik at det tilrettelegges for forsvarlig energibruk og forsvarlig klimagassutslipp», hvor siste del av setningen er ny («tilrettelegges for forsvarlig klimagassutslipp»). Dette innebærer en utvidelse av kravet til også å omfatte klimagassutslipp. Hvorvidt det i praksis vil medføre en skjerpelse av klimagassutslipp, er noe usikkert.

Annet ledd, (2), er endret fra

«Energikravene gjelder for bygningens oppvarmede bruksareal (BRA)» til «Kapittel 14 gjelder for bygninger med oppvarmet bruksareal (BRA)». Oppvarmet bruksareal (BRA) kan være mindre enn bygningens bruksareal, fordi blant annet garasje og utvendig bod ofte ikke regnes med i oppvarmet bruksareal.

§ 14-2. Energibehov og klimagassutslipp

En viktig endring her er at kravene for ytelsene er endret til varmetapstall og at energiramme gjelder totalt levert energibehov for bygningen. I nåværende forskrift gjelder kravene for bygningens totale netto energibehov (se forslag til nye krav til varmetapstall og energiramme i vedlegg 1).

Netto energibehov er byggets behov for energi, uten hensyn til virkningsgraden i energisystemet eller tap i energikjeden, etter NS3031¹³. Det vil si byggets behov for energi til alt fra oppvarming, lys, kjøling med mer. Endringen til totalt levert energibehov er å «ta ett steg ut» i forhold til bygningskroppen. Levert energibehov er energien som er nødvendig å tilføre for å dekke byggets netto energibehov inkludert

¹³ Se <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-2/>

dert virkningsgraden i energisystemet og tap i energikjeden, det vil si kjøpt energi. Alt annet likt, kan endringen til levert energi innebære en skjerpelse relativt til netto energi, men dette avhenger av energiforsyningssystemet. Det er ikke en skjerpelse dersom systemvirkningsgraden for varme er høyere enn 1,05. Energimerking av bygninger gjelder levert energi.

Kravene i nye §14-2 kan oppfylles på flere måter. Hovedmetoden, som gjelder for alle bygg, oppfylles ved å tilfredsstille kravene til varmetapstall, energiramme for totalt levert energibehov, og minimumsnivå for bygningskomponenter. Minimumsnivåene i forslaget til ny §14-2 tilsvarer nivåene i TEK17 §14-3, (1) a).

En annen viktig endring fra nåværende TEK17, er at boligblokker og yrkesbygg kan se bort ifra kravene til minimumsnivå ved heller å oppfylle krav til klimagassutslipp fra byggets materialer (ny § 14-2, femte ledd). Akkurat hva kravet skal være, er ikke satt i skrivende stund, men DiBK har indikert at det vil innebære en reduksjon i klimagassutslipp på ca. 20 prosent relativt til dagens nivå. I mangel på et fastsatt krav har denne utredningen tatt utgangspunkt i en referanse for dagens nivå beregnet av Erichsen & Horgen. Referansen er basert på vanlig praksis for utarbeidelse av referansebygg i Norge p.t. Vedlegg 1, kapittel 6.1.1 viser at denne referansen for dagens klimagassutslipp for kontorbygg er 4,3 kg CO₂-ekvivalenter/m² BTA/år, og tilsvarende for boligblokk er 5,7. En reduksjon på 20 prosent i klimagassutslipp fra byggematerialer relativt til denne referansen vil gi 3,4 og 4,5 kg CO₂-ekvivalenter/m² BTA/år for henholdsvis kontorbygg og boligblokk.

Tiltaksmetoden for småhus er lik nåværende tiltakspakke i TEK17 §14-2, (2), med unntak av at omfordeling ikke lenger er tillatt. Tiltaksmetoden for boligblokk er fjernet fra forskriften.

§ 14-3. Tilleggskrav for boligblokk og yrkesbygning

I forhold til TEK17, er det i forslaget lagt til krav for boligblokk og yrkesbygg om at det skal «utarbeides et klimagassregnskap basert på metodikken i NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger. Klimagassregnskapet skal som minimum inkludere modulene A1-A3 og B4-B5 for bygningselementene angitt i § 14-2 tabell Bygningsdeler. Kjelleretasje skal ikke tas med i beregningene».

§ 14-4. Energiforsyning

Andre ledd setter krav til bygninger med over 1000 m² oppvarmet BRA. Kravet er endret fra at de skal ha «energifleksible varmesystemer» til at:

- Bygningen skal ha sentral varmesentral tilrettelagt for alternative lavtemperatur energiforsyningsløsninger.
- Varmesentralen skal være tilknyttet et varmedistribusjonssystem som kan levere bygningens behov for ventilasjonsvarme og romoppvarming, eller som kan levere minimum 60 % av bygningens brutto energibehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmt tappevann.

Videre er fjerde ledd, om krav til at boenheter i småhus skal oppføres med skorstein, fjernet.

4 Samfunnsøkonomisk vurdering

De foreslåtte endringene i byggteknisk forskrift (TEK17) kan få konsekvenser for flere aktører i samfunnet. For å få oversikt over alle konsekvensene har vi gjennomført en samfunnsøkonomisk analyse.

En samfunnsøkonomisk analyse er en nyttig metode for å identifisere og synliggjøre virkninger og konsekvenser av hvordan en endring (her endring i TEK17) påvirker ulike grupper i samfunnet.

Samfunnsøkonomiske analyser benyttes ofte for å vurdere bruken av det offentlige knappe ressurser og for å vurdere hvordan ulike tiltak slår ut i resten av samfunnet.

Det er ofte utfordrende å identifisere og kvantifisere alle virkninger. For å sikre at ulike analyser kan sammenlignes er det utviklet en felles metodikk for slike analyser.¹⁴ Dette gir et godt rammeverk for på en systematisk måte å kartlegge, sammenligne og vurdere virkninger som oppstår ved ulike prosjekter og politiske valgalternativer. Se for øvrig kapittel 1.2 for en nærmere gjennomgang av metodikk.

4.1 Presisering og avgrensning av oppdraget

For å analysere de samfunnsøkonomiske konsekvensene av endringer i TEK, tar vi utgangspunkt

i tre eksempelbygg for henholdsvis småhus, boligblokk og kontorbygg. De tre referansebyggene tar utgangspunkt i modellbygg som er en modifisering av tidligere modellbygg (også kalt «SINTEF-kassa») som er utarbeidet for energikravene til TEK17.

I Tabell 4.1 presenterer vi sentrale verdier for utforming av disse referansebyggene. Ytterligere detaljer om byggenes utforming, kvaliteter til bygningskroppen og forutsetninger om materialbruk er dokumentert i vedlegg 1.

Byggets størrelse

For boligblokk og kontorbygg avhenger kravet til energiforsyning (varmetapstallet) av størrelsen på bygget, mens kravet til energirammen (levert energi) er den samme uavhengig av størrelsen på bygget. Utvelgelsen av eksempelbyggene innebærer at vi ser på endringer for boligbygg som er mindre eller lik (\leq) 1000 m² BRA og kontorbygg som er større enn ($>$) 1000 m² BRA. Kravene for småhus er uavhengige av størrelsen på bygget.

Tolkning av resultater

Resultatene i rapporten presenteres for de utvalgte eksempelbyggene og utformingen av disse i tråd med referansebyggene. For enkelte virkninger vil

Tabell 4.1 Sentrale data for referansebyggene som er benyttet i energi- og klimagassmodellene

	Småhus	Boligblokk	Kontorbygg
Brutto areal BTA	180 m ²	986 m ²	3 800 m ²
Oppvarmet BRA	160 m ²	900 m ²	3 600 m ²
Oppvarmet luftvolum	459 m ³	2 430 m ³	11 520 m ³
Areal yttervegg	192 m ²	471 m ²	732 m ²
Areal tak	88 m ²	300 m ²	1 200 m ²
Areal gulv	80 m ²	300 m ²	1 200 m ²
Areal vinduer og dører	40 m ²	225 m ²	900 m ²
Andel vinduer og dører / BRA	25 %	25 %	25 %

Kilde: Erichsen & Horgen, vedlegg 1.

¹⁴ Finansdepartementet (2014) og Direktoratet for økonomistyring (2018), heretter DFØ (2018)

byggningsformen og byggets formfaktor kunne ha en påvirkning på resultatene. Analysen av de samfunnsøkonomiske virkningene er basert på byggt tekniske beregninger gjennomført av Erichsen & Horgen, og resultatene herfra er gjengitt i vedlegg 1 til denne rapporten.

4.2 Nullalternativet

Nullalternativet beskriver dagens situasjon og forventet utvikling i fravær av nye tiltak. Det er imidlertid viktig å poengtere at nullalternativet ikke kun er dagens situasjon, da den også inkluderer allerede vedtatt politikk (regelverk og lover) og eventuelle endringer i markedet som med stor sannsynlighet kan forventes å finne sted i analyseperioden. Nullalternativet skal fungere som et sammenlikningsgrunnlag for virkningene som oppstår av å gjennomføre de ulike tiltakene.

I nullalternativet i analysen legger vi dermed til grunn at de tre referansebyggene oppfyller kravene til dagens TEK17. Som forklart ovenfor innebærer dette en tilpasning av byggningsform, formfaktor og energikrav.

4.2.1 Forutsetninger i analysen

For å anslå størrelsen på antatte virkninger har vi lagt til grunn forutsetninger om diskonteringsrente og skattefinansieringskostnader i tråd med veilederen i samfunnsøkonomiske analyser (DFØ, 2018).

I samfunnsøkonomiske analyser av større investeringsprosjekter er det vanlig å legge til grunn en analyseperiode på 40 år. Dette handler blant annet om forventet levetid på investeringer og at de poten-

sielle nyttevirkningene skal slå inn før analyseperioden er over.

Ettersom vi i dette prosjektet tar for oss kostnader og nytte knyttet til eksempelbyggene beskrevet i avsnitt 0 er det her relevant å beregne virkninger i byggenes levetid. Til referansebyggene er det lagt til grunn levetid¹⁵ på 60 år. Som følge av dette har vi lagt til grunn en analyseperiode på 60 år i denne analysen.

Tabell 4.2: Forutsetninger i analysen

	Forutsetning
Analyseperiode	60 år
Verdsetningsår	2019-kroner
Diskonteringsrente	4 prosent
Skattefinansieringskostnader	20 prosent

Kilde: DFØ

4.3 Beskrivelse av tiltakene

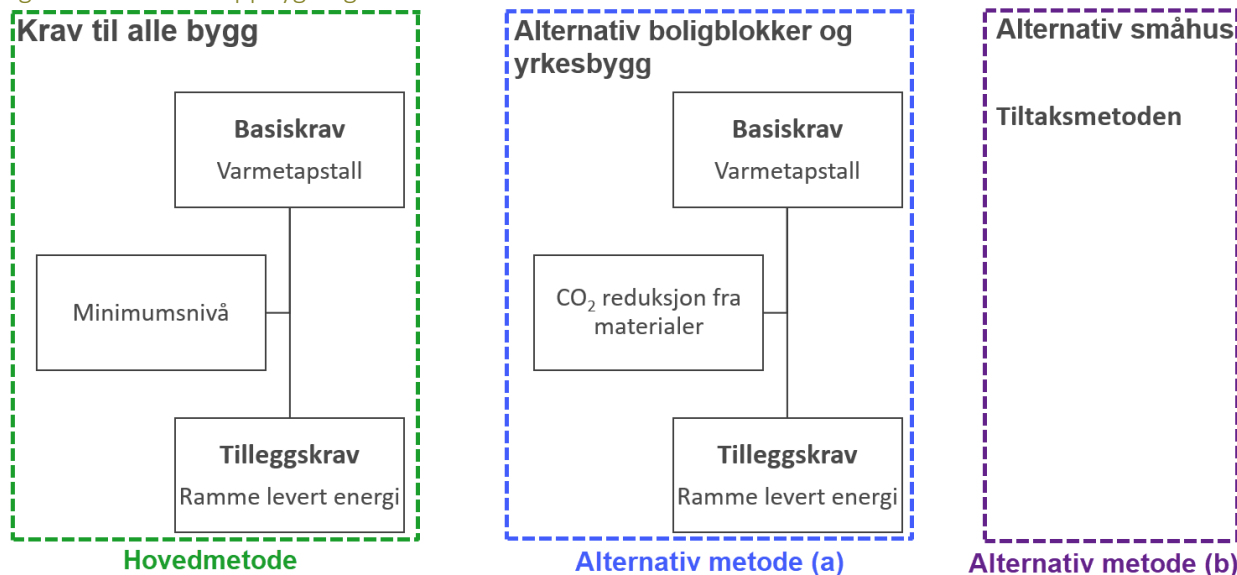
De foreslåtte endringene i TEK17 åpner opp for flere måter å tilpasse seg de nye kravene på. En stor del av dette prosjektet har derfor vært å utforske disse tilpasningsmulighetene. Dette er gjennomført av Erichsen & Horgen og beskrevet i detalj i vedlegg 1.

Overordnet er det to mulige metoder for å oppfylle kravene. Dette er illustrert i Figur 4.1.

Hovedmetoden: Det vi kaller «Hovedmetoden» innebærer at bygget (småhus, boligbygg og kontorbygg) oppfyller kravene til varmetapstall og levert energi i §14-2 (første ledd), samt holder seg innenfor minimumsnivåene i §14-2 (fjerde ledd).

¹⁵ NS 3720.

Figur 4.1 Foreslått oppbygning av krav for å tilfredsstille nNEB



Kilde: Erichsen & Horgen

Alternativ metode (a) – boligblokk og yrkesbygg: Den nye forskriften åpner også opp for at minimumsnivåene i §14-2 (fjerde ledd) ikke gjelder dersom det kan dokumenteres at klimagassutslipp fra bygningens materialbruk ikke overstiger et gitt nivå. I denne utredningen antar vi, basert på Erichsen & Horgens utredning, at dette nivået er 4,5 kg CO₂-ekvivalenter per m² BTA per år for boligbygg og 3,4 kg CO₂-ekvivalenter per m² BTA per år for kontorbygg. Dette innebærer en reduksjon i klimagassutslippene på 20 prosent sammenlignet med referansenivået. Dette kaller vi «Alternativ metode (a)», jf. Figur 4.1.

Alternativ metode (b) - småhus: Det alternative sporet for småhus tilsvarer tiltakspakken i §14-2 (andre ledd) i dagens TEK17, med unntak av at omfordeling mellom tiltak ikke lenger er tillatt.

4.3.1 Valg av tiltak

I utredningen har vi begrenset oss til å vurdere et utvalg av tekniske løsninger og kombinasjoner av utvelser på klimaskallet for ulike bygningstyper (småhus, boligblokker og kontorbygg). Hensikten har

vært at utvalget skal representere både hvordan dagens praksis kan utfordres og hva som antas å være mest sannsynlig valgt løsning.

Innenfor de to metodene (hovedmetoden og alternativ metode) har vi videre avgrenset oss til å se på tiltak som oppfyller varmetapstallene og levert energi hver for seg. Kravet om levert energi er det samme i de to metodene, mens de to metodene åpner opp for ulike måter å tilpasse seg varmetapstallene på. Dette gir oss overordnet følgende tiltak:

- **Oppfylle varmetapstall – Hovedmetoden:** Gjelder for alle bygningstyper.
- **Oppfylle varmetapstall – Alternativ metode (a):** Gjelder for boligblokker og yrkesbygg. Åpner opp for at man ikke trenger å oppfylle minimumsnivåene i §14-2 (fjerde ledd).
- **Redusere klimagassutslipp gjennom endret materialbruk – alternativ metode (a):** Gjelder for boligblokker og yrkesbygg. Avvik fra minimumsnivåene i §14-2 (fjerde ledd) gir tilleggskrav om å redusere klimagassutslipp fra materialbruk.

- **Oppfylle krav om levert energi – Både hovedmetoden og alternativ metode (a):** Kravene om levert energi gjelder for alle bygningstyper.
- **Omfordeling ikke lenger tillatt for småhus – alternativ metode (b).** Den foreslåtte tiltaksmetoden for småhus (alternativ metode b) er identisk med nåværende tiltakspakke gitt i TEK17 §14-2 (andre ledd), med unntak av at omfordeling ikke lenger er tillatt.

De ulike alternativene, utfallsrom og virkninger er beskrevet i de neste avsnittene.

Oppfylle varmetapstall – hovedmetoden

Tabell 4.3 illustrerer varmetapstallet for klimaskall for henholdsvis boligblokk, kontor og småhus for å oppfylle kravene i dagens TEK17 og hvordan kravet er i forslag til revidert TEK. Bygningene tar utgangspunkt i referansebyggene for de ulike bygningstypene.

For kontorbygg viser beregningen at referansebygget tilfredsstiller basiskravet til varmetapstall i forslag til reviderte energikrav i teknisk forskrift uten ytterligere forbedring. Forslag til reviderte energikrav i TEK medfører med andre ord ingen endringer i kvalitet på klimaskall for kontorbygg.

For boligblokk viser beregningen at referansebygget ikke tilfredsstiller basiskravet i forslag til reviderte energikrav i TEK på 0,46. Som beskrevet i vedlegg 1 kan varmetapstallet tilfredsstilles enten ved å redusere luftlekkasjetall eller ved å redusere normaliserte kuldebroverdier uten vesentlige kostnadsøkninger.

For småhus viser beregningene at referansebygget har et lavere varmetapstall sammenlignet med basiskravet i forslag til reviderte energikrav i TEK. Dette innebærer at det vil være mulig å redusere

kvaliteten på deler av klimaskallet, men små endringer sammenlignet med dagens TEK.

Tabell 4.3 Sammenstilling av varmetapstall* for boligblokk, kontor og småhus basert på referansebyggene ved TEK17 og forslag til ny TEK

	Boligblokk ≤1000 m ²	Kontor >1000 m ²	Småhus (tiltakspakken)
TEK17	0,48	0,42	0,63
Forslag ny TEK	0,46	0,42	0,64

Note: Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon
Kilde: Erichsen og Horgen (Vedlegg 1)

Oppfylle varmetapstall – alternativ metode (a)

Dersom det kan dokumenteres at rammekravene til CO₂-utslipp er tilfredsstillt for bygget, kan man velge å se bort fra minimumskravene i §14-2 (fjerde ledd). Totalt varmetapstall må imidlertid fremdeles tilfredsstilles.

En hypotese er at det vil være attraktivt å legge seg på minimumsnivå for yttervegg, idet yttervegg utgjør en vesentlig arealandel av bygningskroppen. Reduksjon i isolasjonstykkelse kan bidra til økonomisk besparelse i materialer i tillegg til at man får en økning i antall kvadratmeter (BRA). Dette alternativet gjelder kun for boligblokk og kontorbygg.

I Tabell 4.4 og Tabell 4.5 oppsummeres mulige kombinasjoner av kvaliteter på klimaskallet for å tilfredsstille varmetapstallet innenfor alternativ metode (a). Vi har her tatt for oss to utforminger for boligblokk (A og B) og to utforminger for kontorbygg (A og B).

I tabellene videre i rapporten er det benyttet ulike fargekoder. **Røde tall** markerer en reduksjon i kvalitet sammenlignet med TEK17 referanse, **grønne tall** indikerer en bedring i kvalitet sammenlignet med TEK17 referanse og **oransje tall** indikerer en endring som kan ha negativ konsekvens for andre tekniske krav.

Tabell 4.4 «Oppfylle varmetapstall – alternativ metode (a)» - Mulige variasjoner av kvalitet på klimaskall for boligblokk ≤1000 m² BRA ved bruk av alternativ metode (a) hvor minimumsverdier til bygningskomponenter i §14-2 (4) ikke trenger å tilfredsstilles. Tall oppgitt per bygg.

	Bolig TEK17	Boligblokk A	Boligblokk B
Luftlekkasje ved 50 Pa [h ⁻¹]	0,6	0,4	0,4
Kuldebroer [W/m ² K]	0,07	0,05	0,05
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,18	0,30	0,28
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,13	0,11
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,10	0,10	0,09
U-verdi vindu/dør [W/m ² K]	0,80	0,80	0,80
Andel vinduer og dører / BRA [%]	25	15	20
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon	0,48	0,46	0,46
Netto energi [kWh/m ²]	91,3	95,1	93,3
Merkostnad* [kr]	-	- 530 000	- 290 000
Endret BRA* [m ²]	-	~15	~13

Kilde: Erichsen & Horgen

Tabell 4.5 «Oppfylle varmetapstall – alternativ metode (a)» - Mulige variasjoner av kvalitet på klimaskall for kontor >1000 m² BRA ved bruk av alternativ metode (a) hvor minimumsverdier til bygningskomponenter §14-2 (4) ikke trenger og tilfredsstilles. Tall oppgitt per bygg.

	Kontor TEK17	Kontor A	Kontor B
Luftlekkasje ved 50 Pa [h ⁻¹]	0,6	0,4	0,4
Kuldebroer [W/m ² K]	0,07	0,05	0,05
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,18	0,35	0,35
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,18	0,13
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,10	0,10	0,10
U-verdi vindu/dør [W/m ² K]	0,80	0,80	0,8
Andel vinduer og dører / BRA [%]	25	20	25
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon	0,42	0,42	0,42
Netto energi [kWh/m ²]	114,7	115,8	115,0
Merkostnad* [kr]	-	- 1 280 000	- 360 000
Endret BRA* [m ²]	-	~36	~36

Kilde: Erichsen & Horgen

Oppfylle krav om levert energi

Kravet til levert energi gjelder for både hovedmetoden og alternativ metode, og alle bygningstyper., med unntak for småhus dersom man følger alternativ metode (b). Kravet fører til at det må gjennomføres tiltak innen en eller flere av kategoriene energiforsyning, ventilasjonsanlegg, belysning eller bygningskropp.

I vedlegg 1 utreder Erichsen & Horgen ulike kombinasjoner av tiltak for å tilfredsstille rammekrav til le-

vert energi ved bruk av fjernvarme, tradisjonell varmepumpe og avtrekksvarmepumpe som energiforsyning, samt direktevirkende elektrisitet for småhus¹⁶. De ulike kombinasjonene av tiltak og virkninger av disse på levert energi, tilført effekt, endring i byggekostnader og BRA er oppsummert i Tabell 4.7 for boligblokk, i Tabell 4.6 for kontorbygg og Tabell 4.8 for småhus.

Tabell 4.7 «Oppfylle krav om levert energi - boligblokk» - Oversikt over varmetapstall, virkning på levert energi, tilført effekt, endring i byggekostnader og BRA ved å oppfylle kravet om levert energi i boligblokk med fjernvarme, tradisjonell varmepumpe og avtrekksvarmepumpe

	Referanse TEK17	Fjernvarme	Tradisjonell varmepumpe	Avtrekks- varmepumpe
Varmetapstall	0,48	0,41	0,46	0,46
Levert energi [kWh/m ²]	97	90	73	78
Tilført effekt* ved DUT [kW]	23	21	17	28
Endring byggekostnad [kr]	-	- 90 000	70 000	10 000
Endring i BRA [m ²]	-	- 2	-	7

Note: *Tilført effekt ved romoppvarming og ventilasjonsoppvarming
Kilde: Erichsen og Horgen (Vedlegg 1)

Tabell 4.6 «Oppfylle krav om levert energi - kontor» - Oversikt over varmetapstall, virkning på levert energi, tilført effekt, endring i byggekostnader og BRA ved å oppfylle kravet om levert energi i kontor med fjernvarme, tradisjonell varmepumpe og avtrekksvarmepumpe

	Referanse TEK17	Fjernvarme	Tradisjonell varmepumpe	Avtrekks- Varmepumpe V01	Avtrekks- Varmepumpe V02
Varmetapstall	0,42	0,41	0,42	0,40	0,32
Levert energi [kWh/m ²]	110	105	95	105	105
Tilført effekt* ved DUT [kW]	87	90	59	235	255
Redusert el-spesifikt effektbehov*		-9			
Endring byggekostnad [kr]	-	1 190 000	150 000	2 580 000	2 480 000
Endring i BRA [m ²]	-	-	-	-	-

Note: *mer effektivt belysningssystem reduserer el-spesifikt effektbehov men gjør at varmeanlegget må tilføre mer effekt til oppvarming. Samlet sett reduseres effektbehovet.
Kilde: Erichsen og Horgen (Vedlegg 1)

¹⁶ Siden en relativt liten andel av bygningsvolumet for småhus kan benytte fjernvarme er ikke dette undersøkt videre.

Tabell 4.8 «Oppfylle krav om levert energi - småhus» - Oversikt over varmetapstall, virkning på levert energi, tilført effekt, endring i byggekostnader og BRA ved å oppfylle kravet om levert energi i småhus med fjernvarme, tradisjonell varmpumpe og avtrekksvarmpumpe

	Referanse TEK 17	Elektrisitet	Ildsted	Tradisjonell varmpumpe	Avtrekks- varmpumpe
Varmetapstall	0,63	0,61	0,60	0,64	0,64
Levert energi [kWh/m ²]	112	110	110	102	88
Tilført effekt ved DUT [kW]	6	5,9	5,8	4,6	9,1
Redusert el-spesifikt effektbehov*			-1,2		
Merkostnad [kr/m ²]		-75	269	≈ 0	1 094
Endring byggekostnad [kr]		-12 000	43 000	≈ 0	175 000
Endring i BRA [m ²]		0	0	1,2	0

Note: *mer effektivt belysningsystem reduserer el-spesifikt effektbehov men gjør at varmeanlegget må tilføre mer effekt til oppvarming. Samlet sett reduseres effektbehovet
Kilde: Erichsen og Horgen (Vedlegg 1)

For småhus inkluderer referansebygget skorstein da dette kan ansees som minimumskravet i TEK17. I forslaget til ny forskrift er imidlertid kravet til skorstein tatt bort. Alternativet «Elektrisitet» tar for seg virkningene for småhus med elektrisitet som energiforsyning, samt at kravet om skorstein er utelatt.

Redusere klimagassutslipp gjennom endret materialbruk – alternativ metode

I Tabell 4.9 og Tabell 4.10 oppsummeres ulike tiltak som kan gjennomføres for å redusere klimagassutslippet fra materialbruk.

Sammensetningen av tiltakene er dokumentert nærmere i vedlegg 1, og de er valgt ut på bakgrunn av at de vurderes til å være blant de mest sannsynlige tiltakene nybyggprosjekter vil prioritere ved ønske om å kutte klimagassutslipp. Viktige faktorer for utvelgelse av tiltak har vært kostnadsnivå, men også hvor enkelt det er å implementere løsningen. For å oppnå en klimagassreduksjon på 20 eller 30% totalt for hele bygningen må flere av tiltakene kombineres.

Det ene tiltaket som vurderes er å bygge i tre. Dette tiltaket innebærer en større endring av konsept fra stål og betong til treverk. Bæring i stål erstattes med limtresøyler og bjelker, hulldekker erstattes med trebjelkelag, hele ytterveggen er utført som klimavegg med kledning i tre og bygget får takkonstruksjon av tre og boligblokka får balkonger i tre.

Det andre tiltaket er å bygge med bæresystem i prefabrikkert betong. I referansebyggene er bæresystemet i stål og plasstøpt betong. Dersom man bytter ut dette med bæresystem i prefabrikkert betong, kan dette redusere klimagassutslippene fra materialbruk. Denne løsningen er mest aktuell for kontorbygg med krav til lengre spennvidder.

Et tredje tiltak er å bygge stålplatetak av lette elementer. Dette tiltaket er ikke relevant for alle bygg ettersom det for eksempel ikke kan bygges takterasse eller lignende ved en slik løsning.

Et fjerde tiltak er å bytte ut betong i lavkarbonklasse C (i referansebygget) med lavkarbonklasse A i yttervegger, gulv på grunn, påstøp på dekker (hulldekkene er ikke endret), bæresystem, balkonger og trapper.

Tabell 4.9 «Alternativ metode a – endret materialbruk» - Ulike tiltak for å redusere klimagassutslipp fra materialbruk for boligbygg

Tiltak	Klimagassreduksjon (kg CO ₂ e/m ² /år) Boligbygg	Investeringskostnad (Kroner) Per bygg
Å bygge i tre	1,95	1 100 000
Bæresystem i prefabrikkert betong	0,56	0
Stålplatetak lett element	0,43	-600 000
Betong i lavkarbonklasse A	0,52	20 000
Redusere vindusareal	0,06	-1 160 000
Resirkulert armeringsstål	0,1	0
Tynnere yttervegger	0,005	-350 000
Kreve EPD på en stor andel av produktene i bygget	0,67	0

Kilde: Erichsen og Horgen (Vedlegg 1)

Tabell 4.10 «Alternativ metode a – endret materialbruk» - Ulike tiltak for å redusere klimagassutslipp fra materialbruk for kontorbygg

Tiltak	Klimagassreduksjon (kg CO ₂ e/m ² /år) Kontorbygg	Investeringskostnad (Kroner) Per bygg
Å bygge i tre	1,84	5 800 000
Bæresystem i prefabrikkert betong	0,59	0
Stålplatetak lett element	0,43	-790 000
Betong i lavkarbonklasse A	0,36	62 000
Redusere vindusareal	0,07	-290 000
Resirkulert armeringsstål	0,06	0
Tynnere yttervegger	0,002	-225 000
Kreve EPD på en stor andel av produktene i bygget	0,52	0

Kilde: Erichsen og Horgen (Vedlegg 1)

Et femte tiltak er å redusere vindusareal fra 25 prosent i referansebygget til 15 prosent. Vindusarealet erstattes med klimavegg (TEK17) med malt trekledning i dette tiltaket.

Et sjettede tiltak er å benytte armeringsstål med en større andel resirkulert stål. Tiltaket innebærer å gå fra generisk armeringsstål med 90 prosent resirkulert

innhold til generisk armeringsstål med 100 prosent resirkulert innhold.

Et syvende tiltak som vurderes er å redusere tykkelsen av mineralull i ytterveggene fra 250 mm til 150 mm.

Ikke alle tiltak er gjennomførbare på alle prosjekter av estetiske, bygningstekniske, branntekniske, lyd-

tekniske eller praktiske årsaker som er situasjonsbetinget.

4.4 Identifisering og verdsetting av virkninger

En innføring av nye og endrede krav i byggt teknisk forskrift kan få konsekvenser for flere aktører i samfunnet, både aktører i privat sektor, husholdninger og myndighetene. I dette kapitlet både beskriver og verdsetter vi de forskjellige virkningene som oppstår for de ulike aktørene. I kapittel 4.5 oppsummerer vi alle virkninger for de ulike tiltakene og vurderer den samlede samfunnsøkonomiske lønnsomheten.

Med *virksomheter* mener vi alle de positive og negative effektene som oppstår som følge av at det innføres nye energiregler i TEK17, kapittel 9 og 14. Virkningene måles som endringen som oppstår relativt til nullalternativet, dvs. at kostnads- og nyttevirksomheter beregnet i tiltakene er fratrukket eventuelle kostnader og nyttegevinster ved dagens praksis.

Beskrivelsen av virkninger er basert på Erichsen og Horgen sine beregninger av virkninger på areal, energibehov, effektbelastning, byggekostnader og redusert klimagassutslipp fra endret materialbruk av de ulike tiltakene. Forutsetninger og virkninger er presentert i avsnitt 4.3, og dokumentert vedlegg 1.

4.4.1 Areal

De foreslåtte endringene i TEK åpner opp for tilpasninger av bygningskroppen sammenlignet med referansebygget (SINTEF-kassa), samtidig som man holder seg innenfor de nye kravene i TEK.

Det er først og fremst tiltakene for å oppfylle varmetapstall i alternativ metode (a) at det er relevant med

endringer i areal. For disse alternativene kan utbygger se bort fra minimumskravene i §14-2 (fjerde ledd), og det åpner seg opp mulighet for å redusere tykkelsen på ytterveggene. En reduksjon av tykkelsen på ytterveggene gjør det mulig å utnytte bygningskroppen mer optimalt gjennom å øke antall kvadratmeter BRA per BTA.

En utbygger står da ovenfor valget mellom å redusere størrelsen på bygget (dvs. redusere antall kvadratmeter BTA) eller å øke antallet kvadratmeter BRA (til gitt antall kvadratmeter BTA). Bedriftsøkonomisk vil det være rasjonelt å øke antall kvadratmeter BRA så lenge salgsprisen er høyere enn byggekostnadene. Vi legger dette til grunn i analysen.¹⁷

For boligblokker har Erichsen & Horgen beregnet mulig økning i areal til 13 og 15 kvadratmeter for de to alternativene. For kontorbygg er virkningen målt til en mulig økning i BRA på 36 kvadratmeter.

Verdsetting

Økningen i areal vil øke utnyttelsesgraden til bygningen. For boligblokk og småhus vil dette innebære at utbyggere kan øke størrelsen på boligen (alternativt bygge flere leiligheter), og dermed øke prisen. En tilnærming til å anslå nytteverdien av dette er å benytte markedsprisen for nye boliger i Norge.

Vi har tatt utgangspunkt i statistikk fra ECON Nye boliger¹⁸ ved beregning av priser på nye leiligheter. Denne viser at det er stor geografisk variasjon i nyboligprisene mellom fylker. Høyest var nyboligprisene i Oslo med 82 000 tusen kroner per kvm (BRA-S)¹⁹, og lavest var den i Aust-Agder med 38 000 tusen kroner per kvm (BRA-S). Nytttevirkningen vil

¹⁷ Dette mener vi er en rimelig antakelse ettersom dette som regel er en forutsetning for at en utbygger velger å bygge ut i utgangspunktet.

¹⁸ ECON Nye boliger er en nyboligstatistikk

¹⁹ Prisene er oppgitt per kvadratmeter salgbart BRA.

derfor avhenge av hvor i landet boligen bygges. Ettersom vi i denne analysen skal anslå nytteverdien for et gjennomsnittlig prosjekt i Norge, må vi beregne en gjennomsnittlig nyboligpris i Norge.

Som vi så i kapittel 2, er det også stor variasjon mellom fylker i hvor mye nybygg som oppføres hvert år. For å anslå gjennomsnittlig nyboligpris per kvadratmeter, har vi derfor vektet nyboligprisene i hvert fylke med antall kvadratmeter nybygg per fylke i 2018. Denne beregningen gir en verdi på 58 000 kroner per kvadratmeter (BRA-S) for leiligheter i nybygg.

Prisene på småhus er generelt lavere enn prisene på leiligheter i boligblokker. I ECON Nye boliger er prisene for småhus og eneboliger i gjennomsnitt 39 prosent lavere enn for leiligheter. Dette gir en gjennomsnittlig verdi på 35 500 kroner per kvadratmeter (BRA-S) for småhus.

