

---

RAPPORT

# Kostnadsoptimalitet for gjeldende energikrav i TEK17

---

OPPDRAAGSGIVER

Direktoratet for byggkvalitet (DiBK)

DATO / REVISJON: 02. oktober 2023 / 03

DOKUMENTKODE: RIEn-RAP-REV03

---



Multiconsult

---

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



## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Kostnadsoptimalitet for gjeldende energikrav i TEK17</b>	DOKUMENTKODE	10250410-01-REV03
EMNE		TILGJENGELIGHET	
OPPDRAGSGIVER	<b>Direktoratet for byggkvalitet (DiBK)</b>	OPPDRAGSLEDER	Trond Ivar Bøhn
KONTAKTPERSON	Inger Grethe England	UTARBEIDET AV	Henriette Skaret Kjos-Hanssen
		ANSVARLIG ENHET	Inneklima, dagslys og energi

## SAMMENDRAG

EUs bygningsenergidirektiv nr. 2 (EPBD, Directive 2010/31/EU) med tilhørende forordning No 244/2012 setter krav til å gjennomføre kostnadsoptimaliseringsberegninger for nasjonale energikrav for bygninger og bygningselementer.

DiBK har behov for å vite om dagens krav til energieffektivitet i TEK17 § 14-2 oppfyller kravet om kostnadsoptimalitet som følger av direktivet og forordningen, og Multiconsult er engasjert av DiBK til å utføre kostnadsoptimalitetsberegningene.

Rapporten angir bakgrunn og premisser for oppdraget, orienterer om forutsetninger bak energiberegninger og kostnadsberegninger, samt presenterer resultatene. I oppdraget er det utarbeidet et excelverktøy til kostnadsoptimaliseringsberegningene, navngitt «10250410-01 RIE<sup>n</sup>-BER Kostnadsoptimalitet for gjeldende energikrav i TEK17». Dette er verktøyet brukt for beregningene, i verktøyet kan DiBK justere input, oppdatere og evt. utvide beregningene på et senere tidspunkt.

Utførte kostnadsoptimalitetsberegninger viser at dagens energikrav TEK17 oppfyller kravet i bygningsenergidirektivet. Beregninger for enebolig, firemannsbolig og kontorbygg viser at kostnadsoptimal tiltakspakke er mindre streng enn dagens energikrav. For boligblokk viser beregningene at den kostnadsoptimale tiltakspakken er noe strengere enn dagens energikrav. Denne tiltakspakken har 5 % lavere energibehov enn energirammen i TEK17, men dette er fortsatt innenfor de gitte kriteriene i forordningen som sier at nasjonale energikrav ikke kan være mer enn 15 % lavere enn kostnadsoptimal løsning.

03	29.09.2023	Enkelte korreksjoner	Henriette Skaret Kjos-Hanssen	Trond Ivar Bøhn	Trond Ivar Bøhn
02	29.09.2023	Revidering etter tilbakemelding fra DiBK	Henriette Skaret Kjos-Hanssen	Trond Ivar Bøhn	Trond Ivar Bøhn
01	11.09.2023	Ferdigstilt rapport	Henriette Skaret Kjos-Hanssen	Trond Ivar Bøhn	Trond Ivar Bøhn
00	25.06.2023	Utkast	Henriette Skaret Kjos-Hanssen	Trond Ivar Bøhn	
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>5</b>
1.1	Bygningsenergidirektivet .....	5
1.2	Premisser for prosjektet .....	5
1.3	Referansebygg .....	7
1.4	Energiforsyningsløsninger .....	7
<b>2</b>	<b>Tiltakene .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Energiberegninger .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Kostnadsberegninger .....</b>	<b>9</b>
4.1	Tiltak bygningskropp .....	9
4.2	Tiltak ventilasjon .....	10
4.3	Tiltak belysning .....	10
4.4	Tiltak solceller .....	11
4.5	Energiforsyningsløsninger .....	11
<b>5</b>	<b>Nøkkelverdier .....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Excel verktøyet .....</b>	<b>14</b>
6.1	Innhold .....	14
6.2	Oppbygning av excelverktøyet og bruk .....	14
<b>7</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>16</b>
7.1	Privatøkonomisk beregning med direkte elektrisk oppvarming som energiforsyning .....	17
7.1.1	Nybygg TEK 17 standard .....	17
7.1.2	Eksisterende bygg BF 69 standard .....	19
7.1.3	Eksisterende bygg TEK 97 standard .....	21
7.2	Privatøkonomisk beregning for enebolig med luft/luft-varmepumpe .....	23
7.2.1	Nybygg TEK 17 standard .....	24
7.3	Privatøkonomisk beregning for enebolig med luft/vann-varmepumpe .....	25
7.3.1	Nybygg TEK 17 standard .....	25
7.4	Privatøkonomisk beregning for boligblokk og kontorbygg med fjernvarme som energiforsyning .....	26
7.4.1	Nybygg TEK 17 standard .....	27
7.5	Privatøkonomisk beregning for boligblokk og kontorbygg med bergvarmepumpe som energiforsyning .....	29
7.5.1	Nybygg TEK 17 standard .....	29
7.6	Hovedombygging .....	31
7.7	Solceller på tak .....	32
<b>8</b>	<b>Diskusjon og konklusjon .....</b>	<b>32</b>
<b>Vedlegg A - Energi- og CO<sub>2</sub>-priser .....</b>		<b>34</b>
A.1	Priser på elektrisk kraft .....	34
A.1.1	Kraftmarkedet .....	34
A.1.2	Nettleie .....	36
A.1.3	Avgifter .....	37
A.2	Priser for CO <sub>2</sub> -utslipp fra energi .....	38
A.3	Utslippsfaktorer .....	39