For næringseiendom foreligger det lite offentlig statistikk. Vi har derfor tatt utgangspunkt i statistikk fra DNs Eiendomspanel²⁰ og DNB Næringseiendom for de største byene i Norge. Basert på denne statistikken²¹ har vi lagt til grunn en gjennomsnittlig verdi på 45 000 kroner per kvadratmeter (BRA).²²

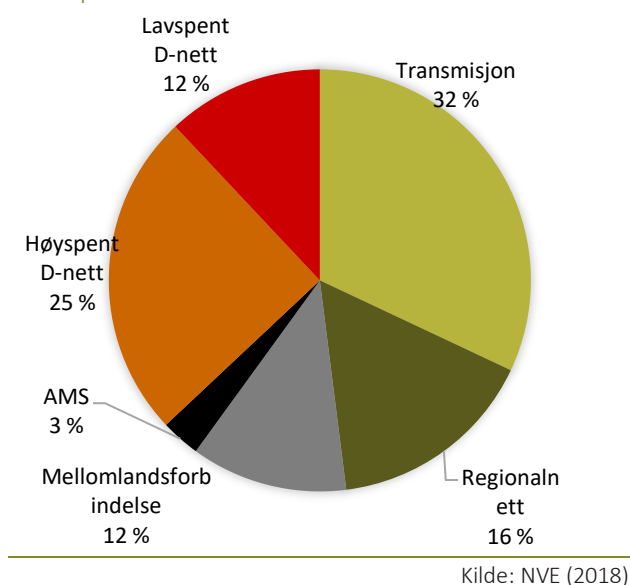
4.4.2 Effektbehov

Ifølge blant annet NVE (2017) har effektuttaket i Norge økt mer enn energibruken de siste årene. En av årsakene til at effektbruken øker mer enn energiforbruket er fordi mange energieffektive apparater

har høyt effektuttak²³. Kraftnettet må være dimensjonert for å kunne dekke den høyeste etterspørselen etter effekt. Flere bygninger og innfasing av flere elbiler i Norge vil dermed bidra til å øke behovet for nettkapasitet, og videre til at nettselskapene må investere i økt nettkapasitet.

NVE (2018) har anslått at det i tiårsperioden 2018 til 2027 er forventet investeringer på over 135 milliarder kroner. I Figur 4.2 viser vi fordelingen av nettinvesteringene per nettnivå i tiårsperioden.

Figur 4.2 Fordelingen av nettinvesteringene per nettnivå i perioden 2018-2027



Det er mange årsaker til at det investeres i nytt kraftnett. I de fleste tilfeller investeres det med bakgrunn i at nettet er gammelt/i dårlig stand og må skiftes ut,

²⁰ https://www.dn.no/eiendom/naringseiendom/-god-ettersporsel-etter-sentrale-og-gode-lokaler/2-1-688095?_

²¹ <https://www.dnbnaringsmegling.no/no/markedsrapport/>

²² I statistikken oppgir gjennomsnittlig yield (dvs. eiendommens leieinntekter minus driftskostnader dividert på eiendommens verdi) og leieinntekt. Ut fra dette har vi beregnet eiendommens gjennomsnittlige omsetningsverdi. I DNs Eiendomspanel og DNB Næringseiendom publiseres det kun tall for de største byene. For å anslå et landsgjennomsnitt har vi derfor

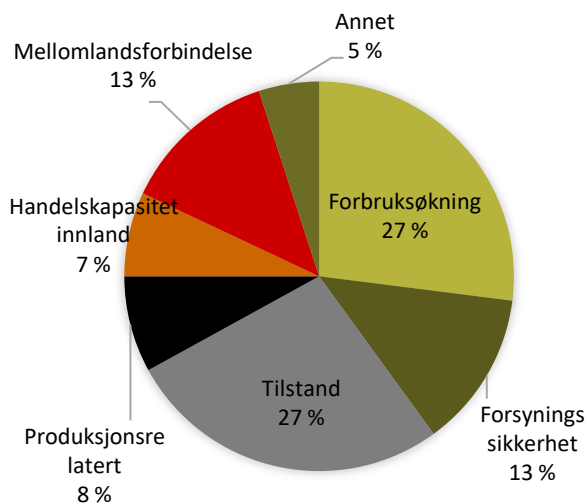
benyttet oss av forholdstall mellom næringseiendom og nybygg (leiligheter) fra ECON Nye boliger for å anslå pris i områder uten statistikk. Dette blir ikke helt korrekt, men er en tilnærming til prisnivået og er vårt beste estimat basert på det tallgrunnlaget som foreligger.

²³ Høyt energiforbruk per tidsenhet.

at effektbehovet øker, et behov for å forbedre forsyningssikkerheten, eller for å legge til rette for ny kraftproduksjon.

I samme rapport fordeler NVE (2018) investeringene basert på utløsende årsak til investeringene. Dette er gjengitt i Figur 4.3 og viser at 27 prosent er knyttet til forbruksøkning, dvs. forventninger om økt lastbehov i området til et nivå som overstiger nivået dagens nett er dimensjonert for. 27 prosent er knyttet til anleggenes dårlige tilstand og 13 prosent knyttet til investeringer for å sikre akseptabel forsyningssikkerhet²⁴. Resten er produksjonsrelatert, knyttet til nettforsterkninger innenlands for å tilrettelegge for nye mellomlandsforbindelser, samt de nye kablene til Tyskland og Storbritannia.

Figur 4.3 Oversikt over forventede investeringer på alle nettnivå de neste fem årene fordelt på utløsende hovedårsak



Kilde: NVE (2018)

I den grad tiltakene øker/reduserer maksimalt effektbehovet på kraftnettet sammenlignet med referansealternativet, representeres dette en samfunnsøkonomisk kostnad/nyttegevinst gjennom at det bidrar til økt/redusert behov for utbygging av nettkapasitet.

Det er kun de vurderte alternativene i «Oppfylle kravene til levert energi»²⁵ som gir vesentlige endringer i effektbehovet. De ulike alternativene varierer i hvordan de påvirker effektbehovet til oppvarming.

Virkingen på kraftsystemet avhenger også av hvilke energiforsyningsløsning byggene har, om energien kommer fra fjernvarmenettet eller kraftnettet og hvilke andre tekniske installasjoner som må installeres for å tilfredsstille kravet til levert energi (for eksempel avtrekksvarmepumpe).

Som beskrevet i vedlegg 1, kan det nye forslaget til kravsinnetning gjøre det mindre attraktivt å koble seg på fjernvarmenettet. Dersom dette fører til at færre nybygg kobler seg på fjernvarmenettet sammenlignet med dagens situasjon kan dette øke belastningen på kraftnettet i topplasttimene.²⁶ Dette er også omtalt i vedlegg 1. Se tekstboks for mer omtale av fjernvarme og påvirkning på kraftsystemet.

²⁴ Nettet er, eller forventes å bli, for sårbart overfor driftsforstyrrelser og feil.

²⁵ De ulike alternativene for å oppfylle varmetapstallene skal i prinsippet ikke ha betydning for effektbehovet

²⁶ Den reelle effektbelastningen på strømmettet fra fjernvarme avhenger også av hvor stor del av fjernvarmeproduksjonen i topplasttimene som kommer fra kraftnettet, via for eksempel elkjel NVE (2014).

Tekstboks – Fjernvarme bidrar til økt forsyningssikkerhet

Fjernvarme kan bidra til økt forsyningssikkerhet ved å avlaste kraftnettet i topplastperioder i områder der det er (midlertidige) kapasitetsutfordringer (NVE, 2014). Fjernvarmeleveranser kan også bidra til å redusere eller utsette investeringer i kraftnettet fordi veksten i elforbruket dempes

Ifølge NVE (2014) har utvidelsen av fjernvarme hatt en liten, men positiv betydning for forsyningssikkerheten for kraft i sentralnettsområder med knappe marginer i elnettet de siste 10 årene. Fjernvarmen avlaster kraftnettet mest der fjernvarme utgjør en stor andel av energileveransen. Dette gjelder spesielt for de største byene, Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger.

Videre beskriver NVE (2014) at i et kortsiktig perspektiv (ca. 10 år) har fjernvarmeutvidelse liten betydning på forsyningssikkerheten og investeringene i regional- og distribusjonsnettet – bortsett fra i nettstasjoner der utvidelser skjer i små sprang og dermed kan utsettes i områder med mye fjernvarme. For å vurdere betydningen fjernvarmen har på investeringsnivået i el-nettet på lang sikt, anbefaler NVE at det må gjøres grundigere undersøkelser av temaet.

Verdsetting

Verdien av å spare en kW i topplasttiden vil avhenge av den langsiktige grensekostnaden ved å bygge ut nett. Dette er en krevende størrelse å estimere av flere årsaker. For det første vil det avhenge av hvilken del av nettet som det vil kreves en utbygging av, både hvilke nettnivå (transmisjons-, regional eller distribusjonsnettet) og hvilke komponenter (stasjonsanlegg, kabler osv.). Samtidig vil investeringskostnaden avhenge av hvor i nettet investeringen må gjøres, for eksempel om nettet er lett tilgjengelig eller om det er topologisk vanskelig å komme til.

Et annet forhold som påvirker er hvor i nettet (geografisk) som endringen i effektbehovet skjer. I områder med god nettkapasitet vil en økning i effektbehovet ikke medføre et behov for investeringer, mens det i andre områder vil utløse større nettinvesteringer.

I forbindelse med dette prosjektet har vi vært i kontakt med både Statnett og NVE for å kartlegge hvilke offentlige tall som foreligger på temaet. Det viser seg imidlertid at det er begrenset med offentlige beregninger om dette. Dette handler også om kompleksiteten av problemstillingen, og at variasjonen i kostnadsbildet er stort.

Det finnes imidlertid flere ulike fremgangsmetoder og kilder som kan gi et bilde på kostnaden.

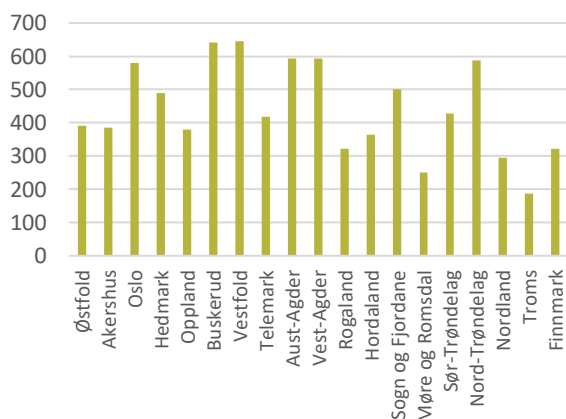
Nettleie

Nettleien skal gi nettselskapet inntekter til dekning av kostnadene ved transport av strøm, gitt effektiv drift, utnyttelse og utvikling av nettet. Det er nettselskapet selv som fastsetter nettleien, men NVE kontrollerer at inntekten nettselskapet henter inn gjennom nettleien ikke er høyere enn det nettselskapet totalt har lov til å ta seg betalt fra sine kunder.

For de fleste kunder består nettleien av et fastledd og et energiledd (kr/kWh). Store næringskunder har også ofte et effektledd i tillegg. Dersom effektleddet i nettleien blir satt på en slik måte at de reflekterer de underliggende kostnadene, kan det føre til økt samfunnsøkonomisk effektivitet.

NVE fører statistikk²⁷ over beregnet effektleddet for næringskunder etter fylke og nettselskap. Vi har gjengitt tallene for 2017 i Figur 4.4 nedenfor. Denne oversikten viser at det er stor variasjon mellom fylker (og det er stor variasjon innad i fylker også), men at landsgjennomsnittet var på 441 kr/kW for nettstasjoner (nivå 4) og 419 kr/kW i lavspentnettet (nivå 5).²⁸ Basert på dette har vi i hovedanalysen lagt til grunn en verdsetting av effekt tilsvarende 450 kr/kW (2019-kroner).²⁹

Figur 4.4 Oversikt over effektleddet for næringskunder i 2017. Kr/kW



Kilde: NVE (2018)

Andre analyser

I en rapport fra DNV og Pöyry (2019) ser forfatterne på kostnadene i strømmettet knyttet til elbillading og mulige gevinster ved å koordinere lading av elbil. Forfatterne finner at fremtidig elbillading kan øke maksimalt effektbehov fra husholdningssektoren

med 2400 MW dersom all elbillading skjer på ettermiddagen. Deretter ser de på investeringsbehovet i det lokale distribusjonsnettet som følge av ulike scenarier for lading av elbil. De finner at det kan være en gevinst på 11 milliarder kroner (i reduserte nettinvesteringer) dersom vi kan unngå ettermiddagslading. Dette gir en gjennomsnittskostnad per kW på om lag 4 500 kroner.

4.4.3 Energibehov

Det er kun de vurderte alternativene i «Oppfylle kravene til levert energi»³⁰ som gir vesentlige endringer i energibehovet. Beregningene for tiltakene er presentert i Tabell 4.6, Tabell 4.7 og Tabell 4.8, og viser at de ulike tiltakene gir energibesparelser sammenlignet med referansealternativet.

Beregningen gjengir de tekniske besparelsene dersom romtemperaturen holdes konstant. Tidligere analyser (Thema, 2013) av energieffektiviserings tiltak viser imidlertid at slike tiltak i mange tilfeller ikke leverer den besparelsen som tiltaket teknisk forventes å skulle bidra med. Dette kalles i litteraturen for rebound-effekten og forklares gjennom at brukeren endrer adferd etter tiltaket.³¹

I følge Thema (2013) er det enighet om at rebound-effekten eksisterer og er ikke-neglisjerbar. Analysene på temaet finner videre at rebound-effekten er ulik for ulike typer energitjenester. I rapporten oppgis det at for tiltak knyttet til effektivisering av energiforbruk til generell oppvarming og tiltak med mer spesifikke oppvarmingstjenester (som for eksempel økt isolasjon) ligger rebound-effekten på mellom 10 og 30 prosent. For tiltak som gjelder varmepumpe

²⁷ <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/nettjenester/nettleie/nettleiestatistikk/nettleiestatistikk-for-naeringskunder/>

²⁸ Nettleien er omregnet fra ulike satser for fastledd, energiledd og effektledd for nettleiere i kommunen, og deretter oppgitt i kr/kW.

²⁹ Dette er basert på et snitt av nivå 4 og nivå 5 framskrevet til 2019-kroner.

³⁰ De ulike alternativene for å oppfylle varmetapstillene skal i prinsippet ikke ha betydning for energibehovet

³¹ For eksempel kan energieffektiviserende tiltak føre til at en husholdning øker innetemperaturen i stedet for å redusere energibruken.

varierer rebound-effekten knyttet til elektrisitetsforbruk fra 20-100 prosent avhengig av boligtype Thema (2013).

I dette prosjektet har vi som en forenkling lagt til grunn en rebound-effekt på null. Begrunnelsen for dette er at rebound-effekten ikke nødvendigvis medfører at den samfunnsøkonomiske nytten av et tiltak reduseres, men heller at en del av energieffektiviseringsgevinsten tas ut i økt komfort (økt inne-temperatur) eller økt forbruk av andre tjenester som gir nytteverdi for husholdningen.

Denne forenklingen innebærer at vi muligens overdriver den positive nytten fra lavere energibehov, og at denne nyttevirkingen i realiteten inkluderer nyttevirkinger fra økt komfort eller fra forbruk av andre tjenester.

Verdsetting

For å verdsette reduksjonen i energibehovet har vi lagt til grunn kraftpriser³² og energileddet i nettarmen. I denne analysen har vi lagt til grunn kraftprisprognosene fra NVE (2019). I hovedscenariet er prognosen 40 øre/kWh i 2022, 43 øre/kWh i 2025, 37 øre/kWh i 2030 og 43 øre/kWh i 2040. Alle i 2019-kroner.

Bakgrunnen for å også inkludere energileddet i nettleien er at denne minimum skal dekke de marginale tapskostnadene (det vil si de kostnadene som oppstår i form av økte tap når man ved en gitt belastning tar ut en ekstra kWh).³³

Statistikk for NVE³⁴ viser at dette varierer betydelig mellom netteiere og innad i fylker. I 2019 var ener-

giledet i gjennomsnitt på om lag 20 øre/kWh, men det var stor variasjon fra den netteieren med lavest sats 7 øre/kWh til den med høyest sats 39 øre/kWh.

4.4.4 Klimagassutslipp

De foreslåtte endringene i TEK §14-2 første og femte ledd medfører endringer i klimagassutslipp fra energibruken over byggets levetid og fra materialer som inngår i bygget.

Forslaget til § 14-2. femte ledd (beskrevet i kapittel 3) åpner for at boligblokker og yrkesbygg kan oppfylle krav til klimagassutslipp fra bygningens materialbruk og da se bort ifra kravet til minimumsnivå for bygningskomponenter (U-verdier), noe som er nytt i forhold til nåværende TEK17. Akkurat hva kravet til klimagassutslipp skal være, er ikke bestemt i skrivende stund. DiBK har signalisert at kravet sannsynligvis vil innebære en reduksjon på 20 til 30 prosent relativt til dagens nivå, som beskrevet i kapittel 3. Vi går ut ifra at kravet settes på nivået som gir en klimagassreduksjon på 20 prosent i forhold til dagens nivå. Dette innebærer at kravet til dokumentert klimagassutslipp fra bygningens materialbruk ikke overstiger 3,4 kg CO₂-ekvivalenter/m² BTA/år for kontorbygg og 4,5 kg CO₂-ekvivalenter/m² BTA/år for boligblokk ut ifra referanseverdiene vi har lagt til grunn i denne utredningen.

Endringen i energirammen innebærer at kravet skal gjelde for totalt levert energibehov heller enn totalt netto energibehov, som beskrevet i kapittel 3. Endringen innebærer en skjerpelse i rammekravet, og medfører en reduksjon i energibehovet. Hva som er virkningen på klimagassutslipp fra redusert energi-

³² Markedsprisen på kraft varierer imidlertid gjennom året, mellom år og over døgnet, noe som betyr at energien har ulik verdi på ulike tidspunkter. I denne analysen har vi lagt til grunn langsiktig gjennomsnittlig kraftpris basert på kraftprisprognoser fra NVE (2019).

³³ <https://www.nve.no/stromkunde/nettleie/>

³⁴ <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/nettjenester/nettleie/nettleiestatistikk/>

behov, avhenger av hvilke energikilder som legges til grunn og deres utslippsfaktorer.

Verdsetting

For å verdsette endret klimagassutslipp, multipliseres endringen i klimagassutslipp med kalkulasjonsprisen for klimagassutslipp. Her verdsettes to virkninger:

1) Redusert klimagassutslipp fra byggematerialer

= redusert klimagassutslipp*pris på klimagassutslipp

2) Redusert energiforbruk

= redusert energiforbruk*utslippsfaktor*pris på klimagassutslipp

For 2) er endringen i energiforbruk beregnet (presentert i avsnitt 4.4.3. Da gjenstår pris på klimagassutslipp og utslippsfaktor for det reduserte energiforbruket. Det er ikke opplagt hvilken kalkulasjonspris som bør brukes for klimagassutslipp, og hvilken utslippsfaktor som bør brukes. Videre følger en diskusjon av dette.

Pris på klimagassutslipp

Klimakur 2030 ble nylig publisert. Dette er en omfattende utredning av ulike tiltak og virkemidler som kan gi minst 50 prosent reduksjon i ikke-kvotepliktige utslipp i 2030 sammenlignet med 2005. Her er de samfunnsøkonomiske og privatøkonomiske kostnadene knyttet til tiltakene beregnet, men verdien/gevinsten av å redusere klimagassutslipp er

ikke verdsatt eller medberegnet (Miljødirektoratet mfl., 2020). Det er dermed ikke lagt noen anbefalinger her med tanke på hvilken karbonpris som bør legges til grunn i samfunnsøkonomiske analyser. Samtidig understrekes det i rapporten at det sannsynligvis vil være nødvendig med en betydelig høyere CO₂-avgift enn dagens nivå for å oppnå en utslippsreduksjon i tråd med mandatet til Klimakur 2030 (s. 41).

Fra norske myndigheter (Finansdepartementet) foreligger det ingen konkret anbefalt pris på klimagassutslipp for samfunnsøkonomiske analyser. Flere direktorater har egne veiledere hvor det anbefales konkrete kalkulasjonspriser for klimagassutslipp³⁵, og disse baseres på kvotepriser og Klimakur 2020s vurdering av fremtidige kvotepriser, som i Statens vegvesens håndbok V712 (2018, s. 102). Disse kalkulasjonsprisene er fra 2009 (Statens forurensningstilsyn, 2009). Mye har skjedd siden da, blant annet når det gjelder kunnskapsgrunnlaget og Norges internasjonale forpliktelser. Nyere samfunnsøkonomiske analyser benytter ofte ikke kalkulasjonsprisene fra direktoratenes håndbøker, men mangelen på en nyere anbefalt kalkulasjonspris gjør at det er opp til utreder å vurdere hva som er riktig pris, noe som fører det at det brukes forskjellige priser i forskjellige analyser (Andreassen & Rosendahl, 2019). Selv når EUs kvotepriser legges til grunn, blir kalkulasjonsprisene forskjellige fordi kvoteprisene er svinger mye, og har hatt en økende trend de siste årene.

Finansdepartementets rundskriv R-109/14: *Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv.* (2014) er førende for hvordan virkninger skal verdsettes i samfunnsøkonomiske

³⁵ Blant annet Statens vegvesens Håndbok V712, Jernbaneverket og kystdirektoratet.

analyser, og sier at markedspris skal benyttes når det foreligger. Virkninger som ikke har markedspris, skal verdsettes ved hjelp av andre metoder eller synliggjøres og være med i vurderingen av den samfunnsøkonomiske lønnsomheten. Videre vektlegges konsistent metodebruk og like forutsetninger, slik at ikke forskjeller i lønnsomhet kan forklares ut fra forskjeller i metode og/eller forutsetninger (DFØ, 2018, s. 93).

I Norge står vi hovedsakelig ovenfor to markedspriser på klimagassutslipp: den norske CO₂-avgiften og EUs kvotesystem EU ETS (Miljødirektoratet mfl., 2020, s. 47). Dette innebærer at noen utslipp både er priset etter CO₂-avgiften og EU ETS, andre bare en av dem, og omkring 30 prosent av de ikke-kvotepliktige utslippene (8 millioner CO₂-ekvivalenter) står hverken ovenfor CO₂-avgiften eller EU ETS (s. 47).

I DFØs veileder for samfunnsøkonomiske analyser (2018) er det anbefalt å analysere hvilken karbonpris som er nødvendig for at tiltaket skal være lønnsomt, når tiltaket eksplisitt tar sikte på å redusere utslipp av klimagasser (en såkalt break-even-analyse) (s. 140).

Hagen-utvalget, NOU 2012: 16 (2012), er siste offentlige gjennomgang av rammeverket for samfunnsøkonomiske analyser. Utvalgets anbefaling for kalkulasjonspris for klimagassutslipp er at den bør

«baseres på forventninger om den internasjonale kvoteprisen. Av de ulike kvoteprisene i dagens internasjonale kvotemarkeder tilrår utvalget å benytte EUs kvotepris. Banen bør baseres

på markedets forventninger til framtidige kvotepriser. For årene det ikke noteres priser, bør prisbanen over tid nærme seg en antatt togradersbane basert på internasjonalt anerkjente modellberegninger» (NOU 2012: 16, 2012, s. 139).

I ettertid har verdens land gjennom Parisavtalen gått sammen om å begrense global oppvarming til godt under 2 grader, og helst til 1,5 grader, sammenlignet med førindustriell tid. Flere tar til orde for at prisbanen for klimagassutslipp bør nærme seg antatt 1,5-gradersbane heller enn 2-gradersbane over tid.³⁶

I forbindelse med kommende Nasjonal Transportplan har TØI beregnet de marginale eksterne kostnadene for transport og internaliseringsgraden for langtransport (TØI rapport 1704/2019). Her er en økende karbonprisbane lagt til grunn, fra 508 kroner/ tonn CO₂-ekvivalenter i 2019 til 2159 kr/tonn CO₂-ekvivalenter i 2030 (Miljødirektoratet mfl., 2020, s. 23).

Multiconsult har analysert de samfunnsmessige ringvirkningene av Hywind Tampen havvindpark i oppdrag for Equinor (Multiconsult, 2019). De legger Hagen-utvalgets anbefalinger til grunn, og forutsetter at CO₂-avgiften sammen med kvoteprisen i EU ETS gir skyggeprisen³⁷ for norske myndigheters mål for nasjonale klimagassutslipp.

³⁶ Se for eksempel <https://www.dn.no/innlegg/klima/okonomi/finans/bor-sette-en-co2-pris-for-norske-investeringer/2-1-604215>

³⁷ Skyggeprisen er den samfunnsøkonomiske prisen, som tar høyde for eksternaliteter (det vil si virkninger som ikke er priset i markedet/innregnet i markedsprisen for et gode).

Tabell 4.11 EU ETS futures, kr/tonn CO₂.

År	EU ETS Forward
2023	226
2024	236
2025	236

Note: Beregnet fra euro til norske ved hjelp av gjennomsnittlig månedlig valutakurs de siste 12 månedene rapportert av Norges Bank i desember 2019
Kilde: (Multiconsult, 2019)

Gjennomsnittlig pris for EU ETS (EUs CO₂-kvoter) fra 1. januar 2019 til 16. desember 2019 er 24,7 euro per tonn CO₂ (Markets Insiders, 2019). I norske kroner blir dette 242,94 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter³⁸. Den generelle avgiften på utslipp av klimagasser er 508 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter i 2019 og 544 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter i 2020.³⁹ Antatt skyggepris for utslipp av klimagasser blir da 750,94 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter.

EUs kvotepriser (EU ETS) vil øke i årene framover som følge av raskere nedtrapping og sletting av kvoter for å nå Parisavtalen⁴⁰. I «future»-markedet kan vi finne priser for EUs CO₂-kvoter (EU ETS for-

wards/futures) fram til 2025. For årene fra 2025 finnes det en rekke forskjellige rapporter mfl. som ved hjelp av modeller har estimert karbonprisbanen de neste tiårene. Estimaten fra de forskjellige kildene spriker, noe som skyldes at det legges forskjellige forutsetninger til grunn og forskjellige modeller (Multiconsult, 2019, s. 47). Multiconsult (2019) viser EU ETS forward-priser fra februar 2019 som vist i Tabell 4.11.

For årene det ikke foreligger kvotepriser, benytter Multiconsult IPCCs (FNs klimapanel) anslag for prisbaner forenelig med henholdsvis 2- og 1,5-gradersmålene⁴¹ og en lav karbonprisbane fra 2026 til 2040 (Multiconsult, 2019, ss. 45-9). I en spesialrapport fra 2018 har IPCC gjennomgått flere studier, og presenterer CO₂-priser forenelige med 2- og 1,5 grader global oppvarming (IPCC, 2018). Prisene er presentert i Tabell 4.12. Denne illustrerer også hvor stort sprik det er mellom forskjellige estimater av 2- og 1,5-gradersbaner.

I valg av kalkulasjonspris for klimagassutslipp i analysen legger vi anbefalingene fra Hagen-utvalget og gjeldende føringer for samfunnsøkonomiske analy-

Tabell 4.12 Estimerte CO₂-prisbaner, 2019-NOK/tonn CO₂.

Årstall	2-grader lav	2-grader høy	1,5-grader lav	1,5-grader høy
2030	109	1 600	982	43 994
2050	327	7 635	1 782	103 986
2070	873	7 999	3 054	140 345
2100	1 273	17 016	5 018	218 879

Note: Beregnet fra 2010-USD til 2010-NOK ved årsgjennomsnitt for valutakurs i 2010 fra Norges Bank (6,0453), og inflasjonsjustert til 2019-NOK ved hjelp av konsumprisindeks fra SSB (tabell 03014). Det er lagt til grunn at inflasjonen fra 2010 til 2019 er 20,3 prosent.

Kilde: IPCC (2018), Multiconsult (2019)

³⁸ Beregnet fra gjennomsnittlig månedlig valutakurs de siste 12 månedene rapportert av Norges Bank: <https://www.norges-bank.no/tema/Statistikk/Valutakurser/?tab=currency&id=EUR>

³⁹ Se for eksempel https://www.regjeringen.no/contentassets/e1ebc66904094926b9d42177fcb2e4e/faktaark_endringer_co2-avgiften.pdf

⁴⁰ Se for eksempel <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2015/sep/eus-kvotesystem-fase-4-2021-2030/id2458179/>

⁴¹ 2-gradersbanen er fra IPCCs femte hovedrapport (IPCC, 2014), og er et snitt av baner fra 33 studier. 1,5-gradersbanen er hentet fra IPCC rapporten «Special Report: Global warming of 1,5 °C (IPCC, 2018).

ser til grunn, sammen med praksis i andre nyere samfunnsøkonomiske analyser for konsistens.

I hovedalternativet benyttes gjennomsnittlig EU ETC pris og den generelle CO₂-avgiften slik satsen er for 2019. For årene vi har EU ETS forward-priser (vist i Tabell 4.11) benyttes dette sammen med kvoteprisen. For årene etter 2025 benyttes videre et gjennomsnitt av CO₂-prisbanene som er forenelig med 2-gradersmålet presentert i IPCC (2018), som vist i Tabell 4.12 Tabell 4.12, frem til året 2069.

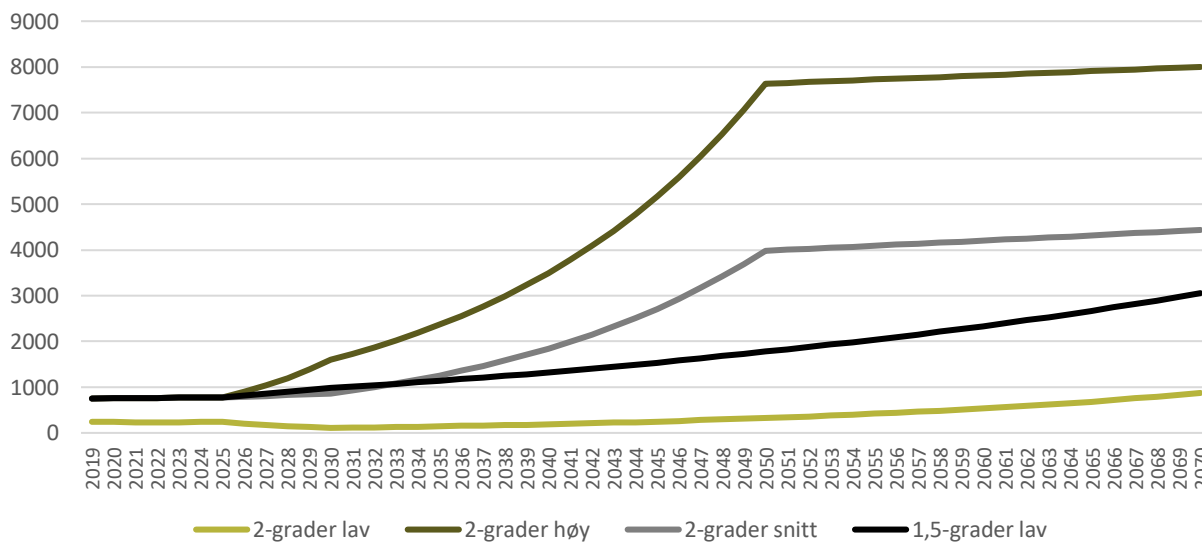
De estimerte karbonprisbanene angir ikke priser for alle år. For årene det mangler, har vi interpolert mellom de kjente verdiene⁴², slik at 2-graderssnittbanen benyttet i hovedalternativet blir som presentert i Figur 4.5.

I figuren er også andre karbonprisbaner inkludert for å illustrere spriket og usikkerheten knyttet til fremtidige CO₂-priser. I sensitivitetsanalysen diskuteres hvordan høyere og lavere fremtidige karbonpriser kan påvirke resultatet.

Utslippsfaktor for det reduserte energiforbruket

Vi antar at endringen i energiforbruk er i helhet fra kraftnettet, det vil si ikke fra fjernvarme eller andre lokale energikilder som solceller. Hvor mye klimagassutslipp som er forbundet med forbruk av 1 kWh, kommer an på hvilken energimiks og utslippsfaktor⁴³ som legges til grunn. Norge er en del av et internasjonalt kraftmarked, som vil si at kraftprodusenter i Norge eksporterer energi, mens energiforbruket i Norge fra nettet er en miks av norskprodu-

Figur 4.5 Oppsummering av prisbaner for klimagassutslipp, 2019-NOK/tonn CO₂-ekvivalenter.



Note: For 2-graders lav-banen ligger gjennomsnittlig EU ETS-pris i 2019 til grunn for 2019-prisen. For de øvrige ligger gjennomsnittlig EU ETS-pris og CO₂-avgiften til grunn for 2019. CO₂-avgiftssatsen for 2019 er 508 kroner. For årene 2023 til 2025 benyttes EU ETS forwards alene for 2-graders lav-banen, og sammen med CO₂-avgiften for de øvrige. Videre benyttes estimerte baner som presentert i IPCC (2018).

Kilde: IPCC (2018), Business Insider (2019), Finansdepartementet (2019), Multiconsult (2019)

⁴² Interpolering er å beregne verdier mellom to kjente verdier.

⁴³ Energimiks er sammensetningen av de forskjellige kraftkildene som inngår, mens utslippsfaktor er klimagassutslipp per enhet energi for forskjellige kraftkilder.

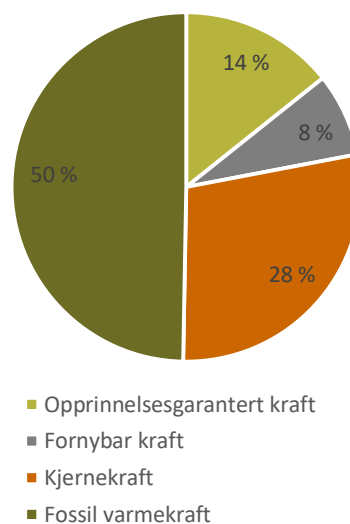
sert kraft og utenlandsk produsert kraft. Samtidig er Norge netto eksportør, som vil si at det samlede norske kraftforbruket over året kan dekkes av kraftproduksjon i Norge. Norsk kraftproduksjon i 2018 er 98 prosent fornybar kraft, hovedsakelig vannkraft og noe vind- og varmekraft fra biobrensel, og 2 prosent ikke fornybar fra varmekraft fra fossile brensler.⁴⁴ Norsk kraftproduksjonsmiks har en anslått utslippsfaktor på 18,9 g CO₂-ekvivalenter/kWh i 2018 (NVE, 2019).

Ordningen med opprinnelsesgarantier innebærer at kraftprodusentene selger opprinnelsesgaranti til kraftleverandørene, som igjen tilbyr garanti til sine kunder om at det produseres like mye fornybar kraft som forbruket til kunden. Opprinnelsesgarantier utstedt fra norsk fornybar kraftproduksjon selges hovedsakelig til utlandet, men også noe til norske kunder. Utenlandske bedrifter kan derfor investere i norske opprinnelsesgarantier istedenfor å investere i lokal fornybar kraft. I 2018 ble det kjøpt 137 TWh i Norge, og av dette var 14 prosent opprinnelsesgarantert kraft.

NVE utarbeider Nasjonal varedeklarasjon, som angir energimiksen for ikke-opprinnelsesgarantert kraftkjøp i Norge, som er de resterende 86 prosent av kraftkjøp i Norge i 2018. Varedeklarasjonen tar utgangspunkt i norsk kraftproduksjon, fratrukket opprinnelsesgarantert kraftkjøp i Norge og utlandet, for ikke å telle fornybar opprinnelsesgarantert kraft produsert i Norge to ganger. Da gjenstår en del som er norskprodusert kraft med kjente egenskaper, og en del med ukjente egenskaper. Den ukjente delen erstattes med Europeisk restmiks (EAM). Utslippsfaktoren knyttet til den nasjonale varedeklarasjonen i 2018 er beregnet til 520 g CO₂-ekvivalenter/kWh.

Figur 4.6 Kraftkjøp i Norge i 2018 med opprinnelsesgarantert kraft og NVEs varedeklarasjon.

Kraftkjøp i Norge 2018
(137 TWh)



Kilde: NVE 2019

Med varedeklarasjon og opprinnelsesgaranti, får kraftkjøp i Norge i 2018 sammensetningen som vist i Figur 4.6. Kraftkjøp i Norge i 2018 med opprinnelsesgarantert kraft og varedeklarasjonen har dermed en utslippsfaktor på 450 g CO₂-ekvivalenter/kWh. Denne utslippsfaktoren, som tar hensyn til Norsk varedeklarasjon og opprinnelsesgarantier, kan vi kalle norsk forbruksmiks.