## 1 Bakgrunn

### 1.1 Bygningsenergidirektivet

EUs bygningsenergidirektiv nr. 2 (EPBD, Directive 2010/31/EU) er relevant for EØS-avtalen. Direktivet med tilhørende forordning No 244/2012 setter krav til å gjennomføre kostnadsoptimaliseringsberegninger for nasjonale energikrav for bygninger og bygningselementer.

DiBK har behov for å vite om dagens krav til energieffektivitet i TEK17 § 14-2 oppfyller kravet om kostnadsoptimalitet som følger av direktivet og forordningen.

Multiconsult er engasjert av DiBK til å utføre kostnadsoptimalitetsberegningene.

### 1.2 Premisser for prosjektet

Multiconsult har gjennomgått direktiv 2010/31/EU og tilhørende forordning No 244/2012 med vedlegg, og har i samråd med DiBK tolket instruksjonene for hvordan beregningene skulle utføres for å vise samsvar.

Vi har utarbeidet et excelverktøy til kostnadsoptimaliseringsberegningene, navngitt «10250410-01 RIEEn-BER Kostnadsoptimalitet for gjeldende energikrav i TEK17». Dette er et verktøy som er forsøkt laget brukervennlig, der det er enkelt å sammenligne tiltaksalternativer og enkelt å justere på beregningsforutsetninger. Verktøyet er redigerbart slik at DiBK kan endre input, oppdatere og evt. utvide beregningene på et senere tidspunkt. Mer om verktøyet i kapittel 6.

Lønnsomhetsberegningene i excelverktøyet er tilpasset for å kunne gjennomføres med ulike renter, ulike energipriser, samt med både privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnader. Det er funnet tiltak for nybygg etter TEK17 og for eksisterende bygninger etter teknisk forskrift fra 1997 (TEK97) og byggeforskrift fra 1969 (BF69). (I excel-verktøyet er BF69 omtalt som TEK69).

I oppstarten av oppdraget har Multiconsult og DiBK gjennomført møter med relevante aktører i byggenæringen som har gitt innspill til valgene innenfor ulike tiltak og energiforsyningsløsninger.

Kostnadsnivået for energikravene til nybygg TEK17 er beregnet for de ulike referansebyggene der designet/geometrien er beholdt mens energistandarden er endret for ulike tiltaksalternativer (både dårligere og bedre enn dagens TEK17-nivå). Følgende metodikk er iht. instruks fra DiBK blitt lagt til grunn:

- Levert energi beregnes ut fra en energiforsyningsløsning med direktevirkende elektrisitet. Energibruk og tiltakskostnader for de ulike tiltaksalternativer beregnes, og lønnsomheten mellom disse sammenlignes. Det kan varieres med ulike renter, energipriser og privatøkonomisk eller samfunnsøkonomisk beregning. Ut fra dette bestemmes den mest kostnadsoptimale energistandarden innen hvert tiltak, som sammenlignes med kravsnivået i TEK17.
- For den mest kostnadsoptimale energistandarden og energistandarden som tilfredsstillere energikravene i TEK17, gjøres lønnsomhetsberegninger også for to andre energiforsyningsløsninger for hvert av referansebyggene. (Man går ikke tilbake og endrer tiltakene etter endret energiforsyning)

For eksisterende bygg med hhv. BF69- og TEK97-standard er det på tilsvarende måte regnet på energieffektiviseringstiltak opp til omtrentlig TEK17-nivå (både dårligere og bedre enn dagens TEK17-nivå).

- Levert energi beregnes ut fra en energiforsyningsløsning med direktevirkende elektrisitet. Energibruk og tiltakskostnader for de ulike tiltaksalternativer beregnes, og lønnsomheten mellom disse sammenlignes. Iht. Multiconsult og DiBK sin tolkning av EUs forordning er det lagt til grunn totalkostnader på tiltakene, dvs. ikke bare merkostnaden med samtidig nødvendig utskiftninger. Det kan varieres med ulike renter, energipriser og privatøkonomisk eller samfunnsøkonomisk beregning. Ut fra dette bestemmes den mest kostnadsoptimale energioppgraderingen.
- Det regnes også kostnader og lønnsomhet for hovedombygging på et BF69-bygg (enebolig, boligblokk og kontorbygg), dvs. det strippes ned til bæresystemet og bygges opp igjen til TEK17-nivå.
- For den mest kostnadsoptimale energioppgraderingen samt for hovedombyggingen gjøres lønnsomhetsberegninger også for to andre energiforsyningsløsninger for hvert av referansebyggene. (Man går ikke tilbake og endrer tiltakene etter endret energiforsyning).

Det er utført lønnsomhetsberegninger i form av beregnet nåverdi for tiltak og tiltakspakker. Iht. EUs forordning er det regnet med en analyseperiode på 30 år for boliger og 20 år for næringsbygg. For hvert tiltak er det vurdert investeringskostnader, årlige driftskostnader og vedlikeholdskostnader, levetider og utskiftningskostnader etter endt levetid. Iht. EUs forordning er det også regnet med restverdi for tiltakene når levetiden ikke går opp i analyseperioden (men det er også lagt inn en funksjon i excelverktøyet for å kunne regne uten restverdi).

Alle energiberegninger er utført iht. NS 3031:2014 og med standard referanseklime (Oslo-klima), slik energireglene i TEK17 fastsetter. I excelverktøyet kan det regnes med tre ulike energipriser; lav, middels, høy. For fastsetting av fremtidige kraftpriser har vi tatt utgangspunkt i NVEs energirapport fra 2021, og det er Elivias nettleietariffer som er lagt til grunn. Bakgrunnsinformasjon om energipriser finnes i vedlegg A.

I excelverktøyet kan det regnes både privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsomhet, og med tre ulike rentenivåer; lav, middels, høy. For samfunnsøkonomisk beregning skal det iht. EUs forordning legges til for CO<sub>2</sub>-kostnader knyttet til energibruken (ikke CO<sub>2</sub>-kostnader knyttet til materialbruken), og det kan i excelverktøyet regnes med tre ulike CO<sub>2</sub>-prisbaner; lav, middels, høy. Bakgrunnsinformasjon om CO<sub>2</sub>-prisbaner finnes i vedlegg A. I henhold til forordningen kan man velge om det skal beregnes privatøkonomisk eller samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Etter avtale med DiBK er det lagt vekt på beregnet privatøkonomisk lønnsomhet, og presentert resultater for privatøkonomiske beregninger i rapportens kapittel 7.

EUs forordning beskriver tiltakspakker - men en pakke kan inneholde ett tiltak. Multiconsult har i stor grad regnet på enkelttiltak, men også tiltakspakke for eksisterende bygg som består av etterisolering yttervegg og skifte av vinduer i kombinasjon, hvor man oppnår synergieffekter for kostnadsbesparelser rigg og drift etc.