Verdsettingen av endret energiforbruk vil få forskjellige resultater om norsk produksjonsmiks legges til grunn eller om forbruksmiksen legges til grunn. Etter føringer fra Olje- og energidepartementet, skal norsk produksjonsmiks legges til grunn i samfunnsøkonomiske analyser i oppdrag for offentlige/stat-

⁴⁴ Se <https://www.nve.no/energiforsyning/varedeklarasjon/nasjonal-varedeklarasjon-2018/>

lige enheter. Dermed benyttes utslippsfaktor på 18,9 g CO₂-ekvivalenter/KWh i hovedalternativet.

4.4.5 Byggekostnader

Flere av de foreslåtte forskriftsendringene gir endringer i byggekostnadene, og kostnadsestimatene varierer mellom de ulike alternativene.

Beregningen av endringer i byggekostnader er basert på Norsk Prisbok (ISY Calculus), og her er kostnader til materialer og utførelse inkludert. Andre kostnader er basert på informasjon innhentet fra leverandører (for eksempel for redusert effektbehov til belysning og avtrekksvarmepumpe), erfaringstall fra Erichsen & Horgen sine tidligere prosjekter (ulike løsninger på ventilasjonssystemene, elkjel og jordbrønner), og skjønnsmessige vurderinger av endringer i byggekostnader for alternativene som innebærer endring i materialbruk. Alle kostnadsberegninger er dokumentert i vedlegg 1.

4.4.6 Luftkvalitet og støy

Enkelte av tiltakene kan gi virkninger gjennom endret luftkvalitet og støy. For eksempel kan bruk av naturlig eller avtrekksventilasjon gi noen utfordringer, som f.eks. tilførsel av ufiltrert luft, støy gjennom åpninger i fasaden og trekk fra ubehandlet ute-luft o.l. Når en benytter avtrekksventilasjon, tas luften gjerne inn gjennom spalter i vinduer eller åpninger i vegg. Dette kan unngås ved å installere filter, men dette vil kreve jevnlig utskifting og dermed øke drift- og vedlikeholdskostnader. Luftkvalitet og støy kan særlig være utfordrende i tettbygde strøk. Figur 4.7 viser et utsnitt av forurensingskart for Oslo. Støy fra veitrafikk er dessuten i stor grad korrelert med forurensingskartet for Oslo.

Luftkvalitet

Astma og allergi er utbredt blant deler av befolkningen. Basert på en rapport utgitt av Helse- og omsorgsdepartementet i 2008 (Helse- og

omsorgsdepartementet, 2008), forekommer astma hos ca. 20 % barn og unge og ca. 8 % hos voksne. Prosentandel barn og voksne som brukte astmalegemidler i 2017 var dog noe lavere, ca. 8 % av barn og unge og ca. 5 % av voksne (Folkehelseinstituttet (FHI), 2014 (oppdatert 2018)). Årsaken til astma og allergiske sykdommer er for det meste ukjent. For å forebygge plager hos de som allerede er syke, er det imidlertid viktig å unngå eller redusere eksponering for faktorer som kan forverre symptomene, som f.eks. allergener, luftforurensning og miljøkemikalier (Folkehelseinstituttet (FHI), 2014 (oppdatert 2018)).

Støy

Støyplager kan redusere trivsel og livskvalitet, og potensielt bidra til hjerte-karsykdommer og andre stressrelaterte helseplager. Ifølge en rapport fra Folkehelseinstituttet (Aasvang, 2012) opplever mellom tre og seks prosent av befolkningen sterk grad av plage eller søvnforstyrrelser som følge av støy fra vegtrafikk alene. Dette er spesielt relevant i tettbygde strøk. Andre utendørs støykilder kan være vind, regn, fugler og naboer. Soverom er derfor spesielt viktig å skjerme for støy.

Verdsetting

Innenfor pluss-minusmetoden har vi vurdert betydningen av luftkvalitet og støy for samfunnet som helhet til å være av middels til stor betydning. De samfunnsøkonomiske kostnadene/velferdstap av støy omfatter følgende virkninger (Magnussen & Ibenholt, 2015):

- Trivselstap/støyplage
- Søvnforstyrrelse
- Sykdom
 - o Økt blodtrykk (Hypertension) og
 - o Hjerte-kar-sykdommer (Akutte infarkt (AMI), slag og demens)
- Produktivitetstap

For alternativene vi har sett på kan både tynnere yttervegger og løsningene for ventilasjonsanlegg potensielt føre til mer støy. I alternativene med naturlig ventilasjon vil dette kunne gi dårligere luftkvalitet. Hvor store disse virkningene er, vil være geografisk betinget. I bygg som oppføres i større byer med dårlig luftkvalitet og mye støy vil de potensielle negative virkningene trolig være større enn i mindre byer/tettsteder.

Samlet sett har vi vurdert endringen i alternativene (omfanget) til å være liten sammenlignet med nullalternativet. Dette henger sammen med at de nye

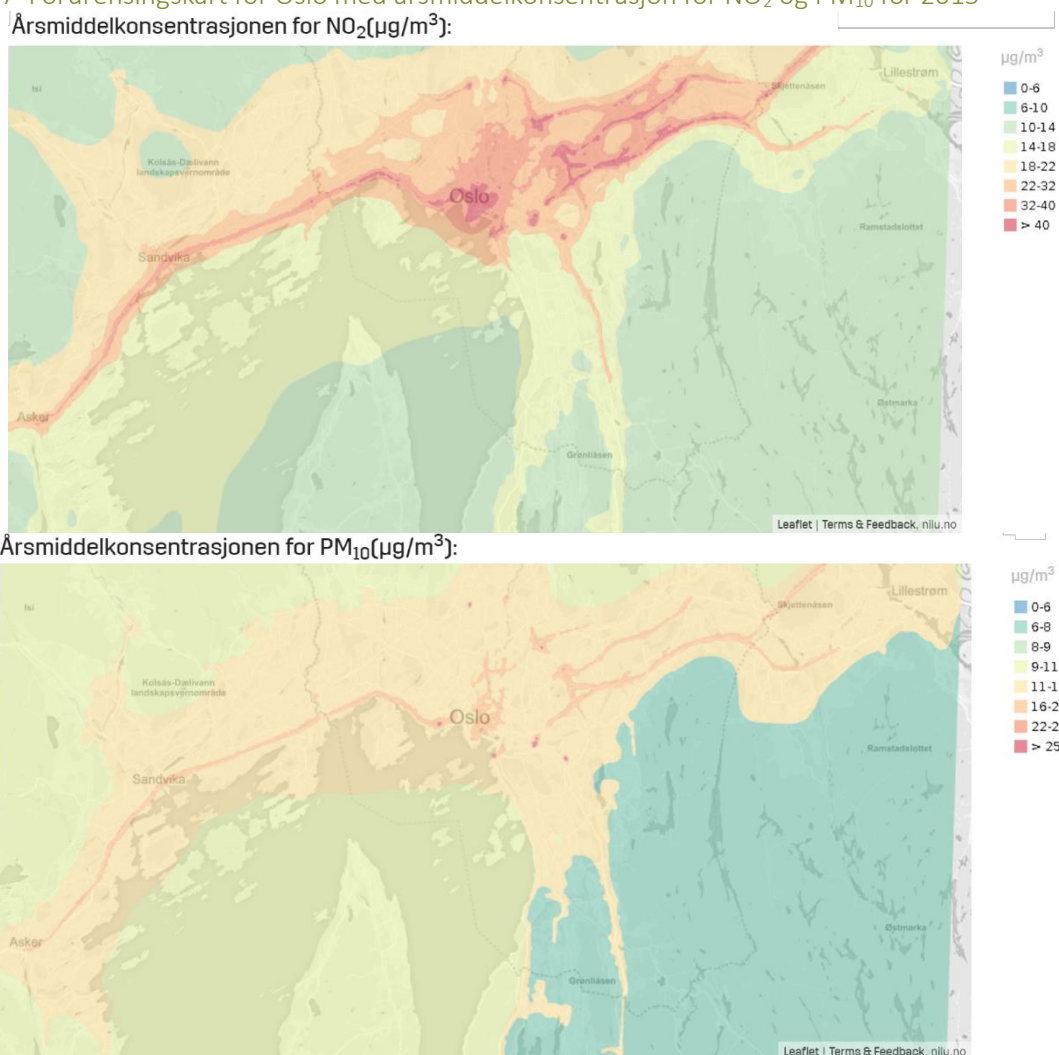
byggene må tilfredsstille kravene i kapittel 13 med krav om luftkvalitet og støy.

For de ulike alternativene varierer den samlede konsekvensen fra ingen virkning til liten negativ (-). De fleste alternativene vurderes innenfor førstnevnte, mens alternativene med naturlig ventilasjon kan gi noe negative virkninger for luftkvalitet.

4.4.7 Termisk komfort

Funksjonskravet til termisk inn klima i §13-4(1) er at "Termisk inn klima i rom for varig opphold skal tilrettelegges ut fra hensynet til helse og tilfredsstillende komfort ved forutsatt bruk." Videre angir

Figur 4.7 Forurensingskart for Oslo med årsmiddelkonsentrasjon for NO₂ og PM₁₀ for 2015



Kilde: Norsk institutt for luftforskning (NILU)

TEK17 noen *anbefalinger* til bl.a. temperaturnivåer, temperaturvarigheter og temperatursvingninger som bør overholdes.

Trekk

Ved bruk av naturlig/hybrid eller avtrekksventilasjon i bygg, øker risikoen for lokal termisk diskomfort forårsaket av trekk sammenlignet med dagens standardløsning med balansert mekanisk ventilasjon med varmegjenvinning.

Økt trekk vil kunne føre til at brukerne øker innetemperaturen og at energibruken øker som en konsekvens av det.

Verdsetting

Innenfor pluss-minusmetoden har vi vurdert betydningen av termisk komfort for samfunnet som helhet til å være av middels til liten betydning.

Vår vurdering er at de ulike alternativene i liten til ingen grad vil påvirke termisk komfort negativt sammenlignet med nullalternativet, altså oppfyllelse av dagens TEK17. For alternativene i «Oppfylle varmetapstall – alternativ metode (a)» innebærer dette relativt høye U-verdier for yttervegger noe som igjen kan gi temperaturforskjeller og lokalt dårligere termisk komfort. Også for alternativene i «Oppfylle krav om levert energi» med avtrekksvarmepumpe vurderes virkningen på termisk komfort som noe negativ. Dette kommer av risiko for lokal termisk diskomfort forårsaket av trekk, ref. avsnittet om trekk ovenfor. Endringene sammenlignet med nullalternativet vurderes imidlertid som små.

4.4.8 Dagslys

Vurderingene i denne rapporten viser at reduksjon av vindu-/dørareal er et mulig tiltak for å redusere varmetapstall og/eller åpne opp for reduksjon i kvalitet på andre klimaskallkomponenter. Reduksjon av vindu-/dørareal er dessuten et kostnadsbesparende

tiltak ettersom kostnadene for klimavegg er lavere enn for vindu/dør. Dette medfører at reduksjon av vindusareal kan bli et attraktivt tiltak for å tilfredsstille energikravene.

Ytelsen til dagslys regulert av TEK §13-7(2) må uansett tilfredsstilles. En tidligere studie (Løge & Karlsen, 2018) viser imidlertid at de preaksepterte ytelsene til dagslys er svake, særlig preakseptert ytelse 1b. Den svake preaksepterte ytelsen 1b medfører at det tillates å bygge boliger med lav andel glass i fasaden, som reelt sett har lav dagslystilgang, men som likevel formelt tilfredsstiller funksjonskravet til dagslys. Det vil være mulig å bygge boligblokker med <15 % vindu/dørareal i fasaden, som tilfredsstiller preakseptert ytelse 1b (forutsatt at skjerming i horisont er $\leq 45^\circ$). Dette gjelder imidlertid også innenfor gjeldende TEK.

Studier har vist at eksponering for lys med kvaliteter tilsvarende dagslys regulerer menneskets hormonproduksjon og rytme av søvn- og våkenhet (Andersen, Mardaljevic, & Lockley, 2012; Johnsson & Moan, 2006; Hraska, 2015), noe som er viktig for helsen vår. Studier har dessuten indikert økt konsentrasjon og produktivitet for personer som eksponeres for gode dagslysforhold på arbeidsplassen/skolen (Heschong Mahone Group, 2003; Figuerio, Rea, & Rea, 2002). I tillegg vurderes dagslys og utsyn som viktige faktorer for bokvalitet (NAL og AiN, 2017; Byggeindustrien, 2008).

Verdsetting

Innenfor pluss-minusmetoden har vi vurdert betydningen av dagslys for samfunnet som helhet til å være av middels stor betydning. Virkningene varierer imidlertid mellom alternativene. Virkningene vurderes imidlertid som små ettersom utbygger må holde seg innenfor kravene i TEK til dagslys (§13-7), og at mulighetene for å redusere dør- og vindusareal til mindre enn 25 prosent også er mulig innenfor dagens forskrift.

For de ulike alternativene varierer den samlede *konsekvensen* fra ingen virkning og liten negativ (-).

4.5 Vurdering av lønnsomheten

Dette avsnittet sammenfatter våre beregninger av prissatte virkninger og våre vurderinger av ikke-prissatte virkninger. Vi har prissatt virkninger for byggekostnader, endring av areal, energibehov, effektbehov og virkninger for klimagassutslipp. De prissatte virkningene er oppgitt i 2019-kroner, og framtidige verdier er neddiskontert over analyseperioden på 60 år. De ikke-prissatte virkningene som er vurdert er luftkvalitet, støy, termisk komfort og dagslys.

I tabellene i dette kapittelet representerer negative verdier samfunnsøkonomiske kostnader, mens positive verdier angir samfunnsøkonomiske nytte.

4.5.1 Oppfylle varmetapstall – hovedmetoden

Som omtalt i kapittel 4.3.1 er det marginale endringer i forslaget til nye varmetapstall. For kontorbygg innebærer det nye kravet til varmetapstall ingen endring, mens for småhus innebærer det nye forslaget faktisk en økning i kravet til varmetapstall. Dette betyr at kvalitetene på klimaskallet til småhusene kan reduseres noe sammenlignet med i dag. Konsekvensene av dette vurderes imidlertid til å

være små ettersom hovedmetoden vil ha et sikkerhetsnett i form av minimumsverdier til ulike bygningskomponenter.

For boligblokker innebærer det nye forslaget en skjerpelse av varmetapstallet fra 0,48 til 0,46. Varmetapstallet kan for eksempel tilfredsstilles enten ved å redusere luftlekkasjetallet noe eller ved å redusere normalisert kuldebroverdi. Som beskrevet i Vedlegg 1 (Erichsen & Horgen) vil disse tiltakene kreve noe mer fokus på prosjektering og utførelse, men kostnadsøkningen antas å være nær null.

4.5.2 Oppfylle varmetapstall – alternativ metode

Tabell 4.13 gjengir resultatene for å oppfylle varmetapstall for alternativ metode (a), og viser at de prissatte virkningene er positive for alle alternativene. Alle alternativene gir positive nyttevirkinger gjennom besparelser i byggekostnader og økt arealutnyttelse. Alle alternativene har små negative virkninger på luftkvalitet, støy, termisk komfort og dagslys (med ett unntak) som blant annet er knyttet til tynnere yttervegger og redusert vindusareal. Vi har imidlertid vurdert disse virkningene til å være små, og dermed at de ikke overstiger de positive prissatte nyttevirkningene.

Tabell 4.13 Oppfylle varmetapstall - alternativ metode a» - Sammenstilling av prissatte og ikke-prissatte virkninger som avvik fra nullalternativet. Oppgitt i tusen 2019-kroner per bygg

	Boligblokk		Kontor	
	A	B	A	B
Endring i byggekostnader	530	290	1 280	360
Endring i arealutnyttelse	870	754	1 620	1 620
Prissatte virkninger	1 400	1 044	2 900	1 980
Luftkvalitet	0	0	0	0
Støy	0/-	0/-	0/-	0/-
Termisk komfort	0/-	0/-	0/-	0/-
Dagslys	-	0/-	0/-	0

Note: Negative verdier angir samfunnsøkonomiske kostnader og positive verdier angir samfunnsøkonomisk nytte sammenlignet med nullalternativet.

Kilde: Erichsen & Horgen (vedlegg 1) og beregninger fra SØA.

4.5.3 Oppfylle krav om levert energi

Kravet til levert energi gjelder for både hovedmetoden og alternativ metode, og alle bygningstyper (småhus, boligblokk og kontorbygg). Vi har videre gjennomført beregninger for ulike kombinasjoner av tiltak for å tilfredsstille rammekrav til levert energi ved bruk av fjernvarme, tradisjonell varmpumpe og avtrekksvarmpumpe som energiforsyning, samt direktevirkende elektrisitet for småhus.

Boligblokk

Beregningene for boligblokker viser at alternativene samlet sett har positive prissatte konsekvenser. For alternativet med fjernvarme viser beregningene positive nyttevirkninger fra redusert effektbelastning til romoppvarming, redusert energibehov og noe lavere byggekostnader. På den negative siden trekker redusert arealutnyttelse noe ned, samt en mulig negativ konsekvens på dagslys ettersom vindusarealet reduseres i dette alternativet. Vi vurderer at den ikke-prissatte virkningen for dagslys ikke overgår de positive prissatte virkningene.

Alternativet med tradisjonell varmpumpe har også samlet sett positive prissatte konsekvenser. Dette kommer fra redusert energibehov, mens det trekker noe ned at tiltaket innebærer noe økte byggekostnader. Økningen i byggekostnadene utgjør imidlertid kun 0,3 prosent av de totale byggekostnadene.

Alternativet med avtrekksvarmpumpe har også samlet sett positive prissatte konsekvenser. Her trekker økt effektbehov noe ned, men redusert energibehov og økt arealutnyttelse trekker opp. De ikke-prissatte konsekvensene for luftkvalitet, støy og termisk komfort trekker alle i marginale negativ retning, men vi vurderer disse til å være mindre enn de tallfestede positive konsekvensene.

Sammenstillingen av prissatte og ikke-prissatte virkninger for disse alternativene gjengis i Tabell 4.14.

Kontorbygg

For alternativene med kontorbygg viser beregningene større variasjon. For alternativet med fjern-

Tabell 4.14 «Oppfylle krav om levert energi - boligblokk» - Sammenstilling av prissatte og ikke-prissatte virkninger som avvik fra nullalternativet. Oppgitt i tusen 2019-kroner per bygg

	Fjernvarme	Tradisjonell varmpumpe	Avtrekksvarmpumpe
Endring i effektbehovet (elektrisitetsnettet)	21	64	-53
Endring i energibehov	91	313	247
Endring i klimagassutslipp	5	19	15
Endring i byggekostnader	90	-70	-10
(Prosent av byggekostnader)	0,3%	-0,3%	0,0%
Endring i arealutnyttelse	-116	-	406
Prissatte virkninger	92	325	605
Luftkvalitet	0	0	-
Støy	0	0	-
Termisk komfort	0	0	0/-
Dagslys	0/-	0	0

Note: Negative verdier angir samfunnsøkonomiske kostnader og positive verdier angir samfunnsøkonomisk nytte sammenlignet med nullalternativet.

Kilde: Erichsen & Horgen (vedlegg 1) og beregninger fra SØA.

varme har tiltaket positive nyttevirkninger via redusert energibehov og effektbehov fra elektrisitetsnettet. Det er først og fremst økningen i byggekostnadene på 1,2 millioner kroner som trekker ned den samfunnsøkonomiske lønnsomheten i dette tiltaket. Samtidig utgjør denne økningen kun 0,8 prosent av totale byggekostnader.

Alternativet med tradisjonell varmepumpe har samlet sett positive konsekvenser. Dette kommer fra en reduksjon i energibehov og effektbehov fra elektrisitetsnettet for bygget. En liten økning i byggekostnader trekker ned, men økningen er kun på 0,1 prosent av samlede byggekostnader.

De to alternativene med avtrekksvarmepumpe kommer dårligst ut i denne analysen. Dette kommer av en kraftig økning i effektbehovet og økning i byggekostnadene (1,7-1,8 prosent av samlede byggekostnader), og framstår derfor både bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk ulønnsomt.

For de alternativene vi har sett på i denne analysen, viser beregningene at alternativet med (tradisjonell) varmepumpe i kontorbygg er mest attraktivt både i et bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk perspektiv.

Sammenstillingen av prissatte og ikke-prissatte virkninger for disse alternativene gjengis i Tabell 4.15.

Småhus

For alternativene med småhus viser også beregningen variasjon i resultatene. Alternativet «Elektrisitet» tar for seg virkningene for småhus med elektrisitet som energiforsyning, samt at kravet om skorstein er utelatt. Tilpasningen til ny forskrift innebærer at det må utføres noen mindre tiltak på bygningskroppen for å tilfredsstille nytt rammekrav til levert energi. Dette gir marginale positiv nytte fra redusert effektbehov og energibehov. De totale kostnadene for dette alternativet reduseres som følge av at kravet til skorstein utgår.

Tabell 4.15 «Oppfylle krav om levert energi - kontorbygg» - Sammenstilling av prissatte og ikke-prissatte virkninger som avvik fra nullalternativet. Oppgitt i tusen 2019-kroner per bygg

	Fjernvarme	Tradisjonell varmepumpe	Avtrekksvarmepumpe V01	Avtrekksvarmepumpe V02
Endring i effektbehovet (elektrisitetsnettet)	64	296	-1 567	-1 779
Endring i energibehov	260	776	260	260
Endring i klimagassutslipp	15	46	15	15
Endring i byggekostnader	-1 190	-150	-2 580	-2 480
(Prosent av byggekostnader)	-0,8%	-0,1%	-1,8%	-1,7%
Endring i arealutnyttelse	-	-	-	-
Prissatte virkninger	-851	969	-3 871	-3 983
Luftkvalitet	0	0	-	-
Støy	0	0	-	-
Termisk komfort	0	0	0	0/-
Dagslys	0	0	0	0/-

Note: Negative verdier angir samfunnsøkonomiske kostnader og positive verdier angir samfunnsøkonomisk nytte sammenlignet med nullalternativet.

Kilde: Erichsen & Horgen (vedlegg 1) og beregninger fra SØA.

Tabell 4.16 «Oppfylle krav om levert energi - småhus» - Sammenstilling av prissatte og ikke-prissatte virkninger som avvik fra nullalternativet. Oppgitt i tusen 2019-kroner per bygg

	Elektrisitet	Ildsted	Tradisjonell varmpumpe	Avtreksvarmpumpe
Endring i effektbehovet (elektrisitetsnettet)	1	15	15	-33
Endring i energibehov	5	5	23	56
Endring i klimagassutslipp	0	0	1	3
Endring i byggekostnader	12	-43	-	-175
(Prosent av byggekostnader)	0,2%	-0,8%	0,0%	-3,4%
Endring i arealutnyttelse	-	-	43	-
Prissatte virkninger	18	-23	82	-149
Luftkvalitet	0	0	0	-
Støy	0	0	0	-
Termisk komfort	0	0	0	0/-
Dagslys	0	0	0	0/-

Note: Negative verdier angir samfunnsøkonomiske kostnader og positive verdier angir samfunnsøkonomisk nytte sammenlignet med nullalternativet.

Kilde: Erichsen & Horgen (vedlegg 1) og beregninger fra SØA.

Alternativet med ildsted (og skorstein) gir noe lavere energibehov, samt lavere effektbehov fra elektrisitetsnettet ettersom vedfyring vil avlaste på de kaldeste dagene. Alternativet har noe høyere byggekostnader sammenlignet med referansebygget. Dette kommer som følge av at det må utføres mer omfattende energireduserende tiltak siden virkningsgraden for ildsteder er lavere enn direktevirkende elektrisitet. Erichsen & Horgen har vurdert at å redusere luftlekkasje og øke isolasjonstykkelsen i tak og gulv er antatt å være de mest kostnadseffektive tiltakene.

Alternativet med tradisjonell varmpumpe gir små positive virkninger fra redusert effektbehov, redusert energibehov og muligheten til økt arealutnyttelse. Det er ikke identifisert kostnadsvirkninger for dette alternativet.

For alternativet med avtreksvarmpumpe viser beregningene lavere energibehov på den positive siden. I dette alternativet trekker imidlertid økt effektbehov fra elektrisitetsnettet, samt øke byggekostnader (tilsvarende 3,4 prosent av totale byggekostna-

der) ned, og gjør at dette alternativet har negative prissatte virkninger. Videre trekker de ikke-prissatte virkningene ned den samfunnsøkonomiske lønnsomheten i dette alternativet.

Sammenstillingen av prissatte og ikke-prissatte virkninger for disse alternativene gjengis i Tabell 4.16.

4.5.4 Redusere klimagassutslipp gjennom endret materialbruk – alternativ metode

I Tabell 4.17 og Tabell 4.18 oppsummeres byggekostnader og verdsetting av reduksjon i klimagassutslipp for alternativene med endret materialbruk. Beregningene viser at enkelte av tiltakene vil innebære både en reduksjon i klimagassutslipp og en kostnadsbesparelse. Dette gjelder alternativene med stålplatetak, redusert vindusareal og tynnere yttervegger. Med unntak av alternativene med stålplatetak, gir disse imidlertid små reduksjoner i klimagassutslipp.

Alternativet med bæresystem i prefabrikkert betong er vurdert til å ha lav til ingen økning i byggekostna-

Tabell 4.17 «Alternativ metode (a) – endret materialbruk» - Boligblokk - - Sammenstilling av prissatte virkninger som avvik fra nullalternativet. Oppgitt i tusen 2019-kroner per bygg

	Bygge- kostnader	Reduksjon i utslipp	Klimagassutslipp	Prissatte virkninger
Bygge i tre	- 1 100	34 %	82	-1 018
Bæresystem i prefabrikkert betong		10 %	23	23
Stålplatetak lett element	600	8 %	18	618
Betong i lavkarbonklasse A	20	9 %	22	2
Redusere vindusareal	1 160	1 %	2	1 162
Resirkulert armeringsstål		2 %	4	4
Tynnere yttervegger	350	0 %	0	350

Note: Negative verdier angir samfunnsøkonomiske kostnader og positive verdier angir samfunnsøkonomisk nytte sammenlignet med nullalternativet.

Kilde: Erichsen & Horgen (vedlegg 1) og beregninger fra SØA.

Tabell 4.18 «Alternativ metode (a) – endret materialbruk» - Kontor - - Sammenstilling av prissatte og ikke-prissatte virkninger som avvik fra nullalternativet. Millioner 2019-kr

	Bygge- kostnader	Reduksjon i utslipp	Klimagassutslipp	Prissatte virkninger
Bygge i tre	-5 800	43 %	311	-5 489
Bæresystem i prefabrikkert betong	-	14 %	97	97
Stålplatetak lett element	790	10 %	71	861
Betong i lavkarbonklasse A	-62	8 %	60	-2
Redusere vindusareal	290	2 %	12	302
Resirkulert armeringsstål	-	1 %	10	10
Tynnere yttervegger	225	0 %	0	225

Note: Negative verdier angir samfunnsøkonomiske kostnader og positive verdier angir samfunnsøkonomisk nytte sammenlignet med nullalternativet.

Kilde: Erichsen & Horgen (vedlegg 1) og beregninger fra SØA.

dene og samtidig relativt betydelig reduksjon i klimagassutslipp. Dette framstår således som det mest kostnadseffektive alternativet. Alternativet med resirkulert armeringsstål er også vurdert til å ha lav eller ingen økning i byggekostnadene, men reduksjonen i klimagassutslipp er mindre i dette alternativet.

Alternativet med å bygge i tre gir størst reduksjon i klimagassutslipp, med en reduksjon på 43 prosent for kontorbygg og 34 prosent for boligbygg. Byggekostnadene er vanskelig å tallfeste og vil variere mye fra prosjekt til prosjekt. Erfaringstall fra tidligere prosjekter (se vedlegg 1) tyder på at byggekostna-

dene øker med 0-10 prosent, og mest sannsynlig estimat er 5,8 millioner kroner for kontorbygg og 1,1 millioner kroner for boligbygg. Dette gjør dette alternativet mindre kostnadseffektivt enn andre alternativer omtalt ovenfor.

For eksempel vil en kombinasjon av alternativene bæresystem i prefabrikkert betong, stålplatetak, redusert vindusareal, resirkulert armeringsstål og betong i lavkarbonklasse A gi en reduksjon i klimagassutslipp fra materialbruk på samlet 29 prosent for boligblokk og 35 prosent for kontorbygg, og alle disse har enten ingen eller lavere byggekostnad knyttet til seg.

4.5.5 Omfordeling innen tiltaksmetoden ikke lenger mulig (alternativ metode b)

Forslaget til ny forskrift innebærer at omfordeling innen tiltaksmetoden ikke lenger er mulig for småhus.

I vedlegget til denne rapporten (delkapittel 4.4) vurderer Erichsen & Horgen ulike tilpasninger av bygningskroppen som ikke lenger er tilgjengelige i forslaget til ny forskrift. Beregningene viser at ulike tilpasninger av bygningskroppen (dersom omfordeling hadde vært tillatt) kunne gitt kostnadsbesparelser fra om lag 2 000 til 82 000 kroner per bygg, dvs. fra 0-1,5 prosent av byggekostnaden.

Erichsen & Horgen viser imidlertid at en stor del av denne fleksibiliteten (i utforming av bygningskroppen) kan opprettholdes ved at småhusets energiytelse dokumenteres gjennom hovedmetoden. Dette vil imidlertid kunne gi noe økte prosjekteringskostnader siden det vil kreve mer omfattende beregningsmetoder sammenlignet med dagens forskrift. Det er rimelig å forvente at kostnaden vil avta etter hvert som utbygger tilpasser seg endringene.

Samlet sett vurderer vi konsekvensen av å utelate omfordelingsmuligheten for småhus til å ha liten samfunnsøkonomisk konsekvens.

4.5.6 Tiltaksmetoden for boligblokker er fjernet

Tiltaksmetoden er foreslått fjernet for boligblokker. I det tekniske vedlegget ble utelatelse av omfordeling i tiltaksmetoden for småhus vurdert å ha liten samfunnsøkonomisk konsekvens. Erichsen & Horgen sin erfaring er at rammekravsmetoden er mer utbredt for boligblokker enn for småhus og at den relative merkostnaden ved å utføre en energiberegning reduseres når størrelsen på bygget øker. Utelatelse av tiltaksmetoden for boligblokker er på bakgrunn av dette også vurdert til å ha liten samfunnsøkonomisk konsekvens.

4.5.7 Tilleggskrav for boligblokk og yrkesbygning

I §14-3 er det i forslaget til ny forskrift lagt til et krav for boligblokk og yrkesbygg om at det skal «utarbeides et klimagassregnskap» basert på metodikken i NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger.

På kostnadssiden vil dette innebære en liten økning i byggekostnadene. Størrelsen og kompleksiteten til bygget vil kunne påvirke kostnadene noe, men det er trolig ikke noen vesentlig forskjell mellom ulike bygningstyper. Basert på skjønn har vi lagt til grunn en gjennomsnittlig kostnad på 35 000 kroner for å gjennomføre klimagassregnskap per bygg. Dette utgjør kun 0,1 prosent av de totale byggekostnadene for en boligblokk på om lag 900 kvadratmeter (BRA), og 0,02 prosent av de totale byggekostnadene for et kontorbygg på 3 600 kvadratmeter (BRA). Vi antar også at kostnadene vil bli lavere etter hvert som byggebransjen og rådgivere innarbeider dette i sine rutiner. Vi har ikke identifisert andre kostnadsvirkninger av at man må utarbeide et klimagassregnskap.

Isolert sett inneholder ikke endringen i §14-3 noen krav til reduksjon i klimagassutslipp direkte. Kravet om å utarbeide klimagassregnskap kan imidlertid gi positive nyttegevinster gjennom å gjøre utbygger og boligkjøper mer bevisst på å velge klimavennlige løsninger. Dette vil i så fall gi lavere klimagassutslipp. Omfanget av denne virkningen er imidlertid for usikker til at vi har kunnet tallfeste dette.

4.5.8 Endringer i kapittel 9

Kapittel 9 i byggteknisk forskrift omhandler ytre miljø. Endringene i forskriftens kapittel 9 relativt til dagens forskrift er omtalt i kapittel 3.1.

Virkningene fra endringene i kapittel 9 har ikke vært mulig å verdsette i kroner innenfor rammene av dette oppdraget, blant annet fordi det er svært usikkert i hvilken grad de påvirker, og også i noen tilfeller

i hvilken retning (negativ eller positiv). Virkningene her vurderes dermed etter pluss-minus-metoden, som presentert i kapittel 1.2.

Etter en grundig gjennomgang av hvilke mulige virkninger og effekter som oppstår som følge av endringen i forskriften relativt til dagens forskrift, har vi kommet fram til at hver av tiltakene påvirker minst én av følgende kategorier:

- Byggekostnad
- Klimagassutslipp
- Helsemessige konsekvenser

Byggekostnader i denne sammenhengen viser til alle kostnader forbundet med byggeprosessen fra a til å, som prosjektering og bygging, og alle type byggeprosjekter som er omfattet av forskriften, både nybygg, rehabilitering og riving. Dette omfatter samfunnsgrupper som er aktører i byggeprosessen. Innenfor pluss-minus-metoden har vi vurdert betydningen av byggekostnad for samfunnet som helhet til å være av middels stor betydning.

Klimagassutslipp er diskutert i detalj i kapittel 4.4.4, og klimagassutslipp direkte relatert til byggenæringen er presentert i kapittel 2.1. Denne kategorien omfavner alle virkninger som medfører endring i klimagassutslipp relativt til dagens forskrift. Klimagassutslipp påvirker globalt, slik at relevant gruppe er samfunnet som helhet. Som vist i kapittel 4.4.4. er klimagassutslipp forbundet med en høy kostnad og enda høyere fremtidig klimarisiko for samfunnet. Innenfor pluss-minus-metoden har vi vurdert betydningen av klimagassutslipp til å være av stor betydning.

Som vist i Figur 4.8, er fire paragrafer i kapittel 9 endret, hvorav tre omhandler avfall. For disse tre er klimagassutslipp sentralt.

Figur 4.8 Endringene i kapittel 9



Med **helsemessige konsekvenser** menes alle positive og negative effekter på folks helse. Innenfor pluss-minus-metoden har vi vurdert betydningen av helsemessige konsekvenser til å være av stor betydning.

Nedenfor går vi gjennom tiltakene, og diskuterer i hvilket omfang de ulike tiltakene påvirker byggekostnader, klimagassutslipp og helsemessige konsekvenser sammenlignet med nullalternativet. Dette er grunnlaget for den samlede samfunnsøkonomiske vurderingen av hver av tiltakene som er presentert i Tabell 4.19.

§ 9-2. Helse og miljøfarlige stoffer

Endringen i § 9-2 konkretiserer og tydeliggjør kravet for hva som er tillatte nivåer av miljø- og helsefarlige stoffer i kjemiske og faste byggeprodukter.

Byggekostnader

Konkretiseringen innebærer at kravet kan være lettere å tolke. Dette kan bidra til å redusere byggekostnadene noe gjennom lavere prosjekteringskostnader. Den eventuelle reduksjonen i byggekostnader som følge av dette vurderes som marginal.

I den grad tiltaket medfører at utbygger må endre hvilke byggeprodukter som inngår i byggeprosjektet for å oppfylle de nye kravene, kan dette påvirke utbyggers kostnader for byggeproduktene. Det er usikkert om byggekostnadene vil øke eller reduseres som følge av dette. Sannsynligvis er byggeprodukter som oppfyller de nye kravene i så fall noe dyrere, fordi de har «bedre» egenskaper enn referansen. Det er usikkert hvor mye kostnaden endres som følge av dette, og endringen vil variere fra prosjekt til prosjekt, avhengig av type bygg mv.