Etter samråd med DiBK regnes det for nybygg TEK17 med kostnadsbesparelser på varmeanlegget i sammenheng med tiltak på bygningskropp som forbedrer energiytelsen og reduserer energi- og effektbehovet. Det regnes forenklet med en grunnkostnad for varmeanlegget som *ikke* varierer med varmebehovet (vurdert til 30 % for enebolig og firemannsbolig, og 60 % for boligblokk og kontorbygg), og videre en lineær sammenheng mellom kostnad varmeanlegg og energibehovet til romoppvarming, dvs. en kostnad kr/kW eller indirekte kr/kWh. Denne kostnaden varierer også med valgt energiforsyningsløsning.

Etter instruks fra DiBK regnes det ikke med romtapskostnader for medgått areal.

I excelverktøyet rangeres tiltak-alternativene etter beregnet nåverdi. Det vises beregnet levert energi, og det regnes også over til primærenergi ved bruk av primærenergifaktorer. Utgangspunktet er primærenergifaktorer lik 1 for alle energibærere (iht. «*Veiledning om beregning av primærenergibehov i bygninger og energirammer for nesten nullenergibygninger*» som kom jan.2023), men verdiene kan endres på i excelverktøyet.

### 1.3 Referansebygg

DiBK har tidligere fått utarbeidet referansebygg med TEK17 standard for enebolig, firemannsbolig, boligblokk og kontorbygg (utarbeidet av HR Prosjekt AS). Alle energiberegninger og kostnadsberegninger er gjennomført for disse fire referansebyggene.

- Eneboligen er på to etasjer og 145 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA. Skråtak med kaldt loft. Gulv på grunn.
- Firemannsboligen er på to etasjer og 390 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA. Flatt tak. Gulv på grunn.
- Boligblokken inneholder 40 leiligheter fordelt på fire etasjer og 3086 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA. Flatt tak. Gulv mot parkeringskjeller.
- Kontorbygning har 2089 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA fordelt på fire kontoretasjer. Flatt tak. Gulv mot parkeringskjeller.

For mer informasjon om referansebyggene henvises til HR Prosjekt sin rapport «KOSTNADSANALYSE AV REGELVERKSENDNINGER – ENERGI» fra desember 2020.

### 1.4 Energiforsyningsløsninger

Energiberegningene som legges til grunn for vurdering av kostnadsoptimal tiltakspakke er med utgangspunkt i direkte el.oppvarming (panelovner) i enebolig og firemannsbolig, og vannbåren varme med el.kjel i boligblokk og kontorbygg. Dette kalles energiforsyningsløsning nr 1.

Videre er det, med innspill fra eksterne aktører, bestemt to-tre alternative energiforsyningsløsninger som representative for hver av referansebyggene. Følgende energiforsyningsløsninger er valgt:

Enebolig:

- 1 El.ovner
- 2 Luft/luft-varmepumpe + el.ovner
- 3 Luft/vann-varmepumpe + el.kjel

Firemannsbolig:

- 1 El.ovner
- 2 Luft/luft-varmepumpe + el.ovner
- 3 Bergvarmepumpe + el.kjel

Boligblokk:

- 1 Vannbårent m/el.kjel
- 2 Fjernvarme
- 3 Bergvarmepumpe + el.kjel
- 4 El.ovner

Kontorbygning:

- 1 Vannbårent m/el.kjel + kjølemaskin m/tørrkjøl
- 2 Fjernvarme + fjernkjøling
- 3 Bergvarmepumpe + el.kjel + frikjøling mot brønnpark

Alle forutsetninger om energidekningsgrader og systemvirkningsdager finnes i excelverktøyet, og kan også enkelt justeres av DiBK.

## 2 Tiltakene

Etter Multiconsults vurderinger samt innspill fra referansegruppen, er det kommet frem til følgende aktuelle energitiltak som det regnes på. Tiltakskoder forklares nærmere i kapittel 6.