De to mulige virkningene kan dra i ulike retninger (positivt og negativt) med tanke på hvordan de påvirker byggekostnadene. Det er dermed usikkert hvor mye og i hvilken retning virkningene påvirker byggekostnadene. Samlet sett vurderes det at *konsekvensen* av tiltaket er tilnærmet null (0).

Helsemessige konsekvenser

Dersom dagens § 9-2 tolkes slik at det i dag brukes faste produkter som inneholder mer enn grenseverdien (på 0,1 i vektprosent) av stoffer på den norske prioritetslisten eller REACH kandidatlisten som satt i endret forskrift, vil endringen føre til at det blir brukt noe mindre farlige stoffer/stoffer som kan ha skadelig effekt på mennesker og/eller miljøet i byggeprosjekter. Dette kan ha en positiv helsemessig betydning ved at produsenter og byggearbeidere som håndterer byggeproduktene blir utsatt for noe mindre helse- og miljøfarlige stoffer, og at innemiljø

blir bedre for brukere av bygget gjennom hele byggets levetid. Vi vurderer at virkningen av tiltaket er små da endringen i forskriften sannsynligvis vil gi marginale endringer i bruk av miljø- og helsefarlige stoffer i byggeprodukter. Samlet sett vurderer vi *konsekvensen* av tiltaket til liten positivt (0/+)

§ 9-5. Byggavfall

Den foreslåtte endringen medfører at nye byggeprosjekter i større grad prosjekteres og tilrettelegges for senere demontering.

Byggekostnad

Dette kan påvirke byggekostnader «i dag» ved at

- Prosjekteringskostnader på kort sikt øker. På lengre sikt vil muligheten til å omstille og effektivisere redusere kostnaden.
- kostnaden for innkjøp av byggematerialer kan bli påvirket, avhengig av hvorvidt byggematerialer som er mer egnet for demontering er dyrere, rimeligere eller tilsvarende i pris sammenlignet med «vanlige» byggematerialer.
- kostnader knyttet til selve byggeprosessen (på byggeplassen) påvirkes. Dersom for eksempel byggematerialer egnet for demontering i større grad er prekapp og prefabrikkerte elementer og moduler, kan byggingen bli mer effektiv og medføre mindre byggavfall, noe som reduserer byggekostnadene (Samfunnsøkonomisk analyse & NIBIO, 2020). Samtidig kan det medføre mer

Tabell 4.19 Samfunnsøkonomisk vurdering av endringer i kapittel 9.

	§ 9-2 Helse og miljø- farlige stoffer	§ 9-5 Byggavfall	§9-6 Avfallsplan	§ 9-8 Avfalls- sortering
Byggekostnad	0	0/-	0	0/-
Klimagassutslipp		0/+		0/+
Helsemessige konsekvenser	0/+			

Kilde: SØA

spesialisert arbeidskraft på byggeplassen, noe som kan øke byggekostnadene.

- arbeidet på byggeplassen blir mer ressurskrevende dersom bygget faktisk demonteres heller enn å rives. Dette krever at byggets elementer varsomt demonteres uten at egenskapene blir forringet, noe som krever mer spesialisert arbeidskraft.
- lokalt ombruk av byggematerialer kan erstatte nye byggematerialer og spare innkjøpskostnader.
- andre kostnader øker. Byggematerialer som skal ombrukes på ny måte i samme prosjekt eller i andre prosjekter, må lagres og transporteres på en måte som bevarer materialenes kvaliteter. Det kan være behov for å teste materialene for å dokumentere at de har de egenskaper som kreves av lover, føringer og av kunden som skal kjøpe ombruksmaterialene.

Hvordan endringene i § 9-5 påvirker byggekostnadene, og i hvilken grad, er usikkert. Tilrettelegging for og demontering av bygninger, samt ombruk av byggematerialer, er relativt ungt i byggenæringen. Det innebærer at det også er lite erfaring å vise til, se Samfunnsøkonomisk analyse & NIBIO (2020). Over har vi gjennomgått hvordan endringene i § 9-5 mulig kan påvirke byggekostnader, og samlet sett tyder gjennomgangen på at disse øker. Samtidig er det uklart hva det faktisk innebærer å prosjektere og tilrettelegge for senere demontering – hva som kreves utover dagens praksis. Forskjellige byggherrer og entreprenører vil kunne ha ganske forskjellig praksis. Uten konkrete krav, vurderes det rimelig å anta at de fleste utbyggere vil velge tilpasninger som oppfyller det nye kravet på rimeligst mulig måte, det vil si som innebærer minst mulig endring i byggeprosessen, noe som peker mot at omfanget av hvordan tiltaket påvirker samfunnet er liten. *Konsekvensen* av tiltaket vurderes å være liten negativ (0/-).

Klimagassutslipp

Tiltaket påvirker utslipp av klimagasser gitt at det medfører økt ombruk og økt materialgjenvinning. Da løftes utnyttelsen av disse ressursene ett eller flere steg i avfallspyramiden (som vist i Figur 4.9). Når ombruk eller materialgjenvinning erstatter de underliggende stegene i avfallspyramiden, spares råmaterialer som ellers ville blitt hentet ut av naturen og bearbeidet til byggematerialer. Det sparer klimagassutslipp forbundet med produksjon av byggematerialer. Denne klimaeffekten vil være høyere ved ombruk enn ved materialgjenvinning, ettersom sistnevnte krever videre behandling før det kan gå inn som materiale i nye produkter.

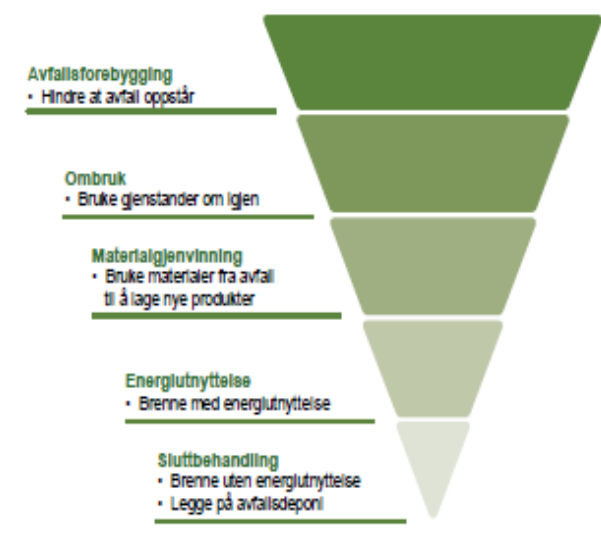
Nettoeffekten for klimagassutslipp, vil avhenge av hva nullalternativet er. Dersom trevirke går til materialgjenvinning heller enn til energiutnyttelse, spares jomfruelig trevirke (som har bundet CO₂ fra atmosfæren) og aktiviteter knyttet til videreføring av det jomfruelige trevirket som gir byggematerialer (som trestendere). Samtidig kan det være nødvendig at trevirket bearbeides (materialgjenvinnes) for å bli et nytt produkt. Siden det ikke går til energiutnyttelse, må noe annet erstatte trevirket som energikilde. Dersom dette er fossile energikilder, økes klimagassutslippene isolert sett.

Forskjellige virkninger fra tiltaket kan altså dra i forskjellige retninger med tanke på hvordan det påvirker klimagassutslipp. Nettoeffektene på klimagassutslipp vil variere, blant annet etter type materialer og geografi (transport, hvilke avfalls- og gjenvinningstjenester som tilbys i området osv.). Samlet sett vurderes det at tiltaket vil bidra til å redusere klimagassutslippene forbundet med byggavfall.

Kapittel 2.1 viste at byggenæringen bidrar med betydelige klimagassutslipp fra byggeplassen og aktivitet i Norge og i utlandet som utløses som følge av byggeaktivitet i Norge. Hvor mye tiltaket vil bidra til å redusere klimagassutslipp, er derimot ganske

usikkert. Som allerede diskutert i avsnittet om byggekostnader, er det usikkert ut ifra formuleringen i den nye forskriften hva som kreves utover dagens praksis. Uten konkrete krav, vurderes det rimelig å anta at de fleste utbyggere vil velge tilpasninger som oppfyller det nye kravet på rimeligst mulig måte. Gitt at rimeligst mulig måte sammenfaller med minst mulig klimagassreduksjon, vil omfanget være lite. Den samfunnsøkonomiske *konsekvensen* av tiltaket vurderes å være liten positiv (+/0).

Figur 4.9 Avfallspyramiden



Kilde: Miljødirektoratet / miljøstatus.no

§ 9-6. Avfallsplan

Endringen i § 9-6 anses som en presisering, ikke en reell endring gitt at praksis i byggenæringen med eksisterende forskrift er å tolke at «konstruksjoner» omfatter bygninger.

Byggekostnader

Da er eneste virkning fra tiltaket at forskriften blir lettere å tolke. Som med tiltaket i § 9-2, kan dette ha en liten positiv betydning for utbygger dersom det bidrar til en liten reduksjon i byggekostnader ved at prosjekteringskostnader går noe ned. Vi vurderer at

omfanget både for utbyggers byggekostnader, og dermed også for samfunnet, er liten.

Dersom dagens formulering er tolket som ikke å omfatte bygninger, vil endringen også medføre en endring for tiltak på bygninger som er under grensen i BRA, og over grensen på 10 tonn generert avfall. Disse vil nå påkreves å lage avfallsplan, mens de under dagens forskrift ikke må det. Å lage avfallsplan vurderes at vil øke byggekostnadene noe relativt til ikke å lage avfallsplan. I praksis gjelder dette sannsynligvis ytterst få eller ingen prosjekter.

§ 9-8. Avfallssortering

Forslaget innebærer at minimum 70 vektprosent heller enn 60 vektprosent av byggavfall skal sorteres i ulike avfallstyper og leveres til godkjent avfallsmottak eller direkte til gjenvinning. Økningen i minimumskravet er altså på 10 prosentpoeng.

Byggekostnader

Endringen påvirker byggekostnader dersom utbyggere ikke allerede oppfyller 70-prosentkravet, slik at de må øke sorteringsgraden av byggavfallet. Økt sortering krever mer tid, noe som i så fall vil øke byggekostnadene (gjennom økte lønnskostnader). Det kan tenkes at merkostnaden for å tilpasse seg det nye kravet over tid vil gå mot null ettersom nye rutiner innarbeides og effektiviseres. Omfanget av virkningen vil dermed være liten, og den samfunnsøkonomiske *konsekvensen* vil være liten negativ (0/-).

Klimagassutslipp

Økt sortering kan innebærer at mer av byggavfallet kan utnyttes i et høyere trinn av avfallspyramiden (som vist i Figur 4.9), noe som kan føre til redusert klimagassutslipp etter samme resonnement som i diskusjonen om klimagassutslipp over. Dette vurderes å ha en liten positiv samfunnsøkonomisk *konsekvens* (0/+).

4.6 Usikkerhet

Det er på et generelt plan heftet usikkerhet ved alle samfunnsøkonomiske analyser. Prissatte effekter er basert på usikre forutsetninger og estimater, og det vil noen ganger være uenighet knyttet til verdsettingen av ikke-prissatte effekter.

Generaliserbare resultater

I denne analysen har vi tatt utgangspunkt i referansebygg basert på modifisering av tidligere modellbygg (kalt SINTEF-kassene) og deretter vurdert ulike alternativer for utforming av bygningskropp og oppvarmingsløsninger (fjernvarme, elektrisitet, varmepumpe og avtrekksvarmepumpe) for å synliggjøre ulike måter å oppfylle forslagene til endringer i TEK. Hensikten har vært at utvalget skal representere både hvordan dagens praksis kan utfordres og hva som antas å være mest sannsynlig valgt løsning.

Beregningene presentert i kapittel 4.5 gir et godt bilde på de bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske konsekvensene knyttet til de valgte eksempelbyggene og alternativene vi har analysert. Det er imidlertid usikkert i hvilke grad resultatene kan generaliseres til alle bygningstyper og bygningsutforming. Alle bygg har sin unike utforming, og virkningene fra de foreslåtte endringene i TEK kan variere på tvers av bygningstype og utforming. Dette gjør at man ikke kan aggregere resultatene i denne analysen for å vurdere de samfunnsøkonomiske virkningene for alle nybygg i Norge.

Videre vil det kunne være store geografiske forskjeller. Dette gjelder for eksempel ved verdsetting av bygningsareal, verdien av å redusere/øke effektbehovet og luftkvalitet og støy. Geografiske variasjoner vil derfor også representere en usikkerhet ved beregningene.

Usikkerhet knyttet til verdsetting

Så langt det er mulig har vi basert forutsetningene våre på tilgjengelig informasjon og datagrunnlag. Det vil likevel være knyttet usikkerhet til tallfestingen av virkningene.

Som omtalt i kapittel 4.4.4 er det knyttet særlig usikkerhet til framtidig pris på CO₂. Som argumentert i kapitlet er usikkerheten først og fremst knyttet til om CO₂-prisen burde vært enda høyere enn det vi har lagt til grunn i vår analyse. Ettersom alle alternativene innebærer skjerpelser av energikrav, vil en høyere CO₂-pris i så fall trekke alle alternativene mot større samfunnsøkonomiske nyttevirkinger.

4.7 Fordelingsvirkninger

Fordelingseffekter i en samfunnsøkonomisk analyse beskriver hvordan virkningene av tiltakene fordeles seg mellom ulike grupper i samfunnet (DFØ, 2018). Dersom nytten av et tiltak tilfaller en eller noen samfunnsgrupper, mens andre grupper må bære (en uforholdsmessig) kostnad, bør dette synliggjøres, og det bør vurderes hvorvidt grupper som nyter godt av et tiltak skal kompensere grupper som bærer kostnadene. Virkningene påvirker hovedsakelig to samfunnsgrupper: utbyggere og samfunnet/befolkningen generelt.

Oppfylling av varmetapstall i «Hovedmetoden» har vi vurdert til å ha små virkninger, og dermed heller ingen fordelingsvirkninger av betydning. Oppfylling av varmetapstall i «Alternativ metode a» har vi beregnet til å ha positive virkninger for utbygger gjennom både lavere byggekostnader og økt arealutnyttelse. For boligkjøper har tilpasningen små virkninger. Det eneste som trekker noe ned er muligheten til å redusere vindusareal og redusere isolasjonstykkelsen i veggene. Som omtalt i kapittel 4.4.6-4.4.8 kan dette isolert sett få negative konsekvenser for dagslys og støy. Samtidig må utbygger holde seg innenfor kravene til dagslys, luftkvalitet og støy

som er definert i andre deler av TEK. Disse virkningene anses derfor til å være små. Dersom det er store negative virkninger for disse egenskapene, burde det i så fall også reflekteres i prisen på boligen.

Resultatene for «Leverte energi» viser større spenn og variasjon mellom alternativene. De fleste alternativene vi har tatt for oss i denne analysen gir høyere byggekostnad for utbyggere. Det to eneste unntakene er fjernvarme for boligblokk og småhus med kun elektrisitet som hovedoppvarmingskilde, hvor byggekostnadene er noe lavere. Samtidig er virkningene på byggekostnadene målt i prosent av totale byggekostnader små, fra 0,3 til 3,4 prosent.

Alle alternativene gir mer energieffektive bygninger og redusert energibehov. I tillegg påvirker alternativene effektbehovet til romoppvarming. Dette er kvaliteter ved en bolig eller kontorbygg som kan påvirke utsalgsprisen, og det er derfor usikkert i hvor stor grad dette vil tilfalle/pålegges utbygger eller kjøperen av boligen/kontorbygget.

For tiltakene som gir redusert klimagassutslipp gjennom endret materialbruk viser analysen at det er fullt mulig å oppnå 20 prosent reduksjon i klimagassutslipp med alternativer som har negativ eller liten påvirkning på byggekostnadene. Vi har ikke identifisert noen uheldige fordelingsvirkninger for disse tiltakene.

Endringene i kapittel 9

For § 9-2. Helse- og miljøfarlige stoffer, finner vi at tiltaket har tilnærmet ingen eller liten negativ konsekvens for byggekostnader. I den grad det er noen kostnad forbundet med tiltaket, faller den på aktørene i byggenæringen. Vi finner at tiltaket har en liten positiv betydning for produsentarbeidere og byggeplassarbeidere som håndterer byggeproduktene, og for brukere av bygningene.

Endringene i § 9-5. Byggavfall finner vi at har en liten negativ konsekvens for byggekostnader, en kostnad som bæres av aktørene i byggenæringen, mens det har en positiv betydning for samfunnet som helhet gjennom reduserte klimagassutslipp.

Endringene i § 9-6. Avfallsplan vurderes å ha tilnærmet ingen konsekvenser da dette anses som en presisering, og ikke en reell endring.

For § 9-8. Avfallssortering, finner vi at tiltaket vil øke byggekostnadene for aktørene i byggenæringen, mens nytten av reduserte klimagassutslipp tilfaller samfunnet som helhet.

4.8 Samlet vurdering

Ovenfor har vi vurdert ulike alternativer for å tilpasse seg varmetapstall, levert energi og endret materialbruk isolert sett.

En utbygger står imidlertid ovenfor et valg om å enten gjennomføre hovedmetoden eller alternativ metode. Dersom **hovedmetoden** velges, må utbyggeren:

- Oppfylle varmetapstallene i hovedmetoden
- Oppfylle minimumsnivåene
- Oppfylle krav om levert energi

Dersom **alternativ metode** velges, må utbyggeren:

- Oppfylle varmetapstallene i alternativ metode
- Oppfylle krav om levert energi
- Redusere klimagassutslipp gjennom endret materialbruk

Beregningene våre viser at det finnes mulige tilpasninger innenfor begge metodene som er både bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsomme for alle bygningstyper.

De ulike tiltakene innenfor «alternativ metode» gir de høyeste nytteverdiene. Dette knytter seg til at det

er mulige bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske besparelser når man ikke trenger å oppfylle minimumskravene i §14-2 (fjerde ledd). Samtidig viser analysen at det framstår som fullt mulig å redusere klimagassutslippene fra bygningsmaterialer med 20 prosent uten at det er nødvendig å gjennomføre tiltak med store kostnader.

For de alternativene vi har sett på, viser beregningene at det er knyttet størst utfordringer til å oppfylle kravet om levert energi. Kravet om levert energi gjelder for både hovedmetoden og alternativ metode.

Analysen viser imidlertid at det er mulig å oppfylle kravene til levert energi for alle bygningstypene. For boligblokk har alle alternativene (fjernvarme, tradisjonell varmpumpe og avtrekksvarmpumpe) positiv prissatte virkninger, og til lave eller neglisjerbare bedriftsøkonomiske kostnader. Alternativet med fjernvarme gir noe økte byggekostnader, men kun 0,3 prosent av de totale byggekostnadene.

For kontorbygg framstår alternativet tradisjonell varmpumpe som samfunnsøkonomisk lønnsomt, mens alternativene med fjernvarme og avtrekksvarmpumpe gir økte byggekostnader og økt effektbehov (gjelder kun avtrekksvarmpumpe) som ikke motsvares av andre nyttegevinster. I alternativet med fjernvarme øker byggekostnadene med 0,8 prosent sammenlignet med referansebygget, mens byggekostnadene øker med 1,7-1,8 prosent for alternativet med avtrekksvarmpumpe.

For småhus gir alternativene med elektrisitet og tradisjonell varmpumpe samlet sett positive samfunnsøkonomiske nyttevirkninger. Alternativet med ildsted og skorstein har marginale negative virkninger som følge av en økning i byggekostnaden. Økningen i byggekostnadene i dette alternativet er imidlertid kun på 0,8 prosent. Alternativet med avtrekksvarmpumpe har negative virkninger både gjennom økt effektbehov fra elektrisitetsnettet, og økte byggekostnader (tilsvarende 3,4 prosent av totale byggekostnader), og vurderes som samfunnsøkonomisk ulønnsomt.

Referanser

- Aasvang, G. M. (2012). *Helsebelastning som skyldes veitrafikkstøy i Norge*. Folkehelseinstituttet.
- Andersen, M., Mardaljevic, J., & Lockley, S. W. (2012). A Framework for Predicting the Non-Visual Effects of Daylight – Part I: Photobiology-based Model. *Lighting Research and Technology*(1), ss. 37-53.
- Andreassen, L. G., & Rosendahl, K. E. (2019, 05. 15.). *Bør sette en CO2-pris for norske investeringer*. Hentet fra Dagens næringsliv: <https://www.dn.no/innlegg/klima/okonomi/finans/bor-sette-en-co2-pris-for-norske-investeringer/2-1-604215>
- Asplan Viak. (2019). *Bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp*. Oppdrag, Byggenæringens Landsforening . Hentet fra https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp_bae_2019.pdf
- Byggeindustrien. (2008, 04 12). Dagslys viktigst ved boligkjøp. Hentet fra <http://www.bygg.no/article/31074>
- DFØ. (2018). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. Oslo: Direktoratet for økonomistyring.
- Direktoratet for økonomistyring. (2018). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*.
- Direktoratet for økonomistyring. (2018). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*.
- European Commission. (2019, 07 08). *Waste Construction and Demolition Waste (CDW)*. Hentet 12 09, 2019 fra European Commission: https://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm
- Figuerio, M., Rea, M., & Rea, A. (2002). Daylight and productivity - a possible link to circadian regulation.
- Finansdepartementet. (2014). *Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv*. Hentet fra https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/_109_2014.pdf
- Folkehelseinstituttet (FHI). (2014 (oppdatert 2018)). *Folkehelse rapporten - Astma og allergi*. FHI.
- Helse- og omsorgsdepartementet. (2008). *Nasjonal strategi for forebygging og behandling av astma- og allergisykdommer*. Oslo: Helse- og omsorgsdepartementet. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/hod/dokumenter-fha/astmastrategi.pdf?id=2265168>
- Heschong Mahone Group. (2003). *Windows and offices: A study of office worker performance and the indoor environment*. California Energy Commission.
- Hraska, J. (2015). Chronobiological aspects of green buildings daylighting. *Renewable Energy*, ss. 109-114.
- Ibenholt, K., Frisell, M., Gobakken, L. R., Hegnes, A. W., & Walbækken, M. M. (2020). *Avfall i byggebransjen*.
- IPCC. (2018). *Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development*. IPCC. Hentet fra https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter2_Low_Res.pdf

- Johnsson, A., & Moan, J. (2006). Rytmer, deprisjoner og lys. *Tidsskrift for den norske lægeforening*, 126, ss. 1044-1047.
- Løge, R., & Karlsen, L. R. (2018). Dagslys - en forutsetning for god folkehelse.
- Magnussen, K., & Ibenholt, K. (2015). *Forprosjekt: Metodeutvikling for utredning og prissetting av støy i veileder V712*.
- Markets Insiders. (2019, 12. 17.). *CO2 EUROPEAN EMISSION ALLOWANCES IN USD – HISTORICAL PRICES*. Hentet fra Markets Insiders: <https://markets.businessinsider.com/commodities/historical-prices/co2-european-emission-allowances/euro>
- Miljødirektoratet. (2019). *Den norske prioritetslista*. Hentet 12 09, 2019 fra Miljødirektoratet: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/kjemikalier/regelverk/prioritetslista/>
- Miljødirektoratet, Statens vegvesen, Kystverket, Landbruksdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat & Enova. (2020). *Klimakur 2030: Tiltak og virkemidler mot 2030*. M-1625. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/klimakur>
- Multiconsult. (2019). *Hywind Tampen - Samfunnsmessige ringvirkninger*. Oppdrag. Hentet fra <https://www.equinor.com/content/dam/statoil/documents/impact-assessment/hywind-tampen/equinor-multiconsult-2019-hywind-tampen-samfunnsmessige-ringvirkninger.pdf>
- NAL og AiN. (2017). *Bo- og Boligkvalitet*. NAL og AiN. Hentet fra <file:///C:/Users/io162/Downloads/170426%20Rapport%20Bo-%20og%20boligkvalitet.pdf>
- NHP. (2017). *Handlingsplan 2017 - 2020*. NHP. Hentet fra <http://www.byggemiljo.no/nasjonal-handlingsplan-for-bygg-og-anleggsavfall-2017-2020-nhp4-er-klar/>
- NHP-nettverket. (2016). *Avfallshåndtering på byggeplass*. NHP-nettverket.
- Nordby, A. S., & Wærner, E. R. (2017). *Hvordan planlegge for mindre avfall*. Norwegian Green Building Council (NGBC). Hentet fra https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/07/NGBC_veileder_Hvordan-planlegge-for-mindre-avfall.pdf
- Norsk institutt for luftforskning (NILU). (u.d.). *Nasjonalt beregningsverktøy for luftkvalitet*. Hentet 12 2019 fra Forurensningskart: <https://www.luftkvalitet-nbv.no/>
- NVE. (2014). *Fjernvarmens rolle i energisystemet*. NVE.
- NVE. (2017). *Forslag til endring i forskrift om kontroll av nettvirksomhet - Utforming av uttakstariffer i distribusjonsnettet*. NVE.
- NVE. (2018). *Status og prognoser for kraftsystemet 2018*. NVE.
- NVE. (2019). *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2019-2040*. Rapport nr 41/2019.
- Pöyry, D. o. (2019). *Kostnader i strømmettet - gevinster ved koordinert lading av elbiler*.
- Rønning, A., Engelsen, C. J., & Brekke, A. (2016). *Materialstrømsanalyse - byggavfall*. NHP-nettverket.

- Skogedal , O. (2019). *Statistikk over BA-avfall*. Mepex. Hentet fra <https://innovativeanskaffelser.no/wp-content/uploads/2018/12/nhp-statistikk-ba-avfall-20190123.pdf>
- SSB. (2014, 07 14). *Energibruk i husholdningene, 2012*. Hentet 12 09, 2019 fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/husenergi/hvert-3-aar/2014-07-14>
- SSB. (2015). *Hvilke utslipp dekkes av statistikkene?* Hentet fra <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/hvilke-utslipp-dekkes-av-statistikkene>
- SSB. (2019). *Utslipp til luft*. Hentet fra <https://www.ssb.no/klimagassn>
- Statens forurensningstilsyn. (2009). *Vurdering av fremtidige kvotepriser*. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/2545/ta2545.pdf>
- Statens vegvesen. (2018). *Konsekvensanalyser*. Vegdirektoratet. Hentet fra https://www.vegvesen.no/_attachment/704540/binary/1273191?fast_title=H%C3%A5ndbok+V712+Konsekvensanalyser.pdf
- Thema. (2013). *Rebound, prebound og lock-in ved energieffektivisering i boliger: Kunnskapsstatus og virkemiddelanalyse*.
- Thema. (2017). *Norsk definisjon av nesten nullenergibygge*. Notat. Hentet fra <https://www.energinorge.no/contentassets/fa5408b0d2d94d989a0f0e1e1acd195c/the-ma-notat-norsk-definisjon-av-nesten-nullenergibygge.pdf>



SAMFUNNSØKONOMISK ANALYSE

RAPPORT



TEKNISK VEDLEGG TIL SAMFUNNSØKONOMISKE
ANALYSER AV ENDRINGER I TEK

**TEKNISK VEDLEGG TIL SAMFUNNSØKONOMISKE ANALYSER AV
ENDRINGER I TEK**

Oppdragsgiver DiBK	Dato 13.03.20
Oppdragsgivers kontaktperson Inger Grethe England	EH-oppragsnummer 14357
Utarbeidet Reidun Dahl Schlanbusch, Herman Myrberg Rinholm og Line R. Karlsen	Dokumentnummer
Sidemannskontroll Arnkell J. Petersen og Ida Bryn	EH Godkjenning
Revisjonsnummer -	Revisjonsdato -

SAMMENDRAG

Denne rapporten inngår som et teknisk vedlegg til samfunnsøkonomiske analyser av forslag fra DiBK til ny kravsinnetning for energikrav i byggteknisk forskrift (TEK). Rapporten vurderer ulike løsninger for kvaliteter på klimaskall, tekniske installasjoner, energiforsyning og valg av materialer for å tilfredsstille foreslåtte ytelser til varmetapstall, effektbehov, levert energi og klimagassutslipp for boligblokk <math><1000\text{ m}^2</math>, kontorbygg $\geq 1000\text{ m}^2$ og småhus. Rapporten angir også estimer av merkostnader eller kostnadsbesparelser for materialer og tekniske installasjoner for å tilfredsstille de nye energikravene, sammenlignet TEK17-nivå.

Det utredede forslaget fra DiBK representerer en skjerpning på 4-8 % av energiytelser sammenlignet med dagens forskriftskrav TEK17. Det foreslåtte rammekravet til levert energi medfører spesielt skjerpning av ytelsesnivå på bygg med varmesystemer med relativt lav systemvirkningsgrad. Dette gjelder i all hovedsak løsninger med fjernvarme, biobrensel og elektrisitet. Dette kan føre til at slike løsninger velges bort. Der fjernvarme og bioenergi velges bort, kan effektbelastningen på elnettet øke tilsvarende.

Med det nye forslaget vil varmepumpe kunne være en attraktiv energiforsyningsløsning. Økt bruk av tradisjonelle varmepumper vil redusere både energi- og effektbehovet. Avtrekksventilasjon med avtrekksvarmepumpe vil derimot øke effektbehovet. Et boligbygg bygget etter dagens tiltakspakke med avtrekksvarmepumpe vil også oppfylle forslag til ny TEK.

DiBK har foreslått å inkludere klimagassutslipp fra materialer i kravsinnetningen. Å finne riktig nivå på rammekrav til klimagassutslipp er en utfordring. Erfaringer og erfaringstall fra Erichsen & Horgen er utredet i kapittel 6.2 og kan benyttes som bistand i prosessen. Vår konklusjon er at vi ser en mulighet for noe skjerpning av kravet i forhold til det som er foreslått fra DiBK.

Vår utredning av tiltak for å redusere klimagassutslipp viser at det er mulig å redusere klimagassutslipp knyttet til materialer i nybygg med 20-30 % uten økning i materialkostnad. Ofte vil det først og fremst være økte prosjekteringskostnader når man skal omstille seg til et klimavennlig materialkonsept. Det er også alltid en kostnad knyttet til å gjøre ting på en annen måte enn det man er vant til. Dette vil endre seg over tid når de klimavennlige løsningene blir mer vanlige.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING	6
2	FORESLÅTTE KRAV FRA DIBK.....	6
2.1	Krav til varmetapstall og ramme for levert energi – Hovedmetode og Alternativ metode a	7
2.2	Minimumsnivå – Hovedmetode.....	7
2.3	Klimagassreduksjon fra materialer	8
2.4	Tiltaksmetoden småhus	8
3	RAMMER OG REFERANSEVERDIER	9
3.1	Begrensning av oppdrag	9
3.2	Basis/referansebygg	9
3.3	Vurdering av kostnadsendringer	10
3.3.1	Totalkostnad for referansebyggene	10
3.3.2	Kuldebroer	11
3.3.3	Luftlekkasjer.....	11
3.3.4	U-verdier	11
3.3.5	Arealendringer	12
3.3.6	Andre kostnader.....	12
4	VURDERING AV VARMETAPSTALL OG LEVERT ENERGI	13
4.1	Referanse TEK17	13
4.1.1	Referanse TEK17 – varmetapstall	14
4.1.2	Referanse TEK17 – levert energi.....	14
4.1.3	Referanse TEK17 – effekt.....	14
4.2	Hovedmetode.....	15
4.2.1	Hovedmetode – varmetapstall	15
4.2.2	Hovedmetode – levert energi	16
4.3	Alternativ metode a	27
4.4	Alternativ – småhus	29
5	DRØFTING AV KONSEKVENSER, VARMETAPSTALL OG LEVERT ENERGI.....	31
5.1	Inneklima.....	31
5.1.1	Avtrekkssystemer	31
5.1.2	Tynnere yttervegger	32
	Dagslys	33
5.1.3	33	
5.1.4	Støy	33
5.2	Varmetapstall	34
5.2.1	Avtrekkssystemer	34
5.3	Energiforsyning, energikvalitet, energibruk og effekt	35
5.3.1	Effekt.....	35
5.3.2	Avtrekkssystemer	35
5.3.3	Fjernvarme.....	35
5.3.4	Vedfyring.....	37

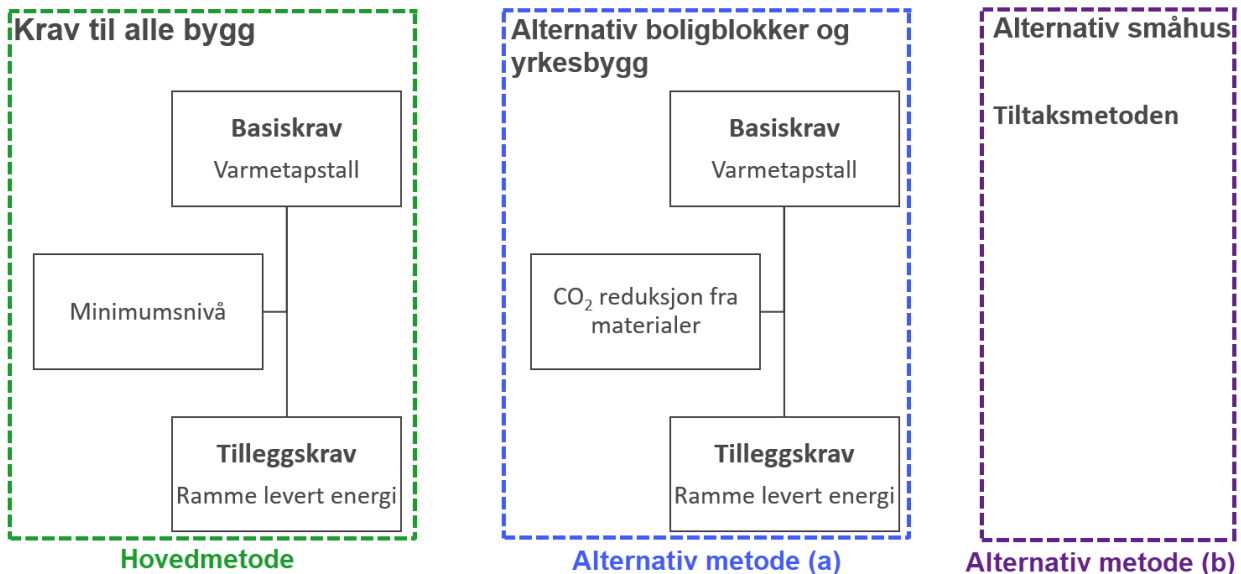
6 VURDERING AV KLIMAGASSUTSLIPP	38
6.1 Hva koster det å kutte klimagassutslipp fra materialer i bygg?	38
6.1.1 TEK 17 referanse	38
6.1.2 Kutt i klimagassutslipp	38
6.1.3 Utslippsprofil over livsløpet	39
6.1.4 Tiltak for å redusere klimagassutslipp	39
6.1.5 Drøfting klimagassutslipp og kostnader	48
6.2 Å finne riktig nivå på rammekrav til klimagassutslipp fra materialer	49
6.2.1 Erfaringstall fra Erichsen & Horgen	49
6.2.2 Andre erfaringstall	51
6.2.3 Formfaktor påvirker utgangspunktet i stor grad	51
6.2.4 Anbefalinger rammekrav klimagass	52
7 OPPSUMMERING	53
8 BIBLIOGRAFI	54
APPENDIKS 1: DOKUMENTASJON AV KLIMAGASSMODELLER	56
APPENDIKS 2: UTSLIPSPROFILER	61
APPENDIKS 4 - AREALBEREGNINGER	62

1 INNLEDNING

Denne rapporten inngår som et teknisk vedlegg til samfunnsøkonomiske analyser av forslag fra DiBK til ny kravinnretning for energikrav i byggteknisk forskrift (TEK). Rapporten vurderer ulike løsninger for kvaliteter på klimaskall, tekniske installasjoner, energiforsyning og valg av materialer for å tilfredsstille foreslåtte ytelser til varmetapstall, levert energi og klimagassutslipp. Rapporten er begrenset til å utrede ytelser for boligblokk <math><1000\text{ m}^2</math>, kontorbygg $\geq 1000\text{ m}^2</math> og småhus. Rapporten angir også estimater av merkostnader eller kostnadsbesparelser for materialer og tekniske installasjoner for de utredede kombinasjonene av tiltak for å tilfredsstille de nye energikravene, sammenlignet med referansebygg iht. TEK17.$

2 FORESLÅTTE KRAV FRA DiBK

Figur 1 illustrerer oppbygningen av krav for å tilfredsstille forslag til reviderte energikrav i teknisk forskrift fra DiBK.



Figur 1: Foreslått oppbygning av reviderte energikrav i TEK

2.1 Krav til varmetapstall og ramme for levert energi – Hovedmetode og Alternativ metode a

I forslaget fra DiBK er ytelsene til varmetapstall og energiramme for levert energi for småhus, boligblokker og kontor kvantifisert iht. Tabell 1.

Tabell 1: Angitte ytelsesnivåer til varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon samt energiramme for levert energi i forslag til reviderte energikrav i TEK fra DiBK.

Bygningskategori	Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon [W/m ² K] ≤1000 m ²	Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon [W/m ² K] >1000 m ²	Energiramme for totalt levert energibehov [kWh/m ² år]
Småhus	0,64	0,64	110
Boligblokk	0,46	0,42	90
Kontor	0,46	0,42	105

2.2 Minimumsnivå – Hovedmetode

For Hovedmetoden illustrert i Figur 1 gjelder også minimumsnivå gitt i Tabell 2. Disse minimumsverdiene er tilsvarende krav i TEK17 §14-3(1a).

Tabell 2: Minimumsverdier for bygningskomponenter ved bruk av Hovedmetoden.

U-verdi yttervegg	U-verdi tak	U-verdi gulv mot grunn og det fri	U-verdi vindu og dør inkl. karm/ramme	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell
≤ 0,22	≤ 0,18	≤ 0,18	≤ 1,2	≤ 1,5

2.3 Klimagassreduksjon fra materialer

For boligbygning og yrkesbygning gjelder ikke minimumsnivåene i Tabell 2 dersom det kan dokumenteres at klimagassutslipp fra bygningens materialbruk ikke overstiger 7,5 kg CO₂-ekvivalenter per m² BTA per år for boligbygning og 6 kg CO₂-ekvivalenter per m² BTA per år for yrkesbygning. Dette gjelder ikke for småhus. Bygningsdelene som skal inngå i klimagassberegningene er listet opp i en tabell i forslaget til revidert forskrift, og inkluderer de grunnleggende delene av bygningsdel 22-26 i NS 3451. Kjelleretasje skal ikke tas med. Beregningen skal utføres i samsvar med norsk standard NS 3720, avgrenset til modulene A1-A3 og B4-B5.

Tabell 3: Referanseverdier klimagassutslipp i forslaget

Klimagassutslipp		
Yrkesbygg	6	kg CO ₂ e/m ² BTA/år
Boligblokk	7,5	kg CO ₂ e/m ² BTA/år

Dette forslaget er fortsatt under utredning. Å komme fram til riktig nivå på rammekrav for klimagassutslipp er en pågående prosess som diskuteres i kapittel 6.2.

2.4 Tiltaksmetoden småhus

Den foreslåtte tiltaksmetoden for småhus, angitt som Alternativ metode b i Figur 1, er identisk med nåværende tiltakspakke gitt i TEK17 §14-2(2), med unntak av at omfordeling ikke lenger er tillatt.

3 RAMMER OG REFERANSEVERDIER

3.1 Begrensning av oppdrag

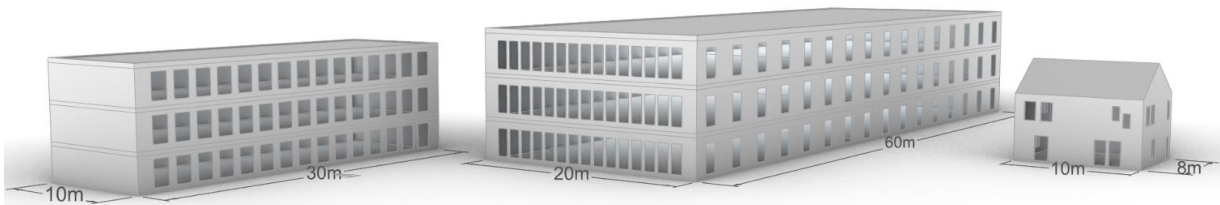
Basert på de økonomiske og tidsmessige rammene til oppdraget, er utredningen begrenset til å vurdere hovedmetoden og alternativ metode a for kontorbygg >1000 m² BRA og boligblokk ≤1000 m² BRA. For småhus vurderes hovedmetoden og konsekvensen av at omfordeling er utelatt i alternativ metode b. Foreslått ytelsesnivå for småhus i alternativ metode b tilsvarer tiltakspakken i TEK17§14-2(2), og medfører derfor ingen endring. Utredningen er også begrenset til å vurdere et utvalg av tekniske løsninger og kombinasjoner av ytelser på klimaskallet, med hensikt at utvalget skal representere både hvordan dagens praksis kan utfordres og hva som antas å være mest sannsynlig valgt løsning.

3.2 Basis/referansebygg

I vurderingene av varmetapstall, energiramme og klimagassutslipp fra materialer, er det tatt utgangspunkt i referansebyggene som er utarbeidet for energikravene til TEK17. Tabell 4 presenterer sentrale verdier for utforming av disse referansebyggene, som er en videreutvikling av tidligere modellbygg kalt «SINTEF-kasser». Bemerk at bygningsformen og byggets formfaktor kan være avgjørende for resultatene, særlig for varmetapstall og klimagassutslipp, og at vurderingene i denne rapporten er begrenset til å vurdere referansebyggene med de formfaktorene disse byggene har.

Tabell 4: Sentrale data for referansebyggene som er benyttet i energi- og klimagassmodellene.

Bygningsutforming	Småhus	Boligblokk ≤1000 m ² BRA	Kontorbygg >1000 m ² BRA
Brutto areal BTA	180 m ²	986 m ²	3800 m ²
Oppvarmet BRA	160 m ²	900 m ²	3600 m ²
Oppvarmet luftvolum	459 m ³	2430 m ³	11520 m ³
Areal yttervegg	192 m ²	471 m ²	732 m ²
Areal tak	88 m ²	300 m ²	1200 m ²
Areal gulv	80 m ²	300 m ²	1200 m ²
Areal vinduer og dører	40 m ²	225 m ²	900 m ²
Andel vinduer og dører / BRA	25 %	25 %	25 %



Figur 2 Grafisk fremstilling av referansebyggene for boligblokk, kontor og småhus.

3.3 Vurdering av kostnadsendringer

Det er beregnet kostnadsendring for en rekke ulike energiltak. I tillegg er det gitt en kort omtale av forventet praktisk og økonomisk effekt av å gjennomføre tiltakene. Kostnadsestimater er hentet fra Norsk Prisbok 2019 (ISY Calcus), konkrete prisoverslag fra leverandører, erfaringstall fra entreprenører og egne interne erfaringstall i EH. For nærmere beskrivelse av kostnader se appendiks 3. Merkostnadene/kostnadsbesparelsene er avrundet til nærmeste 10 000.

3.3.1 Totalkostnad for referansebyggene

Noen av kostnadsestimatene som gjelder tiltak for å redusere klimagassutslipp er grovt estimert ut fra forventet prosentvis endring i de totale prosjektkostnadene. Dette innebærer at vi må estimere en totalkostnad for referansebyggene vi ser på i denne rapporten. For å gjøre dette har vi sett på kostnadsrammen som oppgis i oppslagsverk fra ISY Calcus og tilpasset kostnadene slik at de stemmer mer overens med referansebyggene. For boligblokk og kontorbygget varierer kostnad pr BTA henholdsvis fra kr 25 000 til 33 000 og 28 000 til 40 000 avhengig av utforming, bæresystem, standard og ikke minst størrelse på bygget. Estimater inkluderer konto 1-13 i Norsk Prisbok, tomtkostnader er ikke inkludert og ingen av estimatene inkluderer P-kjeller. Kostnadene er interpolert for å passe best med de arealene vi ser på i denne rapporten, og vises i Tabell 5.

De totale byggekostnadene er interessante for å sette merkostnadene eller kostnadsbesparelsene som rapporteres i denne rapporten litt i perspektiv. I tillegg brukes estimatene som sagt som underlaget for overslagsestimat på kostnadsendringer som relateres til prosentvis endring i de totale prosjektkostnadene. Det er derfor ca. størrelsesorden som er det sentrale i estimatet og ikke det eksakte kostnadsestimattallet.

Tabell 5 Oversikt over kostnadsestimat for referansebyggene.

Referansebygg	BTA	NOK/BTA	NOK
Kontor	3800	38 400	145 900 000
Bolig	986	26 800	26 400 000
Småhus	180	28 200	5 100 000

3.3.2 Kuldebroer

I dag er det vanlig å benytte standard kuldebroverdier på 0,05 W/m²K for bygg med bæresystem av tre og 0,09 W/m²K for bygg med bæresystem av betong og 10 cm kuldebrobryter. Lavere kuldebroverdier vil innebære behov for å utføre detaljerte kuldebroregnskap, som fører med seg en økt prosjekteringskostnad. Eventuelt må det utarbeides andre standardverdier som baserer seg på mer enn bare bæresystem og tykkelsen på kuldebrobryter. Skjerpede krav vil føre med seg en kostnad som sannsynligvis vil avta etter hvert som nye kuldebroløsninger blir standard løsning. Endringen i selve material og utførelseskostnaden antas å være relativt liten.

For boligblokk og kontor er merkostnaden knyttet til lavere kuldebroverdi ikke medregnet. For småhus er ikke kuldebroverdien justert i noen av scenariene slik at kostnadsbetraktninger ikke er relevant her.

3.3.3 Luftlekkasjer

Passivhus og lavenergihus var tidlig ute med å sette strenge krav til luftlekkasjer, som sammen med oppfølging i forskriftskravene har bidratt til en betydelig utvikling i bransjen. Det er flere forhold som påvirker luftlekkasjetallet for et bygg, blant annet fasadekonsept, areal, kompakthet og utførelse. Erfaringstall fra 11 referanseprosjekter hos EH viser et gjennomsnitt på 0,65 h⁻¹, med et variasjonsområde fra 0,2 til 1,2. Prosjektene inkluderte boliger, kontorbygg, skoler, barnehage og idrettsbygg. En rapport fra SINTEF fra 2016 anslo en merkostnad for å oppnå et lavere lekkasjetall enn 0,6 h⁻¹ for småhus på 100 kr/m² (1).

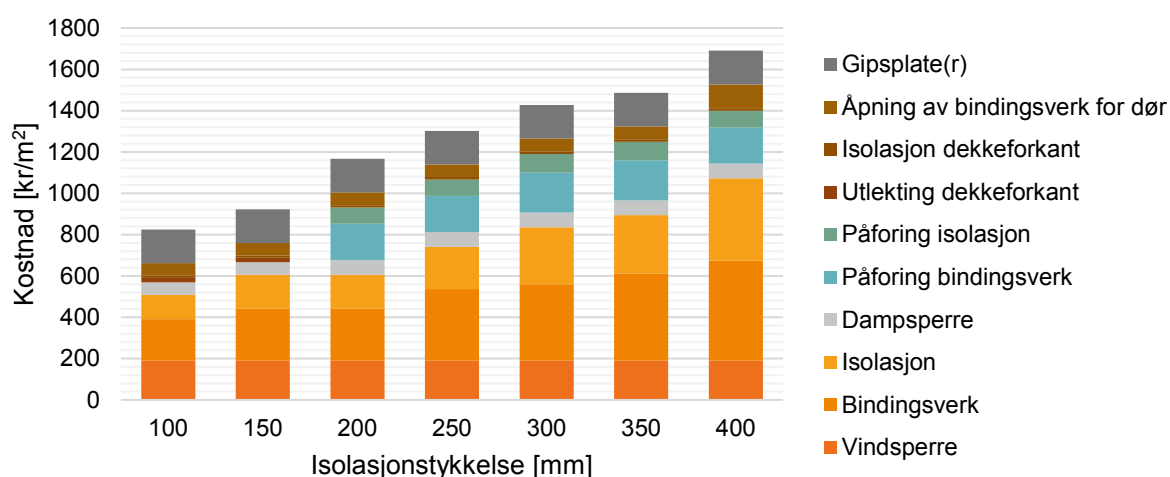
Som en tilnærming i denne rapporten er det antatt at reduksjon av luftlekkasjetallet fra 0,6 h⁻¹ til 0,4 h⁻¹ ikke medfører en vesentlig kostnadsøkning for kontorbygget og boligblokken, men at det medfører en merkostnad på 50 kr/m² for småhuset.

3.3.4 U-verdier

Kostnader knyttet til endrede U-verdier på vegger, tak, gulv og vinduer er hentet fra Norsk Prisbok (ISY Calcus). Her er kostnad knyttet til materialer og utførelse inkludert. Kostnadene som er relevante å se på i denne utredningen er endringskostnadene sammenlignet med referansebyggene.

Ved utregning av U-verdier og tilhørende isolasjonstykkelse er byggforsklad 471.401 og 471.013 benyttet for henholdsvis vegger og tak. Det er forutsatt en lambda-verdi på 0,037 W/mK, 16 % treandel for veggene og hulldekker i takene. For gulv på grunn er det tatt hensyn til grunnens varmemotstand og byggenes ulike geometri ved å beregne ekvivalent U-verdi i beregningsprogrammet SIMIEN.

I figuren under vises kostnadsestimater for yttervegger ved ulik isolasjonstykkelse. I de scenariene som benytter en U-verdi som ligger mellom to kostnadsestimater er verdien interpolert. Den samme framgangsmåten er benyttet for øvrige bygningsdeler.



Figur 3: Oversikt over kostnad per kvadratmeter klimavegg med ulik isolasjonstykkelse.

3.3.5 Arealendringer

U-verdien på yttervegger styres i stor grad av tykkelsen på veggen, som igjen har innvirkning på byggets bruksareal. I denne rapporten er det tatt hensyn til endret bruksareal ved endringer i ytterveggstykkelse. Se *Appendiks 4 - Arealberegninger* for nærmere beregningsgrunnlag. Kostnader og besparelser knyttet til dette belyses videre i hovedrapporten og tas ikke med i dette velegget.

3.3.6 Andre kostnader

Kostnader knyttet til belysningsanlegg og avtrekksvarmepumpe er innhentet fra leverandører som har tilpasset et prisoverslag for de aktuelle byggene som vurderes i denne utredningen.

Kostnader knyttet til ulike løsninger på ventilasjonssystemene (CAV-, VAV-, balansert-, og avtrekksventilasjon), elkjel og jordbrønner er basert på interne erfaringstall fra EH som er tilpasset effektbehov og luftmengder til de aktuelle byggene som vurderes i denne utredningen.

Noen av scenariene for boligblokkene omfatter en skjerping av ytelsen på varmegjenvinnere til 83 % sammenlignet med referansen på 80 %. Selv om det vil variere noe fra leverandør til leverandør kan man forvente en slik ytelse fra desentraliserte leilighetsaggregater uten at kostnaden økes, og merkostnaden er derfor antatt å være neglisjerbar i scenariene i denne rapporten.

4 VURDERING AV VARMETAPSTALL OG LEVERT ENERGI

Dette kapittelet tar for seg vurderinger av varmetapstallet som er foreslått som ytelsesnivå for boligblokk og kontor på hhv. $\leq 1000 \text{ m}^2$ og $> 1000 \text{ m}^2$ BRA, samt småhus. Videre vurderes de foreslåtte rammene for levert energi på 90, 105 og 110 kWh/m²år for hhv. boligblokk, kontorbygg og småhus.

4.1 Referanse TEK17

Tabell 6 gir en oversikt over kvaliteter for referansebygg iht. TEK17 for småhus, boligblokk og kontorbygg. For boligblokk og småhus er det tatt utgangspunkt i et bygg med kvaliteter tilsvarende tiltakspakken gitt i TEK17 § 14-2(2), tilsvarende kvaliteter er også benyttet for klimaskallet til kontorbygget for at bygget skal tilfredsstille dagens krav til netto energi iht. §14-2(1).

Tabell 6: Oversikt over kvaliteter på bygningskropp for referansebyggene.

	Boligblokk $\leq 1000 \text{ m}^2$ (tiltakspakken)	Kontor > 1000 m^2	Småhus (tiltakspakken)
Luftlekkasje ved 50 Pa [h^{-1}]	0,6	0,6	0,6
Kuldebroer [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]	0,07	0,07	0,05
U-verdi yttervegg [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]	0,18	0,18	0,18
U-verdi tak [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]	0,13	0,13	0,13
U-verdi gulv [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]	0,10	0,10	0,10
U-verdi vindu/dør [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]	0,8	0,8	0,8
Andel vinduer og dører / BRA [%]	25	25	25
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon	0,48	0,42	0,63
SFP _{e,snitt} [kW/m^3]	1,5	1,5	1,5
Årsgjennomsnittlig varmegjenvinning [%]	80	85	80
Luftmengde i/utenfor driftstid (CAV) [m^3/hm^2]	1,5/1,5	8,0/3,0	1,5/1,5
Internlaster og driftstid	NS 3031:2014	NS 3031:2014 ¹	NS 3031:2014
Netto energi [kWh/m^2]	92,5	114,7	107,4
Tilført effekt til romoppvarming og ventilasjonsoppvarming ved DUT ² [kW]	23	90	6

¹ Brukstid og internlaster iht. NS3031:2014, men med 20 % reduksjon på belysning for å kompensere for styring og/eller effektiv belysning som er standard i dag.

² Basert på årssimulering i SIMIEN med standard klimafil Oslo.

4.1.1 Referanse TEK17 – varmetapstall

Krav til varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon er nytt i forslaget til revidert forskrift. Dette sikrer sammen med minimumskravene at en energieffektiv bygningskropp oppnås med robuste og passive tiltak.

4.1.2 Referanse TEK17 – levert energi

Krav til *levert energi* er nytt i forslaget til revidert forskrift. I TEK17 er grensesnittet satt ved netto energi. Grensesnittet ved netto energi medførte krav til energieffektivitet i ventilasjonssystemer. Endringen til levert energi medfører at en ved tiltak på både energiforsynings- og ventilasjonssystemet kan påvirke hvordan en oppfyller forskriftskravet. Det åpner for nye energieffektive energiforsyningsløsninger, men det gir også mulighet til å oppfylle kravet med alternative og mindre energieffektive ventilasjonssystemer. Dette kan videre medføre betydelig økning i effektbehov.

4.1.3 Referanse TEK17 – effekt

Forslaget til revidert forskrift omfatter ikke krav til effekt. Effektbehov kan imidlertid være interessant i et samfunnsøkonomisk perspektiv, særlig sett i lys av at fremtidige tariffer høyst sannsynlig blir effektbaser også for private sluttbrukere. Tabell 6 angir effekt til romoppvarming og ventilasjonsoppvarming ved en årssimulering av TEK17 referansebyggene for småhus, boligblokk og kontorbygg.

4.2 Hovedmetode

Innenfor hovedmetoden, skissert i Figur 1, er det et sikkerhetsnett i form av minimumsverdier for bygningskomponenter, gitt i Tabell 2. Forutsatt at varmetapstallet på 0,46 eller 0,42 tilfredsstilles for boligblokker og kontor på hhv. $\leq 1000 \text{ m}^2$ BRA og $> 1000 \text{ m}^2$ BRA, kan bygningskomponenter med kvaliteter tilsvarende minimumsverdiene eller bedre benyttes.

4.2.1 Hovedmetode – varmetapstall

Tabell 7 Sammenstilling av varmetapstall for boligblokk, kontor og småhus basert på referansebyggene ved TEK17 og forslag til reviderte energikrav.

	Boligblokk $\leq 1000 \text{ m}^2$ (tiltaksapakken)	Kontor > 1000 m^2	Småhus (tiltaksapakken)
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon – TEK17	0,48	0,42	0,63
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon – forslag til reviderte energikrav	0,46	0,42	0,64

- **For boligblokk** viser Tabell 7 at varmetapstallet iht. tiltaksapakken ikke tilfredsstiller basiskravet i forslag til reviderte energikrav i TEK på 0,46. Varmetapstallet kan tilfredsstilles enten ved å redusere luftlekkasjetallet til $0,4 \text{ h}^{-1}$ eller ved å redusere normalisert kuldebroverdi til $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$. Som beskrevet i kapittel 3.3 vil disse tiltakene kreve mer fokus på prosjektering og utførelse, men ansees ikke som en vesentlig kostnadsøkning.
- **For kontor** viser tallene i Tabell 7 at referansebygget tilfredsstiller basiskravet til varmetapstall i forslag til reviderte energikrav i teknisk forskrift uten ytterligere forbedring. Forslag til reviderte energikrav i TEK medfører med andre ord ingen endringer i kvalitet på klimaskall.
- **For småhus** viser Tabell 7 at referansebygget har et lavere varmetapstall sammenlignet med basiskravet i forslag til reviderte energikrav i TEK. Dette innebærer at kvaliteten på deler av klimaskallet kan reduseres noe.

Hovedmetoden vil ha et sikkerhetsnett i form av minimumsverdier til bygningskomponenter, som sikrer at den totale løsningen blir forholdsvis robust. I og med at minimumsverdiene i Tabell 2 tilsvarer minimumskravene til energieffektivitet i TEK17 §14-3, er det ingen vesentlig endring på nivået for klimaskallkvalitet sammenlignet med dagens forskriftsnivå.

Disse resultatene indikerer at det er ingen eller minimal skjerping i ytelser til klimaskall i forslag til reviderte energikrav sammenlignet med TEK17, når varmetapstallet vurderes separat

4.2.2 Hovedmetode – levert energi

Dette avsnittet utreder mulige kombinasjoner av tiltak for å tilfredsstille rammekrav til levert energi ved bruk av fjernvarme, tradisjonell varmepumpe og avtrekksvarmepumpe som energiforsyning, samt direktevirkende elektrisitet for småhus. Siden en relativt liten andel av bygningsvolumet for småhus kan benytte fjernvarme er ikke dette undersøkt videre. Siden systemvirkningsgraden ved bruk av varmepumpe kan variere i stor grad avhengig av valgt løsning, er antatt typiske virkningsgrader og dekningsgrader valgt for bygningskategorien.

I tabellene videre i rapporten er det benyttet ulike fargekoder. **Røde tall** markerer en reduksjon i kvalitet sammenlignet med TEK17 referanse, **grønne tall** indikerer en bedring i kvalitet sammenlignet med TEK17 referanse og **oransje tall** indikerer en endring som kan ha negativ konsekvens for andre tekniske krav, som f.eks. dagslys ved reduksjon av glassareal. Netto energibehov er indikert med **grå tall**. Netto energibehov er en ytelse det ikke lenger stilles krav til, men den angis likevel som en referanse siden dette er et tall bransjen har et kjennskap til gjennom dagens forskriftskrav i TEK17. Denne formateringen med farger benyttes gjennom hele rapporten.

Energiforsyning – vurdering av samlet systemvirkningsgrad

For å tilfredsstille det foreslåtte rammekravet til levert energi vil byggets samlede systemvirkningsgrad for rom-, ventilasjons-, og tappevannsvarme være avgjørende. For TEK17-referansebyggene beskrevet i Tabell 6 vil nødvendig systemvirkningsgrad være 1,05, 1,05 og 0,97 for henholdsvis bolig, kontor og småhus dersom disse byggene skulle oppnådd nytt krav til levert energi.

Krav til varmetapstall i forslag til ny TEK fører derimot med seg en liten skjerping av kravene til boligblokken, ingen endring for kontoret og en liten lempelse av kravene for småhus. Dette innebærer at nødvendig systemvirkningsgrad for modellbyggene som oppnår krav til varmetapstall i tillegg til krav for levert energi vil være 1,03, 1,05 og 0,98 for henholdsvis bolig, kontor og småhus. Det er da tatt utgangspunkt i BASIS modellene vist i

Tabell 11. Det bemerkes at dette er eksempler, da andre variasjoner av klimaskallskvalitet kan føre til høyere eller lavere levert energi, selv om det samme varmetapstallet oppnås.

Tabell 8 Fremstilling av nødvendig systemvirkningsgrad for alternativet "Boligblokk BASIS", som oppnår foreslåtte krav til levert energi og varmetapstall. Kontoralternativene forutsetter kjølevirkningsgrad på 2,5.

	Netto energibehov	Systemvirkningsgrad	Levert energi
Oppvarming	56,4	1,03	55
El-spesifikt	35	1	35
		Sum:	90

Disse resultatene indikerer at dersom man f.eks. har varmepumpe som energiforsyning vil forslaget til ny TEK føre til ingen eller minimale endringer sammenlignet med TEK17. Dersom man derimot har fjernvarme eller direkte elektrisitet som energiforsyning for varme, må enten bygningskroppen optimaliseres ytterligere enn referansebyggene eller så må det implementeres andre tiltak for å tilfredsstille det foreslåtte rammekravet til levert energi.

Energiforsyning – fjernvarme (boligblokk og kontor)

Tabell 9 presenterer mulig kombinasjon av kvalitet på bygningskropp og tekniske installasjoner for å tilfredsstille rammekrav til levert energi ved bruk av fjernvarme som energiforsyning for termisk varme. Som det fremkommer medfører revisjonen ca. 8 % og 5 % redusert levert energibruk for henholdsvis boligblokk og kontor sammenlignet med TEK 17. Tabellen gjelder boligblokk og kontor.

Tabell 9: Oversikt over kvaliteter på bygningskropp og tekniske installasjoner for referansebygg for å tilfredsstille rammekravet til levert energi ved fjernvarme som energiforsyning. Systemvirkningsgrader basert på anbefalte verdier i vedlegg B NS3031:2014 (T/R 45/35 for vannbårne systemer).

		Boligblokk ≤1000 m ²		Kontor >1000 m ²	
		TEK17 referansebygg fjernvarme	BASIS levert energi fjernvarme	TEK17 referansebygg fjernvarme	BASIS levert energi fjernvarme
Luftelekkasje ved 50 Pa [h ⁻¹]		0,6	0,4	0,6	0,4
Kuldebroer [W/m ² K]		0,07	0,05	0,07	0,07
U-verdi yttervegg [W/m ² K]		0,18	0,17	0,18	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]		0,13	0,11	0,13	0,13
U-verdi gulv [W/m ² K]		0,10	0,10	0,10	0,10
U-verdi vindu/dør [W/m ² K]		0,8	0,8	0,8	0,8
Andel vinduer og dører / BRA [%]		25	20	25	25
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon		0,48	0,41	0,42	0,41
Tiltak utover klimaskall:	Varmegjenvinner ventilasjon [%]	80	83	85	85
	SFP _e snitt i driftstid [kW/m ³ s]	1,5	1,5	1,5	1,4*
	Gjennomsnittlig effekt belysning i driftstid [W/m ²]	1,95	1,95	6,4	4,0
Netto energi [kWh/m ²]		93	86	115	109
Levert energi [kWh/m ²]		97	90	110	105
Forslag til krav til levert energi			90		105
% forbedring levert energi			8		5
Tilført effekt til romoppvarming og ventilasjonsoppvarming ved DUT ³ [kW]		23	21	87	90
Redusert el-spesifikt effektbehov*** [kW]					-9
Merkostnad** [kr/m ²]		-	- 100	-	330
Merkostnad** [kr]		-	- 90 000	-	1 190 000
Endret BRA** [m ²]		-	~ - 2	-	-

*kostnad knyttet til endring av SFP_e fra 1,5 til 1,4 ansees som neglisjerbar i denne sammenheng.

**sammenlignet med TEK17 referanse

***mer effektivt belysningssystem reduserer el-spesifikt effektbehov men gjør at varmeanlegget må tilføre mer effekt til oppvarming. Samlet sett reduseres effektbehovet.

Kombinasjonen av tiltak presentert i Tabell 9 indikerer at det kan være noen merkostnader og/eller reduserte kvaliteter knyttet til å tilfredsstille rammekrav til levert energi for bygg med fjernvarme som energiforsyning:

³ Basert på årssimulering i SIMIEN med standard klimafil Oslo.

- For boligblokken øker kostnaden på deler av klimaskallet, men totalt oppnås det en besparelse som en konsekvens av at vindu/dørarealet reduseres. Dette anses i denne sammenheng som et mer eller mindre nødvendig tiltak for å tilfredsstille rammekravet til levert energi på en kostnadseffektiv måte. Siden det oppstår et økt press på å oppnå en energieffektiv bygningskropp for bygg med fjernvarme kan det føre til at det blir mer krevende å oppnå gode dagslysforhold i disse tilfellene.
- For kontoret er det implementering av styringssystem for å komme ned på passivhusnivå for belysning som er drivende for merkostnadene. I praksis kan denne kostnaden bli mindre betydningsfull da tilbakemelding fra leverandør er at mange kontorbygg i dag velger effektive styringssystemer på belysning som standard løsning.

Energiforsyning – elektrisitet og vedovn (småhus)

Beregninger av energibehov for småhus med kun direkte elektrisitet og vedovn kombinert med elektrisitet som termisk energiforsyning er vist i Tabell 10. Som det fremkommer medfører revisjonen ca. 2 % redusert levert energibruk sammenlignet med TEK 17. Referansebygget inkluderer skorstein, men ikke vedovn, da dette kan ansees som minimumskravet i TEK17. For scenariet *BASIS levert energi EL* er kostnader knyttet til skorstein utelatt, da forslag til ny TEK ikke stiller krav til dette.

Vedfyring kan i teorien dekke all oppvarming i en bolig, men siden vedovnen kun dekker en del av arealet til boligen, ikke varmer opp tappevann og må styres manuelt, kan man i praksis ikke forvente en energidekningsgrad på mer enn 25-30 %. Med en slik energidekningsgrad kan man forvente en effektdekningsgrad mellom 15 og 30 % avhengig av bygningens totale effektbehov til oppvarming (2). I scenariet er det forutsatt en energidekningsgrad på 25 % og en effektdekningsgrad på 20 %. Ildstedet er antatt å ha 80 % produksjonsvirkningsgrad.

Tabell 10: Oversikt over kvaliteter på bygningskropp og tekniske installasjoner for småhus ved direktevirkende elektrisitet som energiforsyning. Systemvirkningsgrader basert på anbefalte verdier i vedlegg B NS3031:2014 (T/R 45/35 for vannbårne systemer).

	Småhus		
	TEK17 referanse EL	BASIS levert energi EL	BASIS levert energi ildsted
Luftlekkasje ved 50 Pa [h ⁻¹]	0,6	0,4	0,4
Kuldebroer [W/m ² K]	0,05	0,05	0,05
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,18	0,18	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,13	0,11
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,10	0,10	0,09
U-verdi vindu/dør [W/m ² K]	0,8	0,8	0,8
Andel vinduer og dører / BRA [%]	25	25	25
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon	0,63	0,61	0,6
Tiltak utover klimaskall:	Varmegjenvinner ventilasjon [%]	80	81
	SFP _e snitt i driftstid [kW/m ³ s]	1,5	1,5
	Gjennomsnittlig effekt belysning i driftstid [W/m ²]	1,95	1,95
Netto energi [kWh/m ²]	107	106	103
Levert energi [kWh/m ²]	112	110	110
Forslag til krav til levert energi		110	110
% forbedring levert energi		2	2
Tilført effekt til romoppvarming og ventilasjonsoppvarming ved DUT ⁴ [kW]	6,0	5,9	5,8
Redusert el-spesifikt effektbehov** [kW]			1,2
Merkostnad* [kr/m ²]	-	-75	269
Merkostnad* [kr]	-	-12 000	43 000
Endret BRA* [m ²]	-	0	0

*sammenlignet med TEK17 referanse

** vedfyring reduserer el-spesifikt effektbehov

For småhus med elektrisitet som termisk energiforsyning må det utføres mindre tiltak på klimaskjermen for å tilfredstille nytt rammekrav til levert energi. Å redusere lekkasjetallet er antatt å være det mest kostnadseffektive tiltaket, men totalt reduseres likevel kostnadene siden krav til skorstein utgår.

For småhus med skorstein og ildsted må det utføres mer omfattende energireduserende tiltak siden virkningsgraden for ildsteder er lavere enn direktevirkende elektrisitet. Å redusere lekkasjetall og øke isolasjonstykkelsen i tak og gulv er antatt å være de mest kostnadseffektive tiltakene. Å øke virkningsgraden for varmegjenvinneren til 83 % og redusere SFP marginalt, ansees ikke som betydelige merkostnader.

⁴ Basert på årssimulering i SIMIEN med standard klimafil Oslo.

Energiforsyning – tradisjonell varmepumpe

Tabell 11 presenterer scenarier som tilfredsstillende hovedmetoden ved bruk av varmepumpe som energiforsyning for termisk varme. Type varmepumpe, virkningsgrader og dekningsgrader kan i stor grad variere basert på hva slags varmepumpeløsning som benyttes. Scenariene som undersøkes i denne rapporten er følgende:

- Scenariet for boligblokken benytter en luft-vann-varmepumpe med produksjonsvirkningsgrad på 2,4 og dekningsgrad på 80 % for rom- og ventilasjonsvarme og 50 % for tappevann. Dette gir en systemvirkningsgrad på 1,5.
- Scenariet for kontorbygget benytter vann-vann-varmepumpe med produksjonsvirkningsgrad på 3,0 og dekningsgrad på 80% for rom- og ventilasjonsvarme og 0% for tappevann. Dette gir en systemvirkningsgrad på 1,62.
- Scenariet for småhus benytter en luft-luft-varmepumpe med produksjonsvirkningsgrad 2,5 og dekningsgrad på 40 % for romvarme og 0% for tappevann- og ventilasjonsvarme. Dette gir en systemvirkningsgrad på 1,1. Det er forutsatt at luft-luft varmepumpen ikke benyttes til kjøling om sommeren.
- Øvrig varme dekkes av elektrisitet for alle alternativene.

Tabell 11: Oversikt over kvaliteter på bygningskropp og tekniske installasjoner for referansebyggene for å tilfredsstille rammekravet til levert energi ved varmepumpe som energiforsyning. Systemvirkningsgrader basert på anbefalte verdier i vedlegg B NS3031:2014 (T/R 45/35 for vannbårne systemer).