- A - Yttervegg (kun nybygg)
- AD - Yttervegg + Vindu (tiltaks pakke ved energioppgradering)
- B - Tak
- C - Gulv
- D - Vindu
- E - Lekkasjetall (kun nybygg, mens ved energioppgradering er dette del av tiltak yttervegg og vindu)
- F - Kuldebroverdi (kun nybygg, mens ved energioppgradering er dette del av tiltak yttervegg)
- G - Sentral Ventilasjon
- H - Desentral Ventilasjon
- I - Romventilator (kun ved energioppgradering boligblokk)
- J - Belysning (kun kontorbygg)
- S - Solcelleinstallasjon på tak

## 3 Energiberegninger

Det er gjort energiberegninger i programmet SIMIEN versjon 6.017 som regner etter NS 3031:2014, og det er benyttet standard referanse klima (Oslo-klima). For nybygg TEK17 er det tatt utgangspunkt i Simien-filer utarbeidet av HR Prosjekt AS for de fire referansebyggene enebolig, firemannsbolig, boligblokk og kontorbygning. Det er av HR Prosjekt lagt inn parameterverdier på energitiltak som i sum gir en energiytelse som tilfredsstillende energiramme kravene i TEK17. Multiconsult har deretter gjort energiberegninger over variasjoner av energitiltak med både høyere og lavere energiytelser. Resultat fra energiberegningene i form av beregnet netto energibehov per energipost er lagt inn i excelverktøyet, hvor det deretter er omregnet til levert energi gitt ulike energiforsyningsløsninger, samt omregnet til primærenergi gitt et sett med primærenergifaktorer.

For eksisterende bygg BF69 og TEK97 er det tatt utgangspunkt i de samme referansebyggene (den samme geometrien), mens det er lagt inn energikvaliteter og parametere iht. energikrav hhv BF69 og TEK97. Der parametere ikke har vært definert i datidens tekniske forskrift er det gjort vurderinger ift. hva som var vanlige løsninger og kvaliteter på den tiden.

For solcelletiltakene er det i Simien beregnet hvor stor andel av årlig solkraftsproduksjon som går til hhv egenbruk i bygget og til eksport. For den andelen som går til egenbruk regnes full energipris, mens for andel til eksport regnes inntekt i form av spotpris. Disse andelene varierer med valgt bygningskategori, TEK og energiforsyningsløsning.

Alle benyttede energitiltak / parameterverdier fremkommer i excelverktøyet.



## 4 Kostnadsberegninger

### 4.1 Tiltak bygningskropp

For nybygg TEK17 er kostnader for tiltaksalternativer beregnet i ISY Calcus. Også hovedombygging med rivekostnader og gjenoppbygging er beregnet i ISY Calcus.

For energioppgradering av eksisterende bygg er kostnader er i stor grad hentet fra Holte eller Norsk prisbok. Generelt settes en faktor ca. = 1,3 for priser/kostnader oppgitt i Holte/Norsk prisbok, for tiltak som har med eksisterende bygningsmasse å gjøre. Dette er basert på våre erfaringer i fbm. med tiltak på eksisterende bygninger.

Felles- og generelle kostnader anslås med prosent, hhv. 15 og 10 % for enebolig og 25 og 10 % for resterende bygningstyper. Dette baseres på og estimeres ut fra våre erfaringer, da større tiltak og større bygg krever større rigg og økt grad av prosjektering.

For yttervegger med tilleggsisolasjon >150 mm legges det til grunn behov for understøttelse av tilleggskonstruksjonene. Dette utføres med konsoller av betong eller stål med forankring mot eksisterende grunnmur/sokkel. Det legges til grunn 2000-2500,- kr pr. lm. avhengig av mengden tilleggsisolasjon.

Øvrige forutsetninger:

#### Enebolig

- Trekledning
- Legges til grunn uten terrasse eller balkong/veranda bygget inntil kledning. Dvs. uten større konflikter mtp. utskifting av kledning og etterisolering.
- Legger til grunn ikke etterisolering av kjellervegg/sokkel.
- Legger til grunn tilstrekkelig størrelse på gesims og takutspring ved etterisolering av yttervegger.
- Legges til grunn at det finnes en eksisterende loftsluke i boligen.
- Blåseisolasjon på kaldt loft ved etterisolasjon av tak.
- Luftespalte i raft – 1 m inn på takflaten. Gir 38m<sup>2</sup> raftepapp eller oppføring for luft.
- Solskjerming i form av utvendige persiener (motorstyrte)