		Boligblokk ≤1000 m ²		Kontor >1000 m ²		Småhus	
		TEK17 referanse fjernvarme	BASIS levert energi LV-VP	TEK17 referanse fjernvarme	BASIS levert energi VV-VP	TEK17 referanse EL	BASIS levert energi LL-VP
Luftlekkasje ved 50 Pa [h ⁻¹]		0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6
Kuldebroer [W/m ² K]		0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05
U-verdi yttervegg [W/m ² K]		0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19
U-verdi tak [W/m ² K]		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
U-verdi gulv [W/m ² K]		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
U-verdi vindu/dør [W/m ² K]		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Andel vinduer og dører / BRA [%]		25	25	25	25	25	25
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon		0,48	0,46	0,42	0,42	0,63	0,64
Tiltak utover klimaskall:	Varmegjenvinner ventilasjon [%]	80	80	85	85	80	80
	SFP _e snitt i driftstid [kW/m ³ s]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	Gjennomsnittlig effekt belysning i driftstid [W/m ²]	1,95	1,95	6,4	6,4	1,95	1,95
Netto energi [kWh/m ²]		93	91	114	115	107	109
Levert energi [kWh/m ²]		97	73	110	95	112	102
% forbedring levert energi			25		14		9
Tilført effekt til romoppvarming og ventilasjonsoppvarming ved DUT ⁵ [kW]		23	17	87	59	6	4,6
Merkostnad** [kr/m ²]		-	77	-	42	-	≈ 0
Merkostnad** [kr]		-	70 000	-	150 000	-	≈ 0
Endret BRA** [m ²]		-	-	-	-	-	1,2

*

**sammenlignet med TEK17 referanse

⁵ Basert på årssimulering i SIMIEN med standard klimafil Oslo.

Tabell 11 viser at forslag til reviderte energikrav ikke medfører noen endring for bygg som benytter normale varmepumpeløsninger, utover oppnåelse av varmetapstall. Vi ser at løsningene som oppfyller varmetapstallet, og som har balansert ventilasjon og varmepumpe gir vesentlig lavere energiforbruk enn forslag til reviderte energikrav i TEK.

Energiforsyning – avtrekksvarmepumpe

Iht. korrespondanse med DiBK, har de mottatt en del forespørsler om avtrekksvarmepumpe. Ved en endring av rammekrav fra netto energi til levert energi, anses det som nærliggende at avtrekksvarmepumpe kan bli en mer attraktiv løsning.

Boligblokk og småhus

Tabell 12 viser en sammenstilling av estimert nødvendig årsvarmefaktor SCOP for referansebygget boligblokk ved bruk av avtrekks-ventilasjon⁶ og avtrekksvarmepumpe. Nødvendig estimert SCOP for det vurderte scenariet på ca. 2,6, ved en samlet energidekningsgrad for romoppvarming og varmt tappevann på 81 % og at resterende dekkes av elkjel. Basert på normerte energiberegninger og varighetskurve for scenario *Boligblokk BASIS avtrekks VP*, har leverandør av avtrekksvarmepumpe estimert en oppnåelig SCOP på 3,8 med en samlet energidekningsgrad for romoppvarming og varmt tappevann på 81 %.

Tabell 12: Estimert nødvendig årsgjennomsnittlig COP (SCOP) for avtrekksvarmepumpe for å tilfredsstille rammekrav til levert energi ved mulige variasjoner av kvalitet på klimaskall for boligblokk og småhus. Systemvirkningsgrader er basert på anbefalte verdier i vedlegg B NS3031:2014 (T/R 45/35 for vannbårne systemer).

	Boligblokk		Småhus	
	TEK17 referanse bygg fjernvarme	BASIS avtrekks VP	TEK17 referanse bygg el	BASIS avtrekks VP
Luftlekkasje ved 50 Pa [h ⁻¹]	0,6	-*	0,6	-*
Kuldebroer [W/m ² K]	0,07	0,07	0,05	0,05
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,18	0,22	0,18	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,13	0,13	0,13
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,10	0,10	0,10	0,10
U-verdi vindu/dør [W/m ² K]	0,8	0,80	0,8	0,85
Andel vinduer og dører / BRA [%]	25	25	25	25
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon	0,48	0,46	0,63	0,64
Varmegjenvinning ventilasjon [%]	80 %	- ⁷	80	-
SFP _e snitt i driftstid	1,5	0,75	1,5	0,75
Netto energi ^{8,9} [kWh/m ²]	93	133	107	149
Nødvendig SCOP avtrekksVP for å tilfredsstille rammekrav til levert energi ved energi-dekningsgrad 81 %	-	2,5	-	2,1

⁶ Drivkrefter fra avtrekksvifte, men uoppvarmet luft tilføres gjennom åpninger i fasaden.

⁷ Varmegjenvinningen medtas som direkte bidrag til VP – gjelder for alle scenarioene med avtrekks-VP

⁸ Øvrige sentrale inndata iht. Tabell 9 for BASIS med elkjel, for å tilfredsstille krav til levert energi.

⁹ Øvrige sentrale inndata iht. Tabell 6 for case med avtrekksventilasjon, men uten varmegjenvinning.

Oppnåelig SCOP iht. leverandør av avtrekksVP ved energi-dekningsgrad 81 %	-	3,8	-	3,6
Tilført effekt til romoppvarming og ventilasjonsvarme ved DUT ¹⁰ [kW] (forutsatt avtrekks VP med SCOP 3,8 for case med avtrekksventilasjon)	23	28	6	9,1
Leverert energi [kWh/m ²] (forutsatt avtrekks VP med SCOP 3,8 og 81 % energidekningsgrad for case med avtrekksventilasjon)	98	78	111,9	88
Merkostnad** [kr/m ²]	-	10		1094
Merkostnad** [kr]	-	10 000		175 000
Endret BRA** [m ²]	-	~7		-

*varmetap til infiltrasjon blir tilnærmet lik null ved bruk av avtrekksventilasjon og normale lekkasjetall. Lekkasjetallet må være langt over minstekravet på 1,2 h⁻¹ for at varmetap til infiltrasjon skal ha betydning for det totale varmetapstallet.

**sammenlignet med TEK17 referanse

¹⁰ Basert på årssimulering i SIMIEN med standard klimafil Oslo.

Kontorbygg

I kontorbygg er det en vesentlig høyere persontetthet, noe som bidrar til et større behov for frisklufttilførsel. Fra leverandør av avtrekksvarmepumpe er det estimert en oppnåelig SCOP på 3,7 ved en energidekningsgrad på 83 %. Tabell 13 **Feil! Fant ikke referanse kilden.** viser at det vanskelig skal la seg gjøre å tilfredsstille krav til levert energi med avtrekksvarmepumpe for kontorbygg med mindre andre tiltak gjennomføres, som f.eks. lokal energiproduksjon med solceller eller lignende. Ved å øke energidekningsgraden til 95 % for casene *Kontor V01 avtrekk m. VP brønn* og *Kontor V02 avtrekk m. VP brønn* som vist i Tabell 13, er nødvendig SCOP estimert til henholdsvis 4,7 og 4,3. Dette er mer overkommelige verdier for SCOP f.eks. for varmepumpe koblet til brønnpark og som leverer til en varmeavgiver med spesielt lavt temperaturnivå. En slik løsning vil kreve tilført effekt til romoppvarming på hhv. ca. 235 kW og 255 kW. Forslaget synes derfor å åpne opp for løsninger med naturlig og/eller avtrekksventilasjon også for kontorbygg, forutsatt at det kombineres med svært effektiv energiforsyning. Dette kan gjøre det mer utfordrende å oppnå krav til luftkvalitet og støy og kan gi betydelig større effekttopper og behov for flere og større varmekilder inne.

Tabell 13: Estimert nødvendig årsgjennomsnittlig COP (SCOP) for avtrekksvarmepumpe for å tilfredsstillere rammekrav til levert energi på 105 kWh/m² ved mulige variasjoner av kvalitet på klimaskall for kontorbygg >1000 m² BRA. Systemvirkningsgrader basert på anbefalte verdier i vedlegg B NS3031:2014 (T/R 45/35 for vannbårne systemer).

	TEK17 referanse bygg fjernvarme	Kontor BASIS Avtrekks-vent.	Kontor V01 Avtrekks-vent.	Kontor V02 Avtrekks-vent.	Kontor V01 avtrekk m. VP brønn	Kontor V02 avtrekk m. VP brønn	
Luftlekkasje ved 50 Pa [h ⁻¹]	0,6	-*	-*	-*	-*	-*	
Kuldebroer [W/m ² K]	0,07	0,07	0,05	0,03	0,05	0,03	
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,13	0,13	0,10	0,13	0,10	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,10	0,10	0,10	0,08	0,10	0,08	
U-verdi vindu/dør [W/m ² K]	0,8	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
Andel vinduer og dører / BRA [%]	25	25	25	20	25	20	
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon	0,42	0,42	0,40	0,32	0,40	0,32	
Tiltak utover klimaskall:	Varmegjenvinner ventilasjon [%]	85 %	-	-	-	-	
	SFP _e snitt i driftstid	1,5	0,75	0,75	0,75	0,75	
	Snitt luftmengder i drift	8 (CAV)	8 (CAV)	7 (VAV)	7 (VAV)	7 (VAV)	7 (VAV)
	Gjennomsnittlig effekt belysning i driftstid [W/m ²]	6,4	6,4	4,0	4,0	4,0	4,0
	Lokal kjøling	-	- ¹¹	Set-punkt 22°C	Set-punkt 22°C	Set-punkt 22°C	Set-punkt 22°C
Netto energi [kWh/m ²]	114,7	237,7	210,6	202,0	210,6	202,0	
Oppnåelig SCOP iht. leverandør av avtrekks-VP og estimat VP brønnpark	-	3,7**			< 5,0		
Nødvendig SCOP for å tilfredsstillere rammekrav til levert energi	-	∞** Ikke mulig	8,9** Ikke mulig	7,4** Ikke mulig	4,7***	4,3***	
Tilført effekt til romoppvarming og ventilasjonsvarme ved DUT ¹² [kW]	90	345**	270**	310**	235***	255***	
Lvert energi [kWh/m ²]	110	144	127	123	105	105	
Merkostnad [kr/m ²]					720	690	
Merkostnad [kr]	-	-	-	-	2 580 000	2 480 000	

* varmetap til infiltrasjon blir tilnærmet lik null ved bruk av avtrekksventilasjon og normale lekkasjetall. Lekkasjetallet må være langt over minstekravet på 1,2 h⁻¹ for at varmetap til infiltrasjon skal ha betydning for det totale varmetapstallet

** Energidekning 83 %

*** Energidekning 95 %

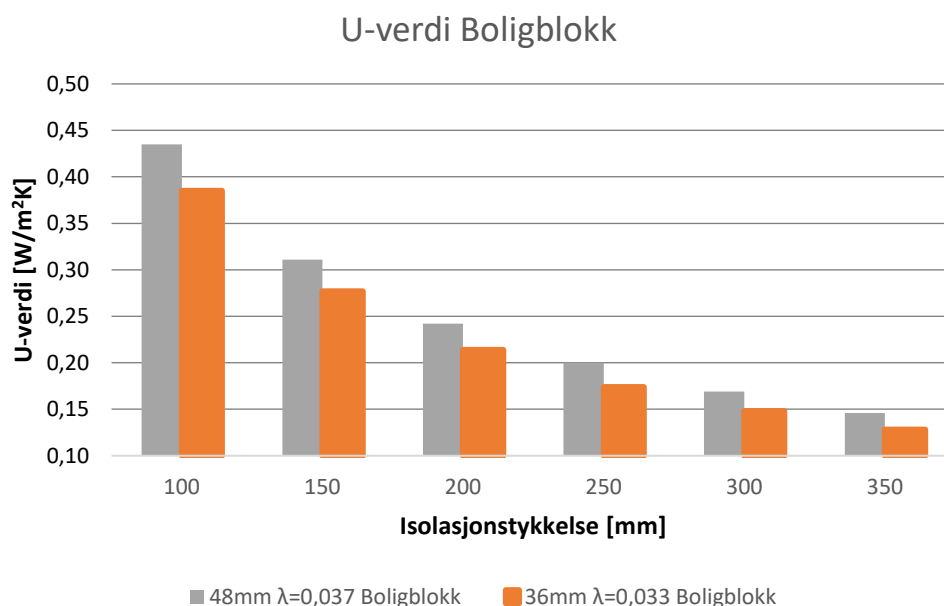
¹¹ Stor risiko for overtemperaturer om sommeren dersom det ikke installeres lokal kjøling eller særlige tiltak for å unngå overtemperaturer implementeres.

¹² Basert på årssimulering i SIMIEN med standard klimafil Oslo.

4.3 Alternativ metode a

Dersom det kan dokumenteres at CO₂-utslipp fra materialer tilfredsstillir rammekravene til CO₂-utslipp for bygget, kan man velge å se bort fra minimumskravene i Tabell 2. Totalt varmetapstall må imidlertid fremdeles tilfredsstillis. Dette kapitlet vurderer mulige kombinasjoner av kvaliteter på klimaskallet for å tilfredsstillis varmetapstallet innenfor alternativ metode a.

Det er vår hypotese at det vil være attraktivt å legge seg på minimumsnivå for yttervegg, idet yttervegg utgjør en vesentlig arealandel av bygningskroppen. Reduksjon i isolasjonstykkelse kan bidra til økonomisk besparelse i materialer i tillegg til at man får et økt BRA. Figur 4 viser sammenheng mellom U-verdi og isolasjonstykkelse for en typisk stendervegg ved ulike isolasjonskvaliteter og treandel.



Figur 4: Sammenheng mellom U-verdi og isolasjonstykkelse for en typisk stendervegg for en boligblokk. Grå søyle viser stenderverk med 48 mm tykkelse og en vanlig isolasjonskvalitet, oransje søyle viser stenderverk med 36 mm tykkelse og en god isolasjonskvalitet. Verdier hentet fra detaljblad 471.401.

Tabell 14 og Tabell 15 illustrerer noen variasjoner av endret U-verdi på klimaskall for referansebyggene boligblokk og kontorbygg. Bemerk at kostnadsreduksjonene i stor grad er drevet av redusert vindu-/dørareal for scenarioene hvor dette tiltaket er inkludert. I flere tilfeller kan dette være utfordrende å oppnå i kombinasjon med oppnåelse av dagslyskrav.

Tabell 14: Mulige variasjoner av endret U-verdi på klimaskall for boligblokk ≤ 1000 m² BRA ved bruk av hovedmetoden hvor minimumsverdier til bygningskomponenter iht. Tabell 2 ikke trenger å tilfredsstilles.

	Bolig TEK17	Boligblokk A	Boligblokk B
Luftlekkasje ved 50 Pa [h ⁻¹]	0,6	0,4	0,4
Kuldebroer [W/m ² K]	0,07	0,05	0,05
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,18	0,30	0,28
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,13	0,11
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,10	0,10	0,09
U-verdi vindu/dør [W/m ² K]	0,80	0,80	0,80
Andel vinduer og dører / BRA [%]	25	15	20
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon	0,48	0,46	0,46
Netto energi ¹³ [kWh/m ²]	91,3	95,1	93,3
Merkostnad* [kr/BRA]	-	- 590	- 320
Merkostnad* [kr]	-	- 530 000	- 290 000
Endret BRA* [m ²]	-	~15	~13

*sammenlignet med TEK17 referanse

Tabell 15: Mulige variasjoner av kvalitet på klimaskall for kontor > 1000 m² BRA ved bruk av alternativ metode a hvor minimumsverdier til bygningskomponenter iht. Tabell 2 ikke trenger å tilfredsstilles.

	Kontor TEK17	Kontor A	Kontor B
Luftlekkasje ved 50 Pa [h ⁻¹]	0,6	0,4	0,4
Kuldebroer [W/m ² K]	0,07	0,05	0,05
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,18	0,35	0,35
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,18	0,13
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,10	0,10	0,10
U-verdi vindu/dør [W/m ² K]	0,80	0,80	0,8
Andel vinduer og dører / BRA [%]	25	20	25
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon	0,42	0,42	0,42
Netto energi ¹⁴ [kWh/m ²]	114,7	115,8	115,0
Merkostnad* [kr/BRA]	-	- 360	- 100
Merkostnad* [kr]	-	- 1 280 000	- 360 000
Endret BRA* [m ²]	-	~36	~36

*sammenlignet med TEK17 referanse

Ved å øke U-verdi fra 0,18 til 0,35 W/m²K på yttervegg kan man oppnå en økning i BRA for de to referansebyggene på 13-15 m² for boligblokk og 36 m² for kontor, noe som tilsvarer en økning på hhv. 1,7 % og 1,0 % for de to byggene.

¹³ Øvrige sentrale inndata iht. Tabell 6

¹⁴ Øvrige sentrale inndata iht. Tabell 6

Løsningen vil gi noe lavere overflatetemperaturer på vegger, som kan føre til at brukeren kompenseres med høyere innvendig lufttemperatur og større reelt energibehov. Denne problemstillingen belyses i kapittel 5.

Bemerk at referansebyggene er forholdsvis kompakte bygg. Med mindre kompakte bygg ville den prosentvise økningen i BRA kunne vært større. Mindre kompakte bygg vil imidlertid kunne ha større utfordringer med å tilfredsstille krav til varmetapstall, noe som dermed kan gjøre det mindre hensiktsmessig å redusere isolasjonstykkelsen i yttervegg.

4.4 Alternativ – småhus

§14-2(6) tillater ikke lenger omfordeling innen tiltaksmetoden. Antatt kostnadsgunstige scenarier er vist i Tabell 16, som belyser hvilke muligheter som ikke er tilgjengelig i forslag til ny TEK. En stor del av denne fleksibiliteten kan derimot opprettholdes ved at småhusets energiytelse dokumenteres gjennom hovedmetoden.

Tabell 16: Mulige variasjoner av kvalitet på klimaskall for småhus (160 m² BRA) dersom omfordeling var tillatt, hvor minimumsverdier til bygningskomponenter iht. Tabell 2 tilfredsstilles.

	Småhus TEK17 referanse	Småhus A	Småhus B	Småhus C	Småhus D
Luftlekkasje ved 50 Pa [h ⁻¹]	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6
Kuldebroer [W/m ² K]	0,05	0,05	0,03	0,05	0,05
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,18	0,20	0,22	0,22	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,12	0,11	0,13	0,13
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10
U-verdi vindu/dør [W/m ² K]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
Andel vinduer og dører / BRA [%]	25	25	25	20	15
Varmetapstall for transmisjon og infiltrasjon	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Netto energi ¹⁵ [kWh/m ²]	107,4	108	107,6	110	112,2
Merkostnad* [kr/BRA]	-	- 13	- 56	- 294	- 510
Merkostnad* [kr]	-	- 2 000	- 9 000	- 47 000	- 82 000
Økt BRA* [m ²]	-	2,4	4,2	4,2	4,2

*sammenlignet med TEK17 referanse

Hvor mye fleksibilitet som opprettholdes ved å benytte hovedmetoden i forslag til ny TEK sammenlignet med tiltakspakka i TEK 17 avhenger i stor grad av systemvirkningsgraden på energiforsyningen til småhuset:

- Benyttes systemer med relativt høy systemvirkningsgrad (i.e. varmepumpe eller solfanger) vil krav til levert energi oppnås uten øvrige energireducerende tiltak. Siden

¹⁵ Øvrige sentrale inndata iht. Tabell 6

varmetapstallet er foreslått noe høyere betyr det at fleksibiliteten øker marginalt sammenlignet med TEK17.

- Benyttes systemer med relativt lav virkningsgrad (i.e. fjernvarme, elektrisitet eller biovarme) vil det være behov for energireducerende tiltak for å oppnå foreslått krav til levert energi. I disse tilfellene reduseres fleksibiliteten sammenlignet med TEK17.

Det bemerkes at ulike bygningsformer ikke er undersøkt i denne rapporten.

Dersom småhuset dokumenterer energiytelsen gjennom hovedmetoden vil dette føre til økte prosjekteringskostnader siden det vil kreve mer omfattende beregningsmetoder sammenlignet med TEK 17 og tiltakspakke med omfordeling. Det er utfordrende å anslå et eksakt kostnadsestimat på dette og det er rimelig å anta at kostnaden vil avta etter hvert som utbygger/selvbygger tilpasser seg endringene.

Andel vindus- og dørareal av oppvarmet BRA er den eneste posten i § 14-5 (6) (tidligere tiltakspakke) som åpner for reduserte kostnader uten at hovedmetoden må benyttes. Siden prosjekteringskostnaden for å fravike §14-2 (6) (tidligere tiltakspakken) blir noe høyere i forslag til ny TEK enn den var i TEK 17, er det nærliggende å tro at reduksjon av vindusareal vil bli et lett tilgjengelig og kostnadsgunstig tiltak for utbygger/selvbygger av småhus (i større grad enn det er i dag). I disse tilfellene kan det bli mer utfordrende å oppnå krav til blant annet dagslys og utsyn.

Basert på ovenstående er utelatelse av omfordelingmulighet for småhus som tidligere kunne følge tiltakspakken vurdert til å ha liten samfunnsøkonomisk konsekvens. Omfanget av denne rapporten innebærer derimot ikke en fullstendig vurdering av dette punktet og kan undersøkes nærmere.

5 DRØFTING AV KONSEKVENSER, VARMETAPSTALL OG LEVERT ENERGI

Dette kapitlet drøfter funnene fra vurdering av nye kravsinnetninger for energi i TEK. Det beskrives mulige konsekvenser som forslaget kan gi, men i hvilket omfang det eventuelt vil inntreffe er usikkert.

Den nye kravsinnetningen gir åpning for flere ulike løsninger både i bygningskropp og tekniske anlegg. Hva som vil bli valgt er vanskelig å forutse. Vi ser at mange utbyggere av næringsbygg og offentlige bygg velger BREEAM-sertifisering med høye ambisjoner. Disse løsningene er ofte basert på passivhusstandard og en energiforsyningsløsning med god systemfaktor. Det vil i de fleste tilfeller gi en høyere energiyeelse enn det forslaget til ny TEK gir.

5.1 Inneklima

Oppnåelse av et godt og sunt inneklima er hovedårsaken til at bygg bruker energi. Som Rambøll og Link Arkitektur påpeker i sin utredning (3), skal forslag til nye energikrav defineres slik at det *ikke* må inngås kompromiss med inneklima. Dette kan bl.a. sikres ved at målbare funksjonskrav defineres.

Utfordringen med TEK er at funksjonskravene til inneklima ikke nødvendigvis er målbare. Det kan derfor også være utfordrende å sikre at man unngår kompromiss på inneklima når energikravene skal oppfylles, noe som drøftes i avsnittene under.

5.1.1 Avtrekksventilasjon

Denne rapporten viser at forslag til nye energikrav vil føre til at bruk av fjernvarme og elektrisitet som termisk energiforsyning blir mindre attraktivt. Dette fører samtidig til at bruk av avtrekksventilasjon og avtrekksvarmepumper kan bli mer attraktivt.

Funksjonskravet til termisk inneklima i §13-4(1) er at "*Termisk inneklima i rom for varig opphold skal tilrettelegges ut fra hensynet til helse og tilfredsstillende komfort ved forutsatt bruk.*" Videre angir vTEK17 noen *anbefalinger* til bl.a. temperaturnivåer, temperaturvarigheter og temperatursvingninger som bør overholdes. Erfaringsmessig er det imidlertid variasjon i hvordan disse anbefalingene tolkes blant ulike aktører i bransjen og hva som faktisk evalueres for å verifisere tilfredsstillende termisk inneklima.

Ved bruk av naturlig/hybrid eller avtrekksventilasjon i bygg, øker risikoen for lokal termisk diskomfort forårsaket av trekk sammenlignet med dagens standardløsning med balansert mekanisk ventilasjon med varmegjenvinning. Detaljerte trekkanalyser gjennomføres sjeldent i dag for å verifisere tilfredsstillende termisk inneklima. Dette vil det imidlertid være behov for dersom naturlig/hybrid eller avtrekksventilasjon benyttes som løsning

Økte lufthastigheter vil kunne føre til at brukerne øker innetemperaturen og at energibruken øker som en konsekvens av det.

Erfaring fra mange bygg med ventiler i vegger at brukerne stenger dem pga trekk og glemmer å åpne igjen. Dette kan gi dårlig luftkvalitet og kan føre til fuktskader som en konsekvens av manglende ventilasjon.

Det er mulig å benytte avtrekksventilasjon med avtrekksvarmepumpe også i TEK 17, men dette har vært benyttet i liten grad. Årsaken kan være utfordringer knyttet til luftkvalitet, termisk komfort og støy. Avtrekksventilasjon medfører også større varmeinstallasjoner i rommene. Om endringen i TEK vil føre til mer bruk av avtrekksventilasjon er usikkert. Utbredelsen av bruk av naturlig/hybrid eller avtrekksventilasjon i fremtidige nybygg som konsekvens av endringer i energikrav vurderes som mer sannsynlig for boliger enn for kontorbygg.

5.1.2 Tynnere yttervegger

Et av de lønnsomme scenariene i kapittel 4.3 forutsatte en U-verdi på $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ for ytterveggen som tilsvarer en gjennomsnittlig isolasjonstykkelse på 130-140 mm i en normal stenderverksvegg (se kapittel 3.3.4). Dette åpner for at deler av ytterveggen kan bygges med høyere U-verdi som kan føre til at krav til brann, lyd, inneklima, konstruksjonssikkerhet og fuktsikkerhet blir mer utfordrende å oppnå.

Muligheten for å bygge vegger med lokalt høyere U-verdi eksisterer også i TEK17 i dag, men reduserte minimumsnivåer øker sannsynligheten for at deler av ytterveggen kan utføres med enda høyere U-verdier enn i dag.

Når det gjelder fukt- og kondensrisiko kan lokalt tynne yttervegger føre til at:

- Inntrukken dampsperre ikke lenger blir en fuktiskker løsning siden påforingen vil stå for mer enn $\frac{1}{4}$ -del av isolasjonstykkelsen. Dampsperran kan plasseres på varm side av veggens isolasjon, men dette vil føre til økt risiko for punktering og utetthet ved gjennomføringer.
- Overflatetemperaturen reduseres på innsiden av veggen, som kan føre til økt risiko for fukt, muggvekst og misfarging. Dette gjelder spesielt rundt vinduer og dører der andelen stenderverk er stor.
- Dagens standarløsninger for kuldebrobrytere endres, som øker risikoen for lokalt lave temperaturer.

Når det gjelder inneklima kan lokalt tynne yttervegger føre til at redusert overflatetemperatur på veggen reduserer den operative temperaturen (basert på strålingstemperatur og lufttemperatur) i utsatte rom, slik at brukeren kompensere med høyere lufttemperatur for å oppnå samme komforten. Denne problemstillingen er spesielt relevant for leiligheter i større blokker, der høy

U-verdi på yttervegg lettere kan oppnås ved omfordeling i hovedmetoden. Med en isolasjonstykkelse på 100 mm reduseres overflatemperaturen med 1,2 °C sammenlignet med en vegg med 250 mm isolasjon ved dimensjonerende utetemperatur i Oslo. I utsatte rom fører dette til at brukeren må øke lufttemperaturen for å kompensere for strålingstapet. Grovt beregnet kan man vente at dette fører med seg et økt reelt energiforbruk på 3-4 % (5).

Når det gjelder brann, lyd og konstruksjonssikkerhet vil lokalt tynne yttervegger fortsatt måtte oppå relevante krav. Yttervegger på 100 mm som nevnt i avsnittet over vil i mange tilfeller være tilstrekkelig for å oppnå krav til både brann, lyd og konstruksjonssikkerhet.

Oppsummert kan man si at flere krav som omfatter andre hensyn enn energi oppfylles av seg selv i dag fordi det stilles minimumskrav til U-verdi for yttervegger på 0,22 W/m²K. Når dette minimumskravet utgår betyr det at andre krav kan bli dimensjonerende for ytterveggstykkelsen, og det må rettes større fokus på for eksempel brann, lyd, inneklime, konstruksjonssikkerhet og fuktsikkerhet i de tilfellene der det er relevant.

5.1.3 Dagslys

Utbyggere ønsker ofte å maksimere utbygd areal noe som fører til at dagslys er en krevende ytelse å dekke i mange prosjekter. Samtidig er daglys og lys en egenskap som gjør et bygg attraktivt.

Vurderingene i denne rapporten viser at reduksjon av vindu-/dørareal er et effektivt tiltak for å redusere varmetapstall og/eller åpne opp for lavere U-verdi for andre klimaskalkkomponenter. Reduksjon av vindu-/dørareal er dessuten et svært kostnadsbesparende tiltak siden kostnadene for klimavegg er lavere enn for vindu/dør. Dette medfører at reduksjon av vindusareal fort kan bli et attraktivt tiltak for å tilfredsstille energikravene.

Dette er imidlertid tiltak som også har vært aktuelle tidligere og forskriftsendringen påvirker slik sett ikke dette.

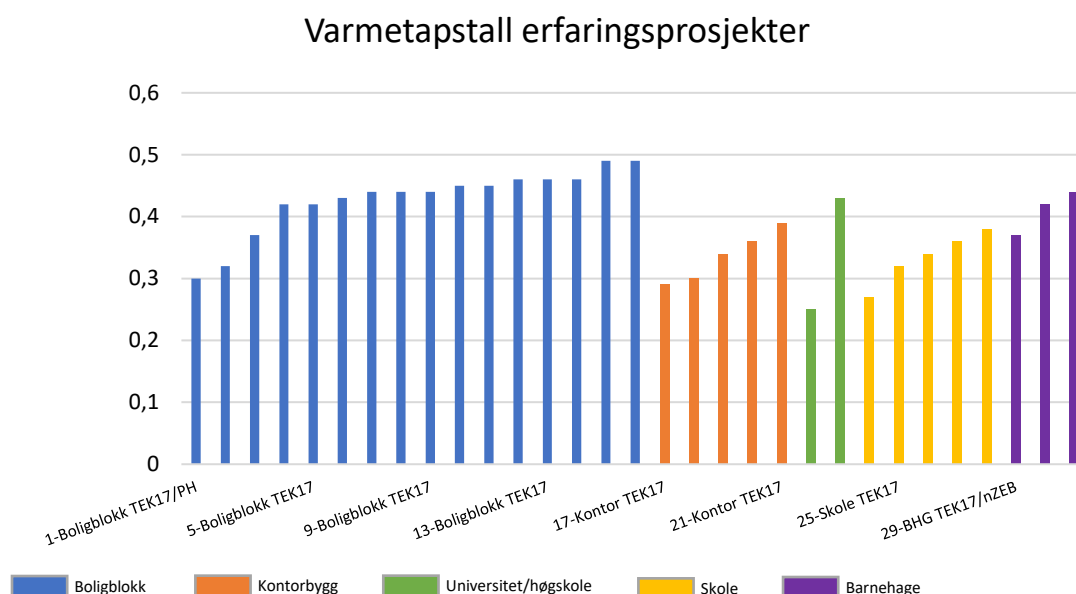
5.1.4 Støy

Støyplager kan redusere trivsel og livskvalitet, og potensielt bidra til hjerte-karsykdommer og andre stressrelaterte helseplager. Ifølge en rapport fra Folkehelseinstituttet (6) opplever mellom tre og seks prosent av befolkningen sterk grad av plage eller søvnforstyrrelser som følge av støy fra vegtrafikk alene.

Dagens løsninger gir ofte bedre ytelser enn minstekravet i TEK 17. Nye løsninger med tynnere vegger og avtrekksventilasjon kan gi økt støybelastning. Det er imidlertid uvisst i hvilken grad disse svakere løsningene vil velges.

5.2 Varmetapstall

Erfaringstall fra reelle prosjekter, se Figur 5, bekrefter at foreslått varmetapstall i reviderte energikrav i TEK oppnås av en stor andel bygg slik det bygges i dag. Dette antyder igjen at forslaget krav til varmetapstall ikke vil føre til betydelige endringer i måten bygg bygges på. Varmetapstallet kan også skjerpes til en viss grad uten at det vil føre til store konsekvenser for bransjen, men om dette er samfunnsøkonomisk lønnsomt er ikke undersøkt i denne rapporten.



Figur 5: Oversikt over utvalgte referanseprosjekter fra Erichsen & Horgen med energinivå TEK10-TEK17-Passivhus (NS3700 og 3701) og enkelte ambisjonsprosjekter iht. FutureBuilt o.l.

5.2.1 Avtrekksventilasjon

Avtrekksventilasjon baserer seg på et undertrykk inne i bygget som suger luft gjennom åpninger i vegg (luker eller spalter). Dersom det er utett rundt f.eks. vinduene vil det suges litt luft inn her, og litt mindre gjennom åpningene i vegg. Luftlekkasjetallet har derfor mye mindre innvirkning på varmetapet til et bygg med avtrekksventilasjon sammenlignet med balansert ventilasjon. Infiltrasjonsvarmetap ved avtrekksventilasjon er tilnærmet lik 0 iht. SN/TS 3031:2016. Det er først ved meget høye lekkasjetall, langt over minstekravet, at infiltrasjonsvarmetapet blir betydelig for det samlede varmetapet.

For bygg som følger hovedmetoden og har avtrekksventilasjon må minstekrav til tetthet på $1,2 \text{ h}^{-1}$ oppfylles. Siden infiltrasjonsvarmetapet blir forsvinnende lite kan transmisjonsvarmetapet økes, som vist i Tabell 12. Krav til levert energi begrenser derimot hvor stor denne fleksibiliteten blir.

For bygg som følger alternativ metode a gjelder ikke minstekravene og forslaget til ny TEK stiller ikke krav til luftlekkasjetall. Ved bruk av avtrekksventilasjon har ikke dette stor innvirkning på byggets varmetap, men dersom bygget skal endre til balansert ventilasjon i framtiden kan det føre til uhensiktsmessig høyt varmetap til infiltrasjon.

5.3 Energiforsyning, energikvalitet, energibruk og effekt

5.3.1 Effekt

Elkraftnettet i Norge blir presset på kapasitet i enkelte tidsrom pga. endrede forbruksmønstre og økt bruk av effektkrevende utstyr både i næring og i husholdninger i Norge. Det er ikke nødvendigvis en sammenheng mellom samlet energiforbruk og effektuttak. De siste årene har elektrisk effektbehov økt mer enn energibehov, og prognoser tilsier at forskjellen vil øke (15). Forslaget til reviderte energikrav i TEK åpner for en forsterking av denne tendensen. Dersom prognosene er korrekt og denne utviklingen fortsetter, er det behov for utbygging av elkraftnettet for at det skal kunne håndtere effekttoppene. Dersom varmebehovet til bygg blir dekket av termisk varmesystem som fjernvarme, vil det redusere effekttoppene for elektrisitet lokalt og sentralt.

5.3.2 Avtrekksventilasjon

Som nevnt kan forslag til ny TEK føre til økt bruk av avtrekksventilasjon med avtrekksvarmepumpe. Dette vil føre til en kraftig økning i effektbehov til elektrisitet i disse byggene. Det vil også føre til økte installasjoner av varmesystem i det enkelte bygg, og en vil ikke kunne benytte forenklede vannbårne løsninger som nå ofte benyttes i passivhus. Det er også sannsynlig at byggene med avtrekksventilasjon vil få et dårlig energimerke, siden effekt er foreslått som en faktor inn i det reviderte enerimerkesystemet.

5.3.3 Fjernvarme

Avsnitt 4.2 Hovedmetode indikerte at de foreslåtte rammekravene til levert energi er mer utfordrende for bygg som har fjernvarme som termisk energiforsyning. Dvs. bygg med fjernvarme må gjennomføre flere tiltak for å tilfredsstille krav til levert energi, sammenlignet med bygg med relativt høy samlet systemvirkningsgrad på termisk energiforsyning.