#### Firemannsbolig

- Trekledning
- Legges til grunn uten terrasse eller balkong/veranda bygget inntil kledning. Dvs. uten større konflikter mtp. utskifting av kledning og etterisolering.
- Legger til grunn ikke etterisolering av kjellervegg/sokkel.
- Legger til grunn tilstrekkelig størrelse på gesims og takutspring.
- Det legges til grunn at 1 stk. trebalkong/veranda per enhet i 2. etg. rives og bygges ny. Plattinger på bakkeplan er antatt uberørt av tiltaket, men det legges til grunn utskifting for at det skal bli likt balkonger som blir nye i etasjen over.
- Det legges også til grunn riving og ny trapp, 2 stk, til 2. etg. Antatt bygget av treverk.
- Legges til grunn rettvendt kompakttak med bærekonstruksjon av tre.
- Legges til grunn ensidig svakt fall, med takrenner og nedløp på en bygningsside.
- Legges til grunn at forhøyelse av parapet avdekkes med liggende kledning og nye beslag – Ikke at stående trekledning på vegg må skiftes eller skjøtes.

- Solskjerming i form av utvendige persienner (motorstyrte)

### **Boligblokk**

- Pusset teglsteinsbygning for bygg fra BF69. Utfyllende bindingsverk med pussfasade for TEK97.
- Legger til grunn helt eller delvis gjenbruk av balkongrekkverk og tak over balkonger (øverste etg.).
- Fasader av pusset teglstein
- Luftet fasade, med pussbærende plate for tilleggsisolasjon > 200mm.
- Innvendige taksluk i renne. Legger til grunn 2 stk sluk per oppgang dvs i sum 12 stk. sluk à 25.000 kr eks.mva pr. stk. Deler på antall m2, og oppgir kostnad pr. m2.
- Etterisolering av gulv foregår i himling p-kjeller. Legges til grunn tilstrekkelig plass/høyde.
- Solskjerming utv. persienner (motorstyrte)

### **Kontorbygg**

- Pusset teglsteinsbygning eller betong for bygg fra BF69. Utfyllende bindingsverk med platefasade for TEK97.
- Legger til grunn helt eller delvis gjenbruk av rekkverk på takterrasse.
- Fasader av pusset teglstein
- Luftet fasade, med pussbærende plate for tilleggsisolasjon > 200mm. Platekledning for bygg fra TEK97.
- Innvendige taksluk i renne. oppgir kostnad pr. m2.
- Etterisolering av gulv foregår i himling p-kjeller. Legges til grunn at det er tilstrekkelig plass/høyde til dette.
- Solskjerming i form av utvendige persienner (motorstyrte)

## **4.2 Tiltak ventilasjon**

For kostnader til enebolig og 4-mannsbolig er det benyttet enhetspriser i Norsk prisbok 2023, utgave 1.

For kostnader til sentral og desentral ventilasjon i boligblokk, er det tatt utgangspunkt i erfaringspriser fra Veidekke.

Kostnader for romventilatorer i boligblokk er oppgitt med utgangspunkt i erfaringspriser fra Lavenergisystemer AS.

For kontorbygg er det benyttet enhetspriser i Norsk prisbok 2023, utgave 1. Det er innhentet overslagskostnader fra Covent AS forhold til andelen som utgjøres av aggregat.

For årlige driftskostnader for eneboliger, 4-mannsbolig og boligblokk, er det regnet med ett filterskift pr. år.

## **4.3 Tiltak belysning**

Det er benyttet enhetspriser fra Norsk prisbok / ISY Calcus 2023, utgave 1

#### 4.4 Tiltak solceller

Produksjon fra solcellesystemene på takene er basert på generiske PVsyst<sup>1</sup> simuleringer med klimadatabase fra Meteonorm 8.0 fra Oslo. Det er ikke lagt inn tap i form av skygger, verken fra horisont eller nærliggende objekter. Øvrige tapsefaktorer er basert på Multiconsult erfaring og avhenger av orientering og vinkel på anlegget.

For eneboligen er det sett på to ulike scenario hvor eneboligen har saltaket i retning øst-vest og ett der taket er i retning nord-sør. Med retning nord-sør, er det bare sørlig tak som er brukbart for solkraftproduksjon og har dermed rundt halvparten av installert kapasitet til enebolig i øst-vest retning. Det er antatt at solcellepanelene dekker om lag 80 % av taket for enebolig. BAPV (utenpåliggende system) og BIPV (byggningsintegrert system) er simulert på samme måte, det eneste som skiller de er systemkostnaden, da BIPV er dyrere. Fordi BIPV erstatter takstein kommer kostnaden for takstein til fratrukk for nybygg TEK17.