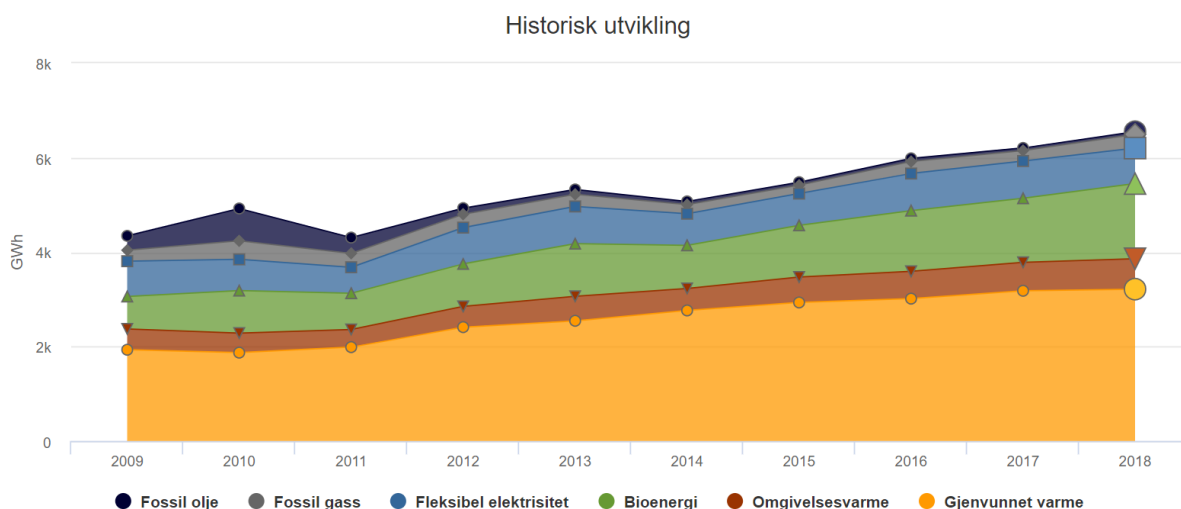
Ved å flytte beregningspunktet for energi til levert energi vil kravene bli mer teknologinøytrale. Utfordringen med bruk av levert energi som beregningspunkt, er at kun energiproduksjon innenfor systemgrensene vil favoriseres. Som Rambøll og Link Arkitektur påpeker i sin utredning (2), vil en ren fjernvarmeløsning kunne være et vel så godt miljømessig alternativ som lokalprodusert energi. En fjernvarmeløsning vil kanskje også være mer samfunnsmessig

rasjonell, idet den vil ha stordriftsfordeler og sannsynligvis en høyere forsyningsikkerhet i og med at energiforsyningsystemet forvaltes og driftes profesjonelt.

Fjernvarmenett er bygd ut i alle de store byene i Norge, samt i enkelte mindre byer. Nettoproduksjonen av fjernvarme har økt de siste årene (16). I dag sikres tilkobling til fjernvarme i stor grad gjennom tilknytningsplikt. Dersom konsesjoner for fjernvarme og dermed tilknytningsplikten fjernes i fremtiden, i tillegg til at fjernvarme kommer ut som et mindre attraktivt alternativ i kravsinnetningen til energi i TEK, er det større sannsynlighet for at fjernvarme vil bli valgt bort som energiforsyningsløsning.

Basert på tall fra www.fjernkontrollen.no har det også vært en utfasing av fossile energikilder i fjernvarmeanleggene i løpet av de siste 10 årene (17), se figur 6, og hovedandelen av fjernvarmen kommer i dag fra gjenvunnet varme som ellers ville gått til spille samt fra varmepumper eller bioenergi. Et alternativ kan være å godskrive fornybarandelen og/eller virkningsgradene fra et fjernvarmeanlegg. Vekting av fjernvarme er foreslått gjennom ulike utredninger av nye energikrav, både av Rambøll og Link Arkitektur i 2013 i deres utredning av nasjonal definisjon av begrepet nesten nullenergi (2) og videre av Rambøll i deres utredning av nye energiregler for 2015 (18). Vektingsfaktorene som er foreslått i Rambøll sin sistnevnte utredning er videre benyttet av FutureBuilt for vektet levert energi i deres definisjon av Plusshus og nZEB. Dvs. at flere aktører i byggebransjen allerede har blitt kjent med bruk av vektingsfaktorer for vektet levert energi gjennom FutureBuilt pilotprosjekter eller andre ambisjonsprosjekter som har benyttet FutureBuilt sine definisjoner.

På tilsvarende måte kan en også innføre vekting for biovarme slik at det fremstår som et alternativ til energiforsyning som også reduserer belastningen på elnettet.



Figur 6: Nasjonale tall for utvikling av sammensetning av fjernvarme i Norge, hentet fra fjernkontrollen.no (17).

5.3.4 Vedfyring

Kapittel 4.2.2 viser at det vil være mer utfordrende for småhus med vedfyring å oppnå nye energikrav sammenlignet med småhus som benytter andre former for termisk energiforsyning, dersom hovedmetoden benyttes. At det i tillegg foreslås å utelate krav til skorstein, vil samlet sett gjøre det mindre attraktivt å tilrettelegge for vedfyring ved oppføring av nye bygg.

Småhus med mulighet for vedfyring har et lavere elektrisk effektbehov (se Tabell 10), større energifleksibilitet og bedre forsyningssikkerhet, sammenlignet med det rimelige alternativet som er 100 % elektrisitet som termisk energiforsyning. Utelatelse av skorstein vil på den annen side redusere investeringskostandene for nybygg.

Hvorvidt dette er samfunnsøkonomisk lønnsomt vurderes videre i hovedrapporten.

6 VURDERING AV KLIMAGASSUTSLIPP

I dette kapittelet vurderes rammer for klimagassutslipp fra materialer som fremkommer i alternativ metode A.

6.1 Hva koster det å kutte klimagassutslipp fra materialer i bygg?

Hensikten i dette underkapittelet er å utrede konsekvensen av å sette et rammekrav på klimagassutslipp knyttet til materialer i bygget.

6.1.1 TEK 17 referanse

Utgangspunktet er de samme referansebyggene som er beskrevet under kapittel 3.2. Referanse-byggene er opprettet i OneClick LCA NS 3720 Carbon Designer versjon 21.09.2019. Vi har gjort én justering av referansebyggene i OneClick LCA: vi har justert plasstøpt betong fra lavkarbon B til lavkarbon C fordi dette er mer representativt for markedet i dag. Denne påstanden underbygges av egne erfaringer, Asplan Viaks nNEB utredning (20), tilbakemelding fra entreprenører og Norsk Betongforening sin definisjon av lavkarbonbetong og bransjereferanse (23).

Nøyaktig dokumentasjon av referansebyggene finnes i Appendiks 1: Dokumentasjon av klimagassmodeller.

Tabell 17: Referanseverdier for klimagassutslipp basert på dagens mest brukte metode for utarbeidelse av referansebygg, OneClick LCA NS 3720 Carbon Designer versjon 21.09.2019.

Referanseverdier klimagassutslipp				
	A1-A3 produksjon av materialer	B4-B5 utskiftning av materialer	TOTAL	
Kontorbygg 3800 m ² BTA	872 327	102 433	974 760	kg CO ₂ e
	3,83	0,45	4,3	kg CO ₂ e/m ² BTA/år
Boligblokk 986 m ² BTA	286 714	48 433	335 147	kg CO ₂ e
	4,95	0,82	5,7	kg CO ₂ e/m ² BTA/år

Vi kan se at referanseverdiene i Tabell 17 ligger noe lavere enn det som er foreslått av DiBK som rammekrav p.t (se kapittel 2.3). Å komme fram til riktig nivå på rammekrav for klimagassutslipp er en pågående, parallell prosess som diskuteres i kapittel 6.2.

6.1.2 Kutt i klimagassutslipp

I denne utredningen vil vi gå videre med referanseverdiene fra Tabell 17. Vi går da ut fra at kravet vil være å redusere totalt klimagassutslipp i Tabell 17 med mellom 20 og 30 %¹⁶.

¹⁶ Norges klimamål er 40 % kutt i forhold til 1990-nivå innen 2030. Per i dag har Norge ikke lavere utslipp enn i 1990. Det bør være mulig for norsk byggebransje å greie å kutte utslipp knyttet til materialer på nybygg tilsvarende 30 % sammenliknet med dagens nivå. Mer om dette i kapittel 6.2.

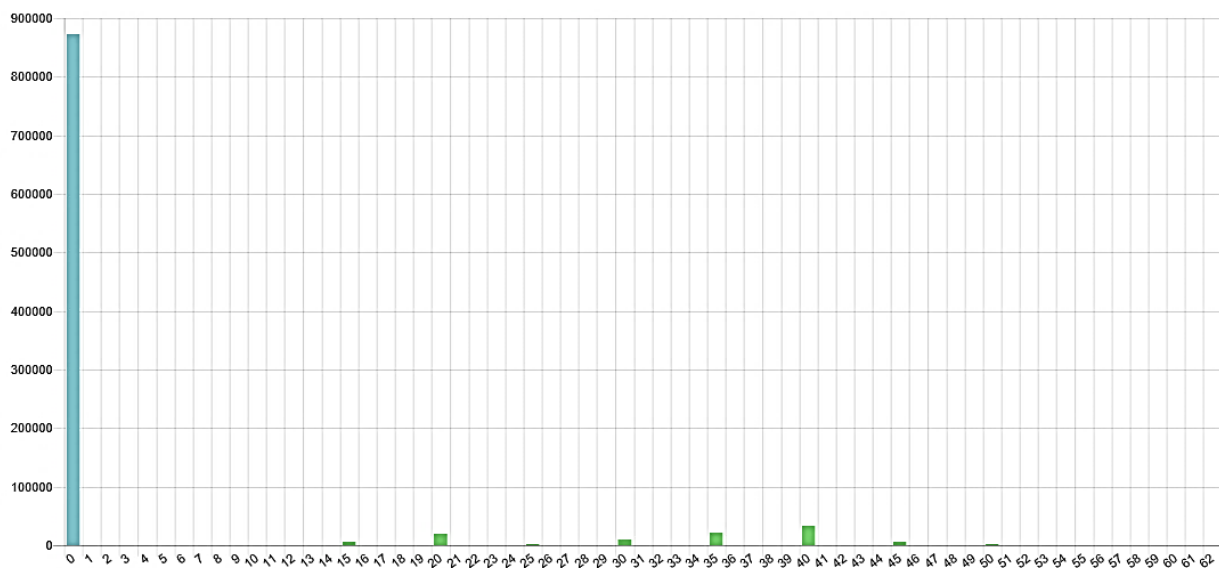
Tabell 18: Referanseverdier for rammekrav til klimagassutslipp benyttet i denne utredningen.

Antatt mål for klimagassutslipp i denne utredningen			
Reduksjon i forhold til referanseverdi	20 %	30 %	
Kontorbygg 3800 m ² BTA	3,4	3,0	kg CO ₂ e/m ² BTA/år
Boligblokk 986 m ² BTA	4,5	4,0	kg CO ₂ e/m ² BTA/år

I avsnitt 6.1.4 ser vi på hvilke tiltak som er nødvendige for å redusere klimagassutslipp knyttet til materialer med opptil 30 % og hvilke merkostnader det kan innebære.

6.1.3 Utslippsprofil over livsløpet

Mesteparten av klimagassutslipp fra materialer kommer i byggåret (år 0), dette er utslipp fra produksjon av materialene som utgjør bygget (A1-A3). Noen materialer vil skiftes ut (B4-B5) i løpet av levetiden, og vi ser derfor noe utslipp spredt utover livsløpet, avhengig av materialenes levetid. Figur 7 viser utslippsprofilen til referansebygget for kontor, og vi ser at nesten 90 % av utslippene kommer i år 0. Alle utslippsprofiler er samlet i vedlegg 2.



Figur 7: Referansebygget for kontor. Utslippsprofil over byggets livsløp.

6.1.4 Tiltak for å redusere klimagassutslipp

Tiltakene vi viser er valgt ut på bakgrunn av at de vurderes til å være blant de mest sannsynlige tiltakene nybyggprosjekter vil prioritere ved ønske om å kutte klimagassutslipp. Lavest mulig kostnader vil være den viktigste faktoren for en byggherre og/eller entreprenør vil vektlegge ved valg av tiltak, men også enkel implementering med kjente løsninger vil bli prioritert. For å oppnå en klimagassreduksjon på 20 eller 30 % totalt for hele bygningen må flere av tiltakene

kombineres. Ikke alle tiltak er gjennomførbare på alle prosjekter av estetiske, bygningstekniske, branntekniske, lydtekniske eller praktiske årsaker som er situasjonsbetinget.

Avsnitt A-I viser de foreslåtte tiltakene og deres effekt på det totale klimagassutslippet og den totale kostnaden for hele bygget.

A. Å bygge i tre

Dette tiltaket innebærer en større endring av konsept fra stål og betong til treverk. Bæring i stål erstattes med limtresøyler og bjelker, hulldekker erstattes med trebjelkelag, hele ytterveggen er utført som klimavegg med trekledning og bygget får tretakkonstruksjon og boligblokka får trebalkonger.

OneClick Carbon designer konseptvalg "tre" er benyttet i beregningen. Dette verktøyet tar hensyn til konstruksjonsmessige konsekvenser som at trebjelkelag vil kreve påstøp. Det er allikevel en forenklet tilnærming som ikke nødvendigvis er representativt for ethvert kontor- eller boligprosjekt utført med tre som konsept. Det bør nevnes at kunnskapsmiljøene i bransjen er delvis uenige om klimagassbesparelse knyttet til å erstatte betong med tre (24). En nylig rapport fra Østfoldforskning viste at grundig optimalisering av betongkonstruksjoner kan redusere klimagassutslippet fra materialene i bygget like mye eller mer enn om man skulle bygget i tre (25), særlig for høye bygg. Vår referanse har kun tre etasjer.

Tabell 19 Klimagassreduksjon og merkostnad, for hele bygget, knyttet til å benytte tre som byggemateriale. Alle tall sammenlignes med referansen generert i OneClick LCA.

	Kontorbygg	Boligblokk	
Klimagassreduksjon	1,84	1,95	kg CO ₂ e/m ² /år
	- 43 %	- 34 %	Prosentvis endring
Merkostnad (for et helt byggeprosjekt)	4 %*	4 %*	Prosentvis endring
	5 800 000*	1 100 000*	Kroner

*merkost antas å variere fra 0-10 %, verdi på 4 % er valgt som et sannsynlig estimat

Merkostnaden ved å bygge i tre er vanskelig å tallfeste og vil variere mye fra prosjekt til prosjekt. Et prosjekt vi kjenner til estimerer en 20 % økning av byggekostnader, samtidig som entreprenøren oppgir at de ikke har regnet på det i detalj. Et prosjekt omtalt i (26) estimerer totalkostnaden å øke med 10 millioner kroner ved bruk av massivtre, som er omtrent 3,3 % av totalkostnaden for prosjektet. Samme artikkel (26) nevner også eksempler på prosjekter der det ikke var noen kostnadsøkning i det hele tatt knyttet til å bygge i tre, men dette gjelder nok først og fremst småhus og mindre omsorgsboliger og barnehager. Vår erfaring fra et skoleprosjekt viste en økning på rundt 5 millioner kroner, som tilsvarer ca. 1 % av de totale byggekostnadene, ved å benytte etasjeskiller av massivtre fremfor hulldekker.

For småhus, barnehager, helsehus og andre bygg som ikke setter høye krav til styrke og spennvidder på bæresystem, kan kostnadene ved å bygge i tre være rimeligere enn andre alternativer. Hvis det kan benyttes vanlig bjelkelag og stenderverk i tak, vegger og/eller

etasjeskiller kan man unngå elementer av massivtre, som er relativt kostbare. For kontorbygg som ofte har større areal og større behov for lange spennvidder kan dette være mer utfordrende.

Tre er også et mye lettere materiale sammenlignet med stål og betong som tilsier at det kreves mindre omfattende dimensjonering av grunn og bærende fundamenter. I mange tilfeller vil dette føre med seg en kostnadsbesparelse.

En begrensning ved å bygge med tre kan være behovet for lange spennvidder på etasjeskillere. Selv om trekonstruksjonen er sterk nok er tre mykere enn f.eks. betong og stål slik at lange spenn kan føre til uhensiktsmessige nedbøyinger og vibrasjoner. Dette kan igjen påvirke bygningsformen ved at det utformes smalere bygg.

En annen utfordring ved å bygge i tre kan være i prosjekter som har begrensninger på byggehøyde. Siden etasjeskiller av tre har behov for flere tilleggsmaterialer for å oppnå brann- og lydkrav fører det til tykkere etasjeskiller og dermed høyere byggehøyde sammenlignet med et bygg med like mange etasjer av f.eks. betong.

B. Bæresystem i prefabrikkert betong

Referansebyggene har bæresystem i stål og plasstøpt betong som har høy påvirkning på totale klimagassutslipp. Et bæresystem med prefabrikkerte betongelementer sparer klimagassutslipp til sammenlikning. Denne løsningen er mest aktuell for kontorbygg med krav til lengre spennvidder.

OneClick Carbon designer konseptvalg "prefab" er benyttet i beregningen. Dette konseptvalget endrer søyler og yttervegger seg til prefabrikkerte betongelementer. Beregningen er gjort med utgangspunkt i at betongelementene er støpt med betong med lavkarbonklasse B. Vi antar at lavkarbonklasse A er lite aktuelt for prefabrikkerte elementer på grunn av lang herdetid.

Klimagassreduksjonen kommer først og fremst av at vi erstatter stål med betong, da stålet har enda høyere utslipp enn betongen. Vi sammenlikner stålsøyler av kaldvalsede profiler med kun 10 % resirkulert innhold, med lavkarbon B-betong. Forskjellen på plasstøpt og prefab er ikke nødvendigvis så stor, med mindre elementene kan konstrueres med betydelig mindre materialmengde (for eksempel hulldekker). Merk at dekkekonstruksjonen i denne beregningen ikke er endret, da det ligger hulldekelementer inne som standard i referansebyggene fra før av. Hadde man tatt utgangspunkt i et bygg med plasstøpte betongdekker er det både klimagassutslipp og penger å spare på å benytte hulldekeelementer.

Tabell 20 Klimagassreduksjon og merkostnad, for hele bygget, knyttet til å benytte bæresystem av prefabrikkert betong. Alle tall sammenlignes med referansen generert i OneClick LCA.

	Kontorbygg	Boligblokk	
Klimagassreduksjon	0,59	0,56	kg CO ₂ e/m ² /år
	- 14 %	- 10 %	Prosentvis endring
Merkostnad	0	0	kr

Merkostnaden ved å gå fra plasstøpt til prefab er estimert til å være lik null. Kilder som (27) og (28) oppgir at materialkostnaden for elementer og plasstøpt er relativt lik generelt sett. Vi ser som nevnt ikke på dekker her, men et hulldekkeelement har nok noe lavere kostnader enn et plasstøpt dekke. Logistikkmessig er det fordeler og ulemper ved begge strategier.

Det er viktig å nevne at de prefabrikkerte elementene ofte har lengre transportvei som kan dra opp utslipp og kostnader noe. Transport til byggeplass er ikke medregnet i omfanget for klimagassberegningene slik det er definert av DiBK.

C. Stålplatetak lett element

Lette elementer av stålplatetak er en kostnadseffektiv takkonstruksjon som bæres av en varmforsinket tynnplateprofil og er lagvis bygget opp av isolasjon, dampspærre og kryssfinér. Løsningen skreddersys til hvert bruk og GWP-verdien varierer derfor tilsvarende. Her har vi benyttet en GWP-verdi på 29 kg CO₂/m² (utskiftning av belegg B4 = 4,4 kg CO₂/m² kommer i tillegg) basert på en prosessmodell laget i OneClick LCA på bakgrunn av informasjonsmateriell som fås ved henvendelse til produsenten Lett-tak. Det bemerkes at denne endringen medfører en viss endring av kvalitet da stålplatetak ikke kan benyttes som takterrasse o.l.

Tabell 21 Klimagassreduksjon og merkostnad, for hele bygget, knyttet til å benytte stålplatetak sammenlignet med hulldekke av betong. Alle tall sammenlignes med referansen generert i OneClick LCA.

	Kontorbygg	Boligblokk	
Klimagassreduksjon	0,43	0,43	kg CO ₂ e/m ² /år
	- 10 %	- 8 %	Prosentvis endring
Merkostnad	- 790 000	- 600 000	kr

Tall hentet fra norsk prisbok viser at lette elementtak med stålplatebæring er ca. 33 % rimeligere enn et typisk "betongtak" båret av et hulldekkeelement.

D. Betong i lavkarbonklasse A

I vår modell erstattes lavkarbonklasse C med lavkarbonklasse A for plasstøpt B45 betong i yttervegger, gulv på grunn, påstøp på dekker (hulldekkene er ikke endret), bæresystem, balkonger og trapper. Se kapittel 6.1.1.

Den generiske verdien for betong med lavkarbon C i OneClick LCA er 320 kg CO₂e/m³ (Concrete (Norwegian low-carbon), B35 M45/MF45, lavkarbonklasse C), og lavkarbon A ligger på 210 kg CO₂e/m³ (Concrete (Norwegian low-carbon), B35 M45/MF45,

lavkarbonklass A). Slaggbetonger med enda lavere klimagassutslipp finnes på markedet i dag, flere produsenter leverer betongtyper med GWP rundt 180 kg CO₂e/m³ og noen kan levere enda bedre. Vi har benyttet tallet 179 kg CO₂e/m³ i beregningen. Dette tallet er hentet fra EPD LVB35M4016 Tønsberg Unicon AS.

Tabell 22 Klimagassreduksjon og merkostnad, for hele bygget, knyttet til å benytte lavkarbon A -betong. Alle tall sammenlignes med referansen generert i OneClick LCA.

	Kontorbygg	Boligblokk	
Klimagassreduksjon	0,36	0,52	kg CO ₂ e/m ² /år
	- 8 %	- 9 %	Prosentvis endring
Merkostnad	3 %*	3 %*	Prosentvis endring
	62 000**	20 000**	Kroner

*merkost antas å variere fra 0-10 %. Verdien er valgt som et sannsynlig estimat

**betongmengder hentet fra referansebyggene i OneClick LCA, med en betongpris på 1700 kr/m³ (inkludert transport, leveranse, tillegg ol.)

Våre kilder oppgir at det er liten eller ingen endring av pris for lavkarbon A sammenliknet med standard betong. På et tilbud vi fikk innsyn i kom det et tillegg på ca 5 % på materialkostnaden for lavkarbon A betong. I et annet prosjekt vi fikk innsyn i var det ingen økning i materialkostnad, men økte kostnader til fyring under vinterstøp. Kostnadene på byggeplassen kan øke noe på grunn av blant annet at fastheten til lavkarbon A betong utvikler seg seinere. Det innebærer for eksempel at brureisen må beholdes lengre og at det er økte fyringskostnader ved vinterstøping. I følge (29) kalkulerer OBOS at lavkarbonbetong i Futurebuilt-prosjekter vil koste 10 % mer enn tradisjonell betong.

E. Redusere vindusareal

Referansebygget har et vindusareal på 25 % av oppvarmet areal. Vi reduserer dette til 15 %. Vi justerer opp ytterveggen med tilsvarende areal utført som TEK 17 klimavegg med malt trekledning (U=0,18W/m²).

Tabell 23 Klimagassreduksjon og merkostnad, for hele bygget, knyttet til å redusere vindusarealet. Alle tall sammenlignes med referansen generert i OneClick LCA.

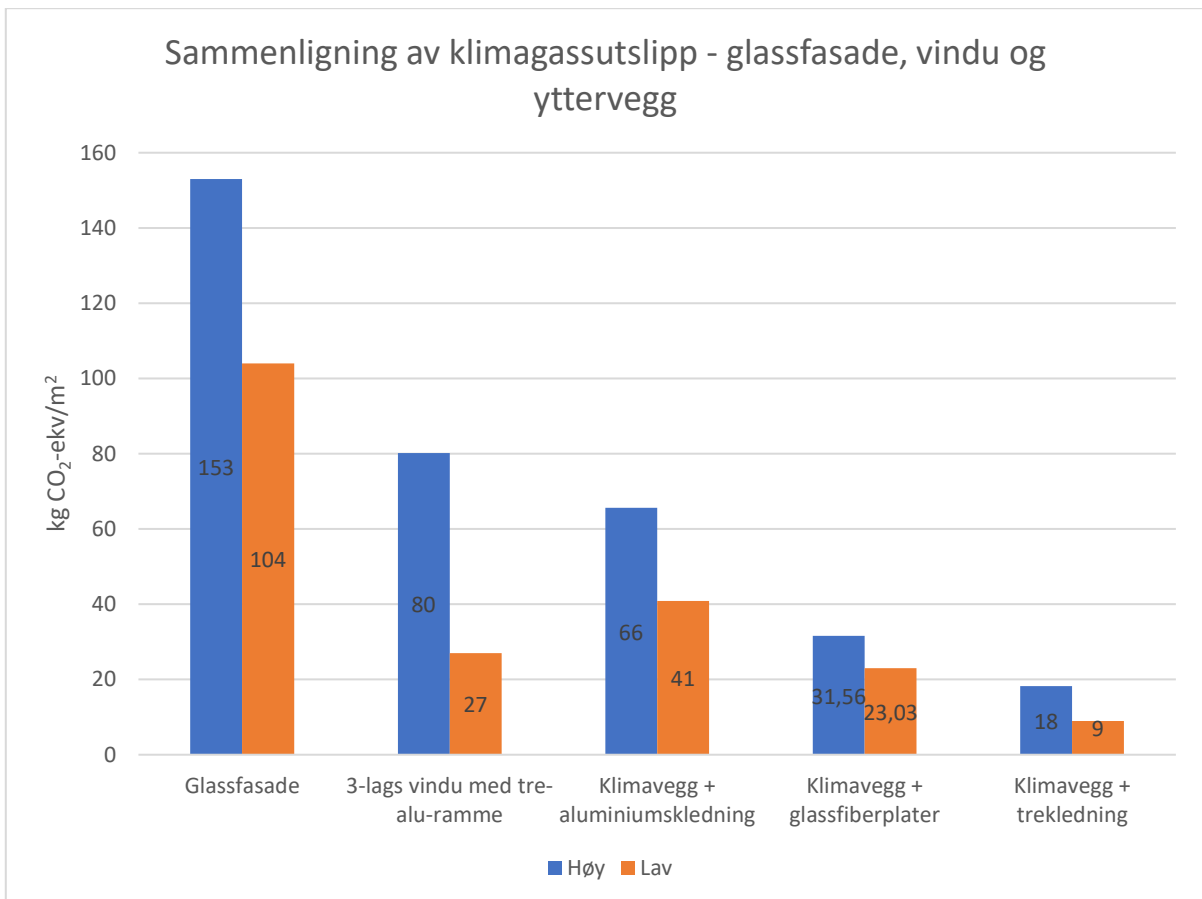
	Kontorbygg	Boligblokk	
Klimagassreduksjon	0,07	0,06	kg CO ₂ e/m ² /år
	- 2 %	- 1 %	Prosentvis endring
Merkostnad	- 289 440	- 1 157 760	kr

Det er rimeligere å bygge en klimavegg uten vinduer, enn en klimavegg med vinduer.

Vi ser at klimaeffekten er relativ liten. Det er viktig å merke seg her at begge referansebyggene inneholder generiske GWP-verdier for 3-lagsvinduer i treramme med aluminiumsbeslag (U-verdi 0.8) fra OneClick LCA. Disse verdiene er bare litt høyere enn de generiske GWP-verdiene klimavegg med malt trekledning som ligger til grunn i OneClick LCA og forskjellen blir derfor ikke så stor. Den lave verdien for vindu er for øvrig et av punktene i OneClick LCAs referansedata som flere norske eksperter har stilt spørsmålsteget

ved (30). Figur 8, som sammenlikner glassfasader med vanlig klimavegg og ulike kledningsprodukter, viser også spennet mellom høyeste og laveste GWP-data tilgjengelig i OneClicks database. Den lille forskjellen mellom vindu og klimavegg i vårt resultat kan forklares med at lav verdi for vindu og høy verdi for klimavegg er benyttet i referansesystemet. Det er også et godt eksempel på hvor følsomme resultatene er til datavalg og forutsetninger.

Figur 8 sammenlikner glassfasader med vanlig klimavegg og ulike kledningsprodukter. En typisk glasvegg/curtain wall, i glass og stål, har mye høyere utslipp enn en klimavegg. Vi hadde sett en mer betydelig effekt om vi hadde sammenliknet forskjellen på 25 % og 15 % glassvegg i et bygg. Referansebyggene for kontor og boligblokk inneholder ikke glassvegg i yttervegg, men det gjør referansebygget til for eksempel museumsbygg og høgskolebygg.



Figur 8: Figuren sammenlikner glassfasader med vanlig klimavegg og ulike kledningsprodukter og viser også spennet mellom høyeste og laveste GWP-data tilgjengelig i OneClicks database hvor hver løsning.

F. armeringsstål med større andel resirkulert stål

Tabellen viser klimagassreduksjonen ved å gå fra generisk armeringsstål med 90 % resirkulert innhold til generisk armeringsstål med 100 % resirkulert innhold i OneClick LCA.

Tabell 24 Klimagassreduksjon og merkostnad, for hele bygget, knyttet til å benytte resirkulert armeringsstål. Alle tall sammenlignes med referansen generert i OneClick LCA.

	Kontorbygg	Boligblokk	
Klimagassreduksjon	0,06	0,10	kg CO ₂ e/m ² /år
	- 1 %	- 2 %	Prosentvis endring
Merkostnad	0	0	kr

En kilde på entreprenørsiden forteller oss at kostnaden i dag er den logistikkmessige oppgaven å få tak i, og å sikre, at resirkulert stål blir brukt. Resirkulert stål er rimeligere å produsere enn jomfruelige råmaterialer, da det kreves mindre energi i stålproduksjonen. Imidlertid kan det være utfordrende å skaffe 100 % resirkulert armeringsstål i markedet, da det er stor etterspørsel. Vårt forslag er å tilnærme merkostnaden knyttet til å kreve 100 % resirkulert armeringsstål til 0 kroner.

G. Tynnere yttervegger

Vi har benyttet en forenklet tilnærming der vi har redusert tykkelsen av mineralull med 150 mm i hele ytterveggen uten å gjøre andre endringer. Tykkelsen på mineralullen i referansebygget er 250 mm.

Vi har med dette tiltaket, som også er utredet i kapittel 4 med tanke på varmetap, for å vise at det har neglisjerbar effekt på totalt klimagassutslipp fra materialer.

Tabell 25 Klimagassreduksjon og merkostnad, for hele bygget, knyttet til å redusere tykkelsen på yttervegger. Alle tall sammenlignes med referansen generert i OneClick LCA.

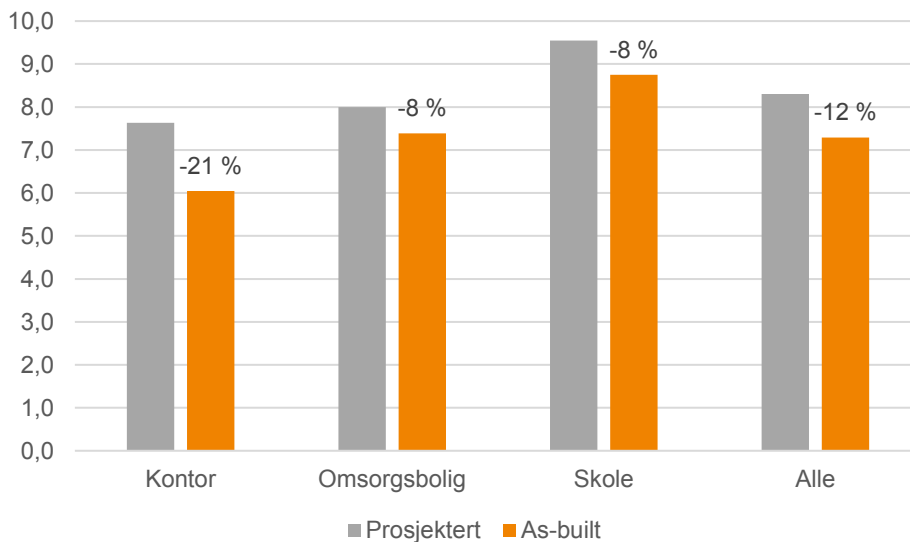
	Kontorbygg	Boligblokk	
Klimagassreduksjon	0,002	0,005	kg CO ₂ e/m ² /år
	- 0,04 %	- 0,1 %	Prosentvis endring
Merkostnad	- 224 667	- 349 164	kr

Det vil være sparte materialutgifter knyttet til mindre bruk av mineralull.

H. Kreve EPD på en stor andel av produktene i bygget

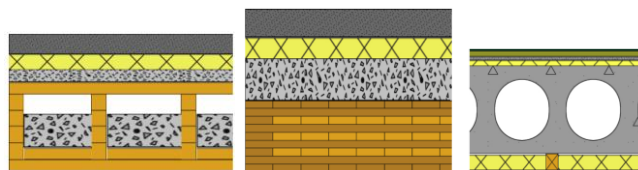
EPD-verdier ligger generelt noe lavere enn generiske verdier, sannsynligvis fordi mange av de mer miljøbevisste produsentene har vært tidlig ute med å anskaffe EPD-dokumentasjon. Å kreve EPD-dokumentasjon på en stor andel av produktene i bygget vil derfor i seg selv merkbart redusere klimagassutslipp knyttet til materialer når man sammenlikner med et tidligfaseregnskap eller referanseregnskap basert på generiske data, slik som referansebyggene i stor grad er.

Det vil være utfordrende å si noe generelt om denne effekten. En grov tilnærming kan være å se på endringen mellom fasene "prosjektert bygg" og "som bygget" for et utvalg prosjekter. Her er prosjektene som var del av FutureBuilt og Framtidens bygg fram til 2017 undersøkt (31), som viser en gjennomsnittlig reduksjon på 1 kg CO₂ekv./m², som tilsvarer en reduksjon på 12 %. Det kan være flere årsaker til at det beregnede utslippet endrer seg mellom de ulike fasene, men det er rimelig å anta at valg av spesifikk EPD er en stor bidragsyter.



Figur 9 Oversikt over endringen fra "Prosjektert Bygg" til "Som bygget" for et utvalg prosjekter fra Framtidens bygg og FutureBuilt.

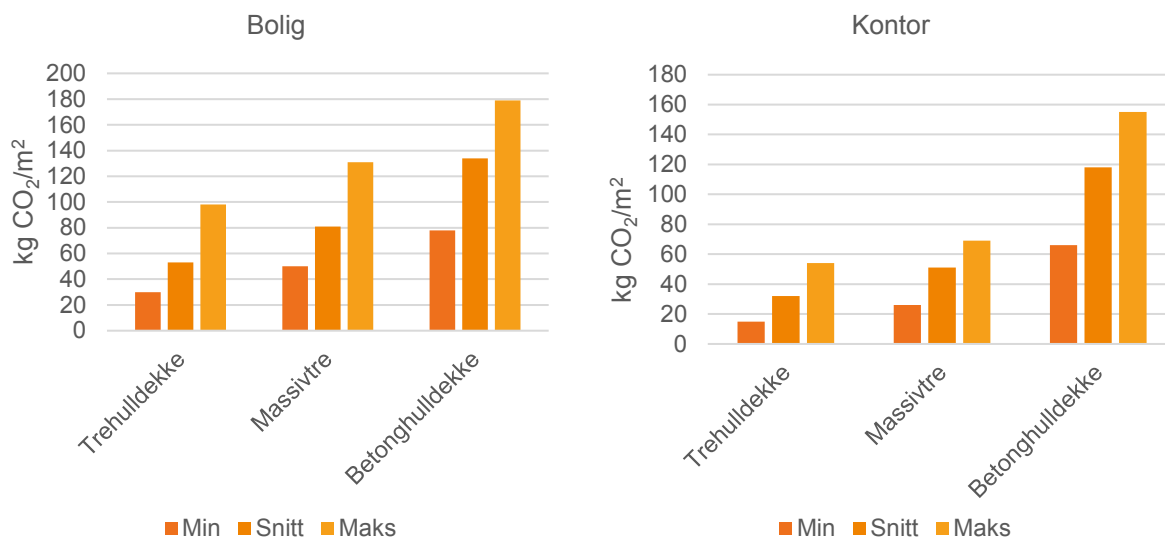
En annen metode for å finne et grovt anslag på effekten av EPD-valg er å se på utslippene knyttet til bygningselementer der de beste EPD-valgene sammenlignes med de verste EPD-valgene. Dersom vi undersøker ulike etasjeskillere av betong og tre, og inkluderer tilleggsmaterialer for å oppnå sammenlignbare lydkrav, ser vi av Figur 11 at EPD-valg har en meget stor innvirkning på totalt klimagassutslipp. I dette tilfellet har vi sett på trehulldekker, massivtredekker og hulldekker av betong, som vist i figurene under.