For firemannsboligen er det antatt en fyllingsgrad på 75 %, og 80 % for både kontorbygg og boligblokk. Disse har alle flate tak, man har derfor gått for den konvensjonelle 'domes' i retning øst/vest med 10 graders helning.

Det er antatt at type solceller brukt er glass-glass panel med effekt på 420 Wp og nominell virkningsgrad på 20.9 % ved STC. Produksjonen er simulert med en pnom rate på 1.3. Det regnes med en årlig degradering av solcellene på 0,4 % (kan justeres i excelverktøyet).

Kostnaden for solcelleanlegg benyttet er valgt basert på Multiconsults erfaringer fra solkraftbransjen i Norge i 2023 og oppdaterte kostnadsestimater fra entreprenører. Solcelleanlegg har typisk en levetid på 25-30 år mens vekselretteren har en levetid på rundt 12-15 år og må derfor skiftes ut i løpet av solcelleanleggets levetid. Vekselretterkostnad som prosent av systempris i investeringsåret er typisk 5-10 % avhengig av anleggets størrelse med en høyere andel for mindre anlegg.

Et solcelleanlegg krever generelt lite vedlikehold, men det er behov for ettersyn samt forebygging eller retting av feil. Årlig drift og vedlikehold av godt bygde solcelleanlegg utgjør typisk 0,5-1,5 % av investeringskostnaden, mens for eneboligen og firemannsboligen antar man at det ikke trengs noe vedlikehold.

#### 4.5 Energiforsyningsløsninger

Energiberegningene som legges til grunn for vurdering av kostnadsoptimal tiltakspakke er med utgangspunkt i direkte el.oppvarming (panelovner) i enebolig og firemannsbolig, og vannbåren varme med el.kjel i boligblokk og kontorbygg.

Videre er det regnet kostnadsdifferanse (merkostnadene) til de andre energiforsyningsløsningene. Dette er delvis basert på kostnader fra Norsk Prisbok, men de fleste er erfaringskostnader innhentet fra VKE/NOVAP hva gjelder varmpumpeanlegg, og for øvrig kostnader fjernvarme og kjøleanlegg basert på Multiconsults egne erfaringskostnader. For boligblokk energiforsyningsløsning nr 4 som er direkte el.varme, er det ingen merkostnad men tvert imot en mindre kostnad da det kommer til fratrukk både kostnader for vannbåren varme og arealkostnader for teknisk rom mm.

Merkostnadene for alle energiforsyningsløsningene utover 1 vil legges til i lønnsomhetsberegningene. Men i excelverktøyet er det også en funksjon for å slå denne merkostnaden av, dersom man vil se på lønnsomheten i et tiltak hvor det er gitt en annen energiforsyningsløsning i utgangspunktet.

<sup>1</sup> PVsyst er et programverktøy utviklet for solenergiindustrien. PVsyst lager, simulerer og analyserer solenergisystemer av alle typer. <https://www.pvsyst.com/>

## 5 Nøkkelverdier

I grunnlaget for de privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske lønnsomhetsberegningene er det en del sentrale nøkkelverdier. Disse kan enkelt justeres på i egen arkfane i excelverktøyet.

- Merverdiavgift er satt til 25 %
- Analyseperiode er satt til 30 år for enebolig, firemannsbolig og boligblokk, og 20 år for kontorbygg.
- Tre ulike rentenivåer;
  - lav 2 %, middels 3 % og høy 4 %
- Utslippsfaktorer
  - Elektrisitet: 19 g CO<sub>2</sub>/kWh
  - Fjernvarme: 17,2 g CO<sub>2</sub>/kWh
  - Fjernkjøling: 18,22 g CO<sub>2</sub>/kWh
- Varmeinstallasjonskostnad [kr/kWh] for energiforsyningene. De forskjellige energiforsyningsløsninger er presentert i kapittel 1.4.