Figur 10 Snitt av ulike etasjeskillere av tre og betong. De aktuelle snittene som vises her oppfyller lydklasse C for boliger og minimum spennvidde på 5 meter.

Hvis vi antar at de EPDene med høyest utslipp tilsvarer en bransjereferanse, og at gjennomsnittet av tilgjengelige EPDer tilsvarer en referanse for bygninger som gjør bevisste EPD-valg, oppnås en besparelse mellom 25 % og 45 %. Disse resultatene er ikke

nødvendigvis representative hvis vi benytter samme metode på et helt bygg, men vi ser at valg av produsent kan ha meget stor innvirkning.



Figur 11 Klimagassutslipp knyttet til ulike etasjeskillere inkludert bærende lag og tilleggsmaterialer for å oppnå lydklasse C. Klimagassutslippene er lavere for kontoret siden det stilles snillere lydkrav her.

I denne utredningen har vi valgt å benytte 12 % som et konservativt estimat på effekten av å velge produkter med EPD- dokumentasjon. Merk at dette estimatet er basert på litteratur og ikke på beregningene i utredningen.

Tabell 26 Klimagassreduksjon og merkostnad, for hele bygget, knyttet til å velge produkter med EPD- dokumentasjon. Alle tall sammenlignes med referansen generert i OneClick LCA.

	Kontorbygg	Boligblokk	
Klimagassreduksjon sammenliknet med referanse	0,52	0,67	kg CO ₂ e/m ² /år
	- 12 %	- 12 %	Prosentvis endring
Merkostnad sammenliknet med referanse	0	0	kr

Det er vanskelig å si om produkter med EPD er dyrere eller billigere enn produkter som har samme kvalitet, men mangler EPD-dokumentasjon. Igjen vil det være en "logistikkmessig" kostnad knyttet til oppfølging av et EPD-krav opp mot leverandører i utførelsesfasen. I fremtiden kan det tenkes at klimavennlige alternativer blir mer ettertraktet og dermed prises høyere.

I. Andre tiltak

Andre tiltak kan være mer effektive og kostnadsoptimale enn de som er nevnt her, under de riktige forutsetningene. Eksempelvis viser en nylig rapport fra Østfoldforskning at grundig optimalisering av betongkonstruksjoner kan redusere klimagassutslippet fra materialene i bygget like mye eller mer enn om man skulle bygget i tre (25).

Andre tiltak som bør vurderes videre inkluderer blant annet:

- Optimale betongkonstruksjoner med minimalt forbruk av sement
- Hulldekker i lavkarbonbetong
- Erstatte vinylgulv med linoleum og parkett.
- Erstatte stålstendere med trestendere i innervegger og systemvegger.
- Bruk av fornybare isolasjonsmaterialer som treull etc.

6.1.5 Drøfting klimagassutslipp og kostnader

Denne undersøkelsen viser at det skal være er mulig å redusere klimagassutslipp knyttet til materialer i nybygg med 20-30 % uten økning i materialkostnad.

Denne konklusjonen gjelder for systemgrensene som er foreslått av DiBK p.t. Det er viktig å forstå at miljøeffekten er regnet i forhold til en referanse (beskrevet i avsnitt 6.1.1). Prosentvis miljøeffekt sier derfor like mye om referansen som om tiltaket. Referansen er en modell av et typisk og representativt TEK 17 bygg, men alle bygg og prosjekter er forskjellige. Et eksempel er beregningen av glassareal som gav liten effekt for referansebyggene for kontor og boligblokk uten glassvegger, men som ville vært en betydelig besparelse i et bygg prosjektert med glassvegger.

Både kostnader og miljøeffekt er vanskelig å tallfeste nøyaktig. Til syvende og sist kan det være både dyrere, like dyrt eller til og med billigere å bygge med klimavennlige materialløsninger. Regnestykket er avhengig av svært mange faktorer. Eksempelvis vil behovet for lange dekkespenn drive prisene opp på løsninger i tre sammenliknet med stål og betong, mens prisforskjellen vil være mye mindre i for eksempel boliger (26). Byggekostnadene kan i mange tilfeller være lavere for tre enn for stål og betong (32). Betong i lavkarbonklasse A er ikke nødvendigvis dyrere enn vanlig betong, men innstøpningsprosessen er mer tidkrevende.

Ofte vil det først og fremst være økte prosjekteringskostnader når man skal omstille seg til et klimavennlig materialkonsept. Det er også alltid en kostnad knyttet til å gjøre ting på en annen måte enn det man er vant til. Dette vil endre seg over tid når de klimavennlige løsningene blir mer vanlige.

I tillegg til at kostnadene er avhengig av svært mange faktorer hersker det også stor uenighet om både miljøgevinst og merkostnad for miljøbygg og særlig trebygg (33) (25). De estimerte merkostnadene for tiltakene presentert her er basert på vår beste skjønnsmessige vurdering p.t og inneholder betydelige usikkerheter som belyses videre i hovedrapporten.

6.2 Å finne riktig nivå på rammekrav til klimagassutslipp fra materialer

Forslag til krav på klimagass for fra DiBK er oppsummert i kapittel 1. Det er en stor utfordring å komme fram til riktig nivå på rammekrav til klimagassutslipp fra materialer. Per i dag finnes det ikke nasjonal statistikk på klimagassutslipp knyttet til materialbruk i bygg. Vi har vurdert forslaget opp mot praktisk erfaring som miljørådgivere med mange års erfaring med klimagassberegninger for bygg, og leverer dette underlaget som et innspill i prosessen om å finne riktig nivå på rammekravet.

I utredningen av mulig modell for NNEB i TEK utført av Asplan Viak m.fl. (30) ble det konkludert med et referansenivå på 7,2 kg CO₂ ekvivalenter per m² BTA per år for kontorbygg, med foreslått kravnivå på 5,1. For bolig var nivåene henholdsvis 8,6 og 6,1 kg CO₂ ekvivalenter per m² BTA per år. I (30) ble ikke referansebyggene i OneClick LCA Norge sin funksjon for referansebygg, carbon designer, benyttet direkte. Forfatterne av utredningen benyttet egne verktøy og antakelser. OneClick LCA Norge har tatt over markedet fra det nedlagte klimagassregnskap.no og blir derfor sett på som norsk byggebransjes standard verktøy og standard referanse. Innvendinger angående hvor korrekte og representative denne referansen er gjør at forfatterne av (30) valgte å justere eller supplere med manuelle beregninger. Vi er enige med forfatterne av (30) at referansebyggene i OneClick LCA har forbedringspotensiale og inneholder mangler som trolig gjør at de ligger litt lavere i totale klimagassutslipp enn ønskelig.

Vi anbefaler allikevel å se til referansebygg og prosjektberegninger utført direkte i OneClick LCA Norge når man skal sette rammekrav til klimagassutslipp fra materialer, da dette er dagens standard. Som vist i forrige kapittel vil da referansebyggene komme ut med noe lavere klimagassutslipp enn det som er foreslått av DiBK per i dag, se Tabell 17 og Tabell 18.

Referansebyggene er effektive, rektangulære og økonomiske konstruksjoner som ikke er representative for alle bygg som bygges i Norge. Vi har sammenstilt et underlag av erfaringstall fra prosjekter som vises i tabellene under. Se også Asplan Viaks erfaringstall i (30) kapittel 11.2.

6.2.1 Erfaringstall fra Erichsen & Horgen

EH erfaringstall fra prosjekter beregnet i OneClick Norge

Tabell 27: EH erfaringstall fra prosjekter beregnet i OneClick Norge.

Kategori	Kontorbygg		Andre yrkesbygg		
Prosjektnavn	Kontorbygg 1	Kontorbygg 2	Idrettshall 1	Museumsbygg	
BTA	36678	15200	2900	701	m2
Systemgrenser avvik fra forslag DiBK	Inkl. trapp og balkong	Inkl. trapp og balkong	Inkl. fundament, trapp og balkong		
Referansebygg	3,5	3,6	4,5	5,8	Kg CO ₂ e/m ² /år
Prosjektert bygg			4,0	2,6	Kg CO ₂ e/m ² /år

Tabell 28: EH erfaringstall fra prosjekter beregnet i OneClick Norge.

Kategori	Videregående skoler			
	Skole 1	Skole 2	Skole 3	
Prosjektnavn	Skole 1	Skole 2	Skole 3	
BTA	18084	20447	1600	m2
Systemgrenser avvik fra forslag DiBK	Inkl. kjelleretasje, trapp og balkong. Justerte data stål og betong	Inkl. kjelleretasje	Inkl. fundament, trapp og balkong	
Referansebygg	4,2	4,7	4,7	Kg CO2e/m2/år
Prosjektert bygg	2,7	3,3	2,2	Kg CO2e/m2/år

Tabell 29: EH erfaringstall fra prosjekter beregnet i OneClick Norge.

Kategori	Boligbygg	
	Boligblokker 1	
Prosjektnavn	Boligblokker 1	
BTA	6605	m2
Systemgrenser avvik fra TEK20	Inkl. kjelleretasje	
Referansebygg	4,5	Kg CO2e/m2/år
Prosjektert bygg	2,1	Kg CO2e/m2/år

EH erfaringstall fra prosjekter beregnet i klimagassregnskap.no v5

Tabell 30: EH erfaringstall fra prosjekter beregnet i klimagassregnskap.no v5.

Kategori	Yrkesbygg				
	Kontor	Høgskolebygg	Sykehjem	Omsorgsbolig + barnehage	
Prosjektnavn	Kontorbygg 3	Skole 4	Sykehjem	Omsorg 1	
BTA	20110	2118	14500	4221	m2
Systemgrenser avvik fra TEK20	Inneholder noe fundamenter	Inneholder noe fundamenter	Inneholder noe fundamenter	Inneholder noe fundamenter	
Referansebygg	5,7	9,8	5,5	6,5	Kg CO2e/m2/år
Prosjektert bygg	5,9	11,7	2,8	4,8	Kg CO2e/m2/år

Tabell 31: EH erfaringstall fra prosjekter beregnet i klimagassregnskap.no v5.

Kategori	Boligbygg			
	Boligblokk 4 etg	Boligblokk 5 etg	Boligblokk 8 etg	
Prosjektnavn	Boligblokker 2			
BTA	4913	9116	4267	m2
Systemgrenser avvik fra TEK20	Inneholder noe fundamenter	Inneholder noe fundamenter	Inneholder noe fundamenter	
Referansebygg	6,1	5,9	5,6	Kg CO2e/m2/år
Prosjektert bygg	6,3	6,1	5,6	Kg CO2e/m2/år

6.2.2 Andre erfaringstall

Erfaringstall fra Framtidens byer

- 26 prosjekter under Framtidens byer
 - Studentoppgave NTNU, Herman Myrberg Rinholm (31)
 - Beregninger utført ca. mellom 2014 og 2017
 - 24 nybygg med klimagassregnskap for prosjektert bygg, 22 med regnskap for as built
 - 9 kontorbygg
 - 9 skoler
 - Ingen boligblokker

Tabell 32: Erfaringstall fra Framtidens byer.

	Referansebygg	Prosjektert bygg	As built	
Alle nybygg	11,1	8,3	7,1	Kg CO ₂ e/m ² /år
Kontor	11,6	7,6	6,0	
Skole	11,1	9,5	8,8	

Erfaringstall fra ZEB

- 3 ZEB piloter med relevans
 - Utført i ZEBs egne excelark basert på en kombinasjon av EPD-data og eco-inventdata
 - Også her vil det være en betydelig variasjon i valg av antakelser etc.!

Tabell 33: Erfaringstall fra ZEB.

Heimdal VGS		Campus Evenstad	«Konseptuelt» kontorbygg	Pilot
Bygningdel 21-26		Inkluderer VVS og utendørs materialer	Inkluderer noe VVS	Systemgrenser
Skole	Idrettshall	Høgskole administrasjonsbygg	Kontorbygg	Kategori
9,23	9,55	8,4	6,4	Kg CO₂e/m²/år
ZEB project report 34 2017		ZEB project report 36 2017	ZEB project report 8 2013	Kilde

6.2.3 Formfaktor påvirker utgangspunktet i stor grad

Formen til et bygg er premissgivende både for energibehovet til bygget og for behovet for materialer. En kompakt form er mest effektivt. Kompaktheten kan indikeres med en *formfaktor* forholdstallet mellom utvendig fasadeareal og volum eller bruksareal – det finnes flere varianter. I OneClick LCA kan referansebyggenes formfaktor (*shape efficiency factor*¹⁷) justeres i Carbon Designer, og dette påvirker konstruksjonen ved at høyere formfaktor gir større yttervegsareal

¹⁷ OneClick oppgir formelen bak shape efficiency factor på følgende måte: langvegg lengde = oppvarmet BRA/kortvegg lengde * shape efficiency factor. OneClick LCA må kontaktes for mer informasjon om dette.

per oppvarmet BRA, samtidig som også innerveggsareal øker noe. Dette betyr at materialmengdene øker og videre også klimagassutslippet. Effekten er relativt stor og det anbefales videre arbeid på dette.

6.2.4 Anbefalinger rammekrav klimagass

Basert på dette underlaget, og særlig om man vektlegger beregningene utført i OneClick LCA Norge, kan vi konkludere med at dagens forslag til rammekrav er relativt romslig med den konsekvens at det i mange tilfeller vil være enkelt å oppnå uten å gjøre tiltak overhodet. Konklusjonen i kap 6.1 var at det er mulig å gjennomføre tiltak med store klimagassbesparelser til en relativt lav kostnad. Samtidig må vi ta i betraktning av mange av beregningene for "prosjektert bygg" og "as-built" som utgjør underlaget vårt er basert på ambisjonsprosjekter. Vår konklusjon er at vi kan anbefale å stramme inn kravet noe. Vår utredning viser at et nivå i området 3-5 kg CO₂ ekvivalenter per m² BTA per år kan være fornuftig, men vi anbefaler videre arbeid på et utvidet underlag før en endelig konklusjon trekkes. Videre arbeid bør blant annet undersøke:

- andre yrkesbyggstyper enn kontor
- hvordan formfaktor påvirker klimagassutslippet i dagens boligblokker og yrkesbygg
- et større statistisk underlag for hvor store reduksjoner de ulike klimagassreduserende tiltakene har generelt

I tillegg er vi enige med de andre ekspertene om at det finnes feil og mangler ved referansebyggene i OneClick LCA (20). Blant annet er det gjort tilpasninger på referansen for utslipp knyttet til betong i denne rapporten. Det er viktig for hele bransjen at referansebyggene i OneClick LCA er så representative for norske gjennomsnittsbygg som mulig, slik at klimagassberegninger viser realistiske reduksjonsnivåer.

7 OPPSUMMERING

Varmetapstall og levert energi

- TEK 17 og forslag til reviderte energikrav er ikke direkte sammenlignbare da de stiller krav på ulike nivå. Det nye forslaget baserer seg på krav knyttet til varmetapstall og levert energi. Dagens TEK stiller krav til netto energi, men har ingen krav til varmetapstall og levert energi. Vi har foretatt beregninger med referansebygg for kontor, boligblokk og småhus og sammenlignet disse på de ulike kravsområdene.
- Varmetapstallene i eksemplene skjerpes mellom 2-14 %
- Det utredede forslaget fra DiBK til reviderte energikrav representerer 4-8 % redusert levert energibruk sammenlignet med dagens forskriftskrav i TEK17 for disse eksemplene.
- Det nye kravet stiller ikke krav til energiytelse på ventilasjonstekniske anlegg, kun levert energi. Det åpner for bruk av avtrekksventilasjon og naturlig ventilasjon. Det er usikkert i hvilket omfang dette vil bli benyttet. Passivhus- og BREEAM krav vil kunne begrense fremveksten av disse alternativene.
- De nye kravene vil medføre betydelig økt effektbehov til elektrisitet der naturlig- eller avtrekksventilasjon benyttes.
- Kravene kan føre til at fjernvarme og biovarme velges bort. Dette kan igjen føre til økt effektbelastning på elnettet.

Klimagass

- Vår utredning av tiltak for å redusere klimagassutslipp viser at det skal være mulig å redusere klimagassutslipp knyttet til materialer i nybygg med 20-30 % uten økning i materialkostnad. Ofte vil det først og fremst være økte prosjekteringskostnader når man skal omstille seg til et klimavennlig materialkonsept. Dette vil endre seg over tid når de klimavennlige løsningene blir mer vanlige.
- Å finne riktig nivå på rammekrav til klimagassutslipp er en utfordring. Vår konklusjon er at vi kan anbefale å stramme inn kravet noe i forhold til det som er foreslått fra DiBK, men vi anbefaler videre arbeid på et utvidet underlag før en endelig konklusjon trekkes.
- Det er viktig for hele bransjen at referansebyggene i OneClick utvikles og blir så representative for norske gjennomsnittsbygg som mulig, da vi er enige med de andre ekspertene som mener at det finnes feil og mangler ved disse.

8 BIBLIOGRAFI

1. **Skeie, Lien, Svensson, Andresen.** *Kostnader for nye småhus til høyere energistandard.* s.l. : SINTEF Forlag, 2016. 1894-1583.
2. **Killingland, Magnus , et al.** *Nesten nullenergi bygg -Forslag til nasjonal definisjon.* Oslo : Rambøll, 2013.
3. **Norsk institutt for luftforskning (NILU).** Nasjonalt beregningsverktøy for luftkvalitet. *Forurensningskart.* [Internett] <https://www.luftkvalitet-nbv.no/>.
4. **Helse- og omsorgsdepartementet.** *Nasjonal strategi for forebygging og behandling av astma- og allergisykdommer.* Oslo : Helse- og omsorgsdepartementet, 2008.
5. **Folkehelseinstituttet (FHI).** *Folkehelse rapporten - Astma og allergi.* s.l. : FHI, 2014 (oppdatert 2018).
6. **Aasvang, Gunn Marit.** *Helsebelastning som skyldes veitrafikkstøy i Norge.* s.l. : Folkehelseinstituttet, 2012. 978-82-8082-492-9.
7. *Dagslys - en forutsetning for god folkehelse.* **Løge, Ragnhild og Karlsen, Line R.** s.l. : Norsk VVS, 2018.
8. **Andersen, Marilyn, Mardaljevic, John og Lockley, Steven W. .** A Framework for Predicting the Non-Visual Effects of Daylight – Part I: Photobiology-based Model. *Lighting Research and Technology.* 44, 2012, 1, ss. 37-53.
9. **Johnsson, Anders og Moan, Johan.** Rytmer, deprisjoner og lys. *Tidsskrift for den norske lægeforening.* 8, 2006, Vol. 126, ss. 1044-1047.
10. **Hraska, Jozef .** Chronobiological aspects of green buildings daylighting. *Renewable Energy.* 73, 2015, ss. 109-114.
11. **Heschong Mahone Group.** *Windows and offices: A study of office worker performance and the indoor environment.* s.l. : California Energy Commission., 2003.
12. *Daylight and productivity - a possible link to circadian regulation.* **Figuerio, Mariana, Rea, Mark og Rea, Anne.** 2002.
13. **NAL og AiN.** *Bo- og Boligkvalitet.* s.l. : NAL og AiN, 2017.
14. *Dagslys viktigst ved boligkjøp.* **Byggeindustrien.** s.l. : bygg.no, 12 04 2008.
15. **Thema Consulting.** *Nettregulering i fremtidens kraftsystem.* s.l. : Thema consulting, 2017. ISBN nr. 978-82-93150-98-5.
16. **SSB.** Fjernvarme og fjernkjøling. *Statistisk sentralbyrå.* [Internett] 18 10 2019. <https://www.ssb.no/fjernvarme>.
17. **Norsk fjernvarme.** [fjernkontrollen.no.](https://www.fjernkontrollen.no/) [Internett] 2019. <https://www.fjernkontrollen.no/>.
18. **Smits, Ferry , et al.** *Energiregler 2015 - Forslag til endringer i TEK for nybygg.* s.l. : Rambøll, 2013.
19. **Andresen, Inger, Dokka, Tor Helge og Johansen, Vegard Skregelid.** *Kriterier for nZEB for FutureBuilt-prosjekter Revisjon des-2018.* s.l. : FutureBuilt, 2018.
20. **Norsk Betongforening.** *Publikasjon nr. 37.* s.l. : NB, 2019.
21. **Kvitrud, Erlend Kulander.** Betonglobbyens klimarapport må tas med et tonn salt. *Bygg.no.* [Internett] Byggeindustrien, 11 Desember 2019. <https://www.bygg.no/article/1417775>.
22. **Rønning, Anne, et al.** *Klimagassregnskap av tre- og betongkonstruksjoner.* Oslo : Østfoldforskning, 2019.

23. **Reed, Eilif Ursin.** Klimavennlighetens pris. *Cicero senter for klimaforskning*. [Internett] 16 November 2017. <https://www.cicero.oslo.no/no/posts/klima/klimavennlighetens-pris>.
24. **Hjelseng, Guro Varvin.** *Plasstøpt vs. prefabrikkert betong*. s.l. : NTNU masteroppgave, 2014.
25. *Vær tro mot idéen og strategien du har.* **Revfem, Jan.** <https://www.tu.no/artikler/vaer-tro-mot-ideen-og-strategien-du-har/442113> : Teknsik Ukeblad, 17 Juli 2018.
26. **Norconsult.** *Bærekraftige betongkonstruksjoner*. s.l. : Statens vegvesen, Veidirektoratet, 2017.
27. **Løken, Espen, et al.** *Utredning av mulig modell for nNEB i TEK*. s.l. : Asplan Viak, 2019.
28. **Rinholm, Herman Myrberg.** *Framtidens bygg - en gjennomgang av klimapåvirkningen til 35 pilotprosjekter*. s.l. : NTNU studentoppgave, 2017.
29. **Solbakken, Stine.** Tre blir så dyrt, sa folk. *byggmesteren.as*. [Internett] 27 Juli 2018. <https://byggmesteren.as/2018/07/27/tre-blir-sa-dyrt-sa-folk/>.
30. **Bygg uten grenser.** Ensidig materialfokus gir økte kostnader. *Byggutengrenser.no*. [Internett] 26 September 2018. <https://www.byggutengrenser.no/2018/09/26/ensidig-materialfokus-gir-okte-kostnader/>.
31. **Byggforskserien.** *Energieffektive bygninger. Begreper og definisjoner*. s.l. : SINTEF Community kunnskapssystemer, 2015. 473.003.
32. **Aggerholm, Søren.** *Energifaktorer ved energiberegning*. s.l. : Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, 2017. ISBN 978-87-563-1836-5.
33. **Fufa, Selamawit Mamo, et al.** *A Norwegian ZEB definition Guideline*. s.l. : ZEB Project report 29, 2016. 978-82-536-1513-4.
34. **Wiik, Marianne Kjendseth, et al.** *ZEB Pilot Campus Evenstad*. s.l. : ZEB Project report 36, 2017. 978-82-536-1555-4.

APPENDIKS 1: DOKUMENTASJON AV KLIMAGASSMODELLER

Tabellen under viser inndata som gjelder for referansebyggene som gjelder for både energirammeberegningene og klimagassberegningene som er omtalt i denne rapporten.

Følgende inndata gjelder for energirammeberegningene som er omtalt i denne rapporten.

Bygnings- kategori	Grunnflate m	Antall etasjer	Oppvarmet areal m	Bruttoareal m	Etasje- høyde m	Areal- andel vinduer/ dører av oppvarmet areal	Fasade- arealer m	Vindus/ dørarealer m	g-verdi glass/ total
Småhus	80 (10x8)	2	160	191	3,17 ²⁵	25 %	232	40	0,40/0,40
Boligblokk	300 (10x30)	3	900	986	3,0	25 %	696	225	0,40/0,40
Kontorbygg	1200 (20 x 60)	3	3600	3800	3,5	25 %	1632	900	0,40/0,05

Videre er følgende antakelser lagt til grunn for referansebyggene:

Verktøy:

OneClick LCA Norge, versjon 21.09.2019

LCA default values:

Service life for materials

- Technical service life (default)

Transportation distance

- Nordic (default)

Material manufacturing localization method

- v1.0 Recommended (default)

Material manufacturing localisation target

- Norway, electricity profile IEA2016 (default)

Beregningsperiode:

60 år

Kontorbygg

Project materials scope

Building parameters

- Foundations and substructure
- Ground Slab
- Structure
- Enclosure
- Finishes
- Services (beta)

Building type, size and number of floors

Norwegian reference building v2019.1 ▼

Building type
Office buildings ▼

Gross floor area (GFA) m²

Number of above ground floors

Calculation period years

More options

Number of underground heated floors

Number of underground unheated floors

Use earthquake zone structures

Required foundation type and depth

Scenarios

Baseline scenario
TEK17 ▼

Comparison scenario
Not applied ▼

Building dimensions



Height	11	m
Width	77	m
Depth	18	m
Internal floor height	<input type="text" value="3.5"/>	m
Column spacing distance	9	m
Load bearing internal walls	0	%
Number of staircases	1	
Total number of floors	3	
Shape Efficiency Factor	1.1	
Gross internal floor area (GIFA)	3600	m ²
Heated area	<input type="text" value="3600"/>	m ²

Building structures

Edit areas if necessary.

Ground Slab		
Ground slabs	<input type="text" value="1200"/>	m ²
Structure		
Floor slabs	<input type="text" value="2533"/>	m ²
Columns	<input type="text" value="342"/>	m
Beams	<input type="text" value="540"/>	m
Balconies	<input type="text" value="0"/>	m ²
Staircases	<input type="text" value="11"/>	m
Load bearing internal walls	<input type="text" value="0"/>	m ²
Enclosure		
Underground walls	<input type="text" value="0"/>	m ²
External walls	<input type="text" value="732"/>	m ²
Cladding	<input type="text" value="732"/>	m ²
Windows	<input type="text" value="875"/>	m ²
External doors	<input type="text" value="25"/>	m ²
Roof slab	<input type="text" value="1267"/>	m ²
Roofs	<input type="text" value="1267"/>	m ²
Finishes		
Internal walls	<input type="text" value="4068"/>	m ²
Floor finishes	<input type="text" value="3600"/>	m ²
Ceiling finishes	<input type="text" value="3600"/>	m ²

Boligblokk

Byggeparametere og omfang

Byggeparametere

- Fundament
- Gulv på grunn
- Struktur
- Klimaskall
- Interiørmaterialer
- Bygningssystem (beta)

Bygningstype, størrelse og antall etasjer

Norsk referansebygg v2019.1

Byggtype

15 - Boligblokk

Bruttoareal (BTA) m²

Antall etasjer over bakken

Beregningsperiode år

+ Flere valg

Scenarier

Grunnlinjescenario

TEK17

Scenario for sammenligning

Ikke valgt

Avbryt

Beregn områder

Lag referanse

Byggdimensjoner



Høyde	9.9	m
Bredde	28	m
Dybde	13	m
Intern gulvhøyde	<input type="text" value="3"/>	m
Søyler avstand	9	m
Lastbærende innervegg	0	%
Antall trapper	1	
Antall etasjer totalt	3	
Formfaktor effektivitet	1.1	
Bruksareal (BRA)	900	m ²
Oppvarmet areal (BRA oppvarmet)	<input type="text" value="900"/>	m ²

Bygningsstrukturer

Rediger områder om nødvendig.

Gulv på grunn	
Gulv på grunn	<input type="text" value="300"/> m ²
Struktur	
Dekke	<input type="text" value="657"/> m ²
Søyler	<input type="text" value="79"/> m
Bjelker	<input type="text" value="154"/> m
Balkonger	<input type="text" value="99"/> m ²
Trapp og heissjakt	<input type="text" value="9.9"/> m
Lastbærende innervegg	<input type="text" value="0"/> m ²
Klimaskall	
Underjordiske vegger	<input type="text" value="0"/> m ²
Yttervegger	<input type="text" value="471"/> m ²
Kledning	<input type="text" value="471"/> m ²
Vinduer	<input type="text" value="218.4"/> m ²
Ytterdører	<input type="text" value="6.6"/> m ²
Takdekke	<input type="text" value="329"/> m ²
Tak	<input type="text" value="329"/> m ²
Interiørmaterialer	
Innervegger	<input type="text" value="2412"/> m ²
Gulv	<input type="text" value="900"/> m ²
Himling	<input type="text" value="900"/> m ²

De to følgende tabellene gir en oversikt over alle beregnede alternativer.



Boligblokk											
BTA	986	986	986	986	986	986	986	986	986	986	986
Modell	CD	M0	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1
Alternativ			HOVEDREFERANSE	Tre	Lavkarbon A	Prefab	Lett-tak	100 % resirkulert armering	15 % vindu	Tynn vegg	
Kortnavn	CD	M0	M1 REF	M1 tre	M1 A	M1 prefab	M1 lett-tak	M1 rebar	M1 15 % vindu	M1 tynn	
	Referansebygg fra Carbon designer uten tilpasning til Referansebygget	Referansebygget	Som M0 men med lavkarbon C	Tre-scenario valgt i carbon designer	Unicon EPD	Prefab-scenario valgt i carbon designer	Systemmodell (private construction) for lettak		Erstatter 90,4 m2 vindu med malt trekledning	All isolasjon i alle yttervegger redusert fra 250 til 100 mm	
A1-A3											
kg CO2e	277424	277296	286714	169364	255893	256699	270730	280837	285212	286434	
kg CO2e/m2/år	4,69	4,69	4,85	2,86	4,33	4,34	4,58	4,75	4,82	4,84	
B4-B5 materialer											
kg CO2e	45639	45104	48433	50651	48433	45104	39245	48433	46394	48433	
kg CO2e/m2/år	0,77	0,76	0,82	0,86	0,82	0,76	0,66	0,82	0,78	0,82	
TOTAL											
kg CO2e	319952	322400	335147	220015	304326	301803	309975	329270	331606	334867	
kg CO2e/m2/år	5,41	5,45	5,67	3,72	5,14	5,10	5,24	5,57	5,61	5,66	
Reduksjon i forhold til M1 REF				1,95	0,52	0,56	0,43	0,10	0,06	0,00	
				34 %	9 %	10 %	8 %	2 %	1 %	0,1 %	

Kontorbygg											
BTA	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
Modell	CD	M0	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1
Alternativ			HOVEDREFERANSE	Tre	Lavkarbon A	Prefab	Lett-tak	100 % resirkulert armering	15 % vindu	Tynn vegg	
Kortnavn	CD	M0	M1 REF	M1 tre	M1 A	M1 prefab	M1 Lett-tak	M1 rebar	M1 15 % vindu	M1 tynn	
	Referansebygg fra Carbon designer uten tilpasning til referansebygget	Referansebygget	Som M0 men med lavkarbon C						Erstatter 360 m2 vindu med klimavegg med malt trekledning		
A1-A3											
kg CO2e	873154	850151	872327	444071	789897	779080	810771	859446	864926	871892	
kg CO2e/m2/år	3,83	3,73	3,83	1,95	3,46	3,42	3,56	3,77	3,79	3,82	
B4-B5 materialer											
kg CO2e	96053	99136	102433	110985	102433	61418	67051	102433	93430	102433	
kg CO2e/m2/år	0,42	0,43	0,45	0,49	0,45	0,27	0,29	0,45	0,41	0,45	
TOTAL											
kg CO2e	969207	949287	974760	555056	892330	840498	877822	961879	958356	974325	
kg CO2e/m2/år	4,25	4,16	4,28	2,43	3,91	3,69	3,85	4,22	4,20	4,27	
Reduksjon i forhold til M1 REF				1,84	0,36	0,59	0,43	0,06	0,07	0,002	
				43 %	8 %	14 %	10 %	1 %	2 %	0,04 %	



APPENDIKS 2: UTSLIPSPROFILER

	HOVEDREF		Tre		Lavkarbon A		Prefab		Lett-tak		100 % resirk armering		15 % vindu		Tynn vegg	
	M1 REF		M1 tre		M1 A		M1 prefab		M1 lett-tak		M1 rebar		M1 15 % vindu		M1 tynn	
År	Bolig-blokk	Konto r	Bolig-blokk	Konto r	Bolig-blokk	Konto r	Bolig-blokk	Konto r	Bolig-blokk	Konto r	Bolig-blokk	Konto r	Bolig-blokk	Konto r	Bolig-blokk	Konto r
0	286714	872327	169364	444071	255893	789897	256699	773080	270730	810771	280873	859446	285212	864926	286434	871892
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	352	0	345	0	352	0	352	0	352	0	352	0	394	0	352	0
15	0	5462	0	5451	0	5462	0	5487	0	5462	0	5462	0	5462	0	5462
20	5793	20558	5786	20558	5793	20558	5793	140	491	140	5793	20558	5836	20558	5793	20558
25	1526	3053	1526	3053	1526	3053	1526	3053	1526	3053	1526	3053	1526	3053	1526	3053
30	1724	9245	3970	17819	1724	9245	1724	9016	1581	8695	1724	9245	1805	9401	1724	9245
35	5557	22263	5557	22263	5557	22263	5557	22263	5557	22263	5557	22263	3267	13104	5557	22263
40	31603	33337	31596	33337	31603	33337	31603	12919	27860	18923	31603	33337	31646	33337	31603	33337
45	0	5462	0	5451	0	5462	0	5487	0	5462	0	5462	0	5462	0	5462
50	1878	3053	1871	3053	1878	3053	1878	3053	1878	3053	1878	3053	1920	3053	1878	3053
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total A1-A3	286714	872327	169364	444071	255893	789897	256699	773080	270730	810771	280873	859446	285212	864926	286434	871892
Total B4-B5	48433	102433	50651	110985	48433	102433	48433	61418	39245	67051	48433	102433	46394	93430	48433	102433
Total	335147	974760	220015	555056	304326	892330	305132	834498	309975	877822	329306	961879	331606	958356	334867	974325

APPENDIKS 4 - AREALBEREGNINGER

U-verdien på yttervegger styres i stor grad av tykkelsen som igjen påvirker bruksareal og salgbart areal. I tabellen under vises underlag for beregning av endret bruksareal for de ulike bygningstypene undersøkt i denne rapporten, ved endring av U-verdi fra 0,18 W/m²K.

Bygningstype	Bolig	Kontor	Småhus	
Bredde [m]	10	20	8	
Lengde [m]	30	60	10	
Antall etasjer	3	3	2	
Omkrets av BRA [m]	240	480	72	
U-verdi [W/m ² K]	Endret tykkelse* [mm]	Endret areal [m ²]		
0,15	67	-16	-32	-4,8
0,17	17	-4	-8	-1,2
0,19	-17	4	8	1,2
0,2	-33	8	16	2,4
0,22	-58	14	28	4,2
0,28	-112	27	54	8
0,3	-126	30	61	9
0,35	-149	36	71	11

*sammenlignet med tiltakspakkens U-verdi for vegg på 0,18 W/m²K.