Bygg/energiforsyningsløsning	1	2	3	4
ENE [kr/kWh]	8	9	27	-
FIRE [kr/kWh]	8	11	28	-
BOL [kr/kWh]	23	27	29	4
KON [kr/kWh]	29	37	34	-

- Indeksregulering; i utgangspunktet satt til 100 % av 2023-priser for alle kostnadskategorier
- Primærenergifaktor
  - Elektrisitet = 1
  - Fjernvarme = 1
  - Fjernkjøling = 1
- Kraftpriser, se nærmere beskrivelse i vedlegg A
  - Spotpris; lav 40 øre/kWh, middels 50 øre/kWh, høy 80 øre/kWh
- Nettleie
  - Energiledd enebolig, firemannsbolig og boligblokk: 7 øre/kWh
  - Energiledd kontorbygg: 5 øre/kWh
  - Fastledd/effektledd enebolig: 11 øre/kWh
  - Fastledd/effektledd firemannsbolig: 13 øre/kWh
  - Fastledd/effektledd boligblokk: 17 øre/kWh
  - Fastledd/effektledd kontorbygg: 19 øre/kWh
- Elavgift: 16 øre/kWh
- Energifondet enebolig, firemannsbolig og boligblokk: 1 øre/kWh

- Energifondet kontorbygg: 0,3 øre/kWh

Energipris [kr/kWh]:

Ved samlet privatøkonomisk energipris er elavgift og Enova-påslag inkludert, i samlet samfunnsøkonomisk energipris er disse avgiftene ikke inkludert. Tabell 5-1 viser de privat- og samfunnsøkonomiske energiprisene for de fire referansebyggene brukt i denne rapporten. I privatøkonomisk energipris skal det også være inkl. 25 % mva. for enebolig, firemannsbolig og boligblokk, og eks. mva. for kontorbygg ettersom merverdiavgift er refunderbart for næringslivet, det er heller ikke mva. i samfunnsøkonomisk energipris. Merverdiavgiften er ikke inkludert i energiprisene vist i Tabell 5-1 ettersom de blir beregnet inn i excel-verktøyet.

Tabell 5-1: Samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk energipris [kr/kWh] for de fire referansebyggene enebolig, firemannsbolig, boligblokk og kontorbygg

<b>Enebolig</b>		
<b>Energiprisnivå</b>	<b>Samfunnsøkonomisk [kr/kWh]</b>	<b>Privatøkonomisk [kr/kWh]</b>
<b>Lav</b>	0,68	0,85
<b>Middels</b>	0,78	0,95
<b>Høy</b>	1,08	1,25
<b>Firemannsbolig</b>		
<b>Energiprisnivå</b>	<b>Samfunnsøkonomisk [kr/kWh]</b>	<b>Privatøkonomisk [kr/kWh]</b>
<b>Lav</b>	0,70	0,87
<b>Middels</b>	0,80	0,97
<b>Høy</b>	1,10	1,27
<b>Boligblokk</b>		
<b>Energiprisnivå</b>	<b>Samfunnsøkonomisk [kr/kWh]</b>	<b>Privatøkonomisk [kr/kWh]</b>
<b>Lav</b>	0,74	0,91
<b>Middels</b>	0,84	1,01
<b>Høy</b>	1,14	1,31
<b>Kontorbygg</b>		
<b>Energiprisnivå</b>	<b>Samfunnsøkonomisk [kr/kWh]</b>	<b>Privatøkonomisk [kr/kWh]</b>
<b>Lav</b>	0,64	0,80
<b>Middels</b>	0,74	0,90
<b>Høy</b>	1,04	1,20

Når CO<sub>2</sub>-utslipp skal prissettes, må dette skje med en prisbane som viser en utvikling av prisen over tid. Dette skyldes at det er så mye usikkerhet rundt fremtiden. Det er satt tre ulike prisbaner. For året 2023 viser prisbanene;

- Lav: 600 kr/tonn CO<sub>2</sub>
- Middels: 1 428 kr/tonn CO<sub>2</sub>
- Høy: 2 601 kr/tonn CO<sub>2</sub>

## 6 Excel verktøyet

### 6.1 Innhold

Det er laget et excelverktøy navngitt «10250410-01 RIE<sub>n</sub>-BER Kostnadsoptimalitet for gjeldende energikrav i TEK17» hvor alle kostnadsoptimalitetsberegninger er utført, og hvor man finner alle forutsetninger, input og mellomregninger.

Verktøyet består grovt sett av:

- Forutsetninger og resultater fra energiberegninger i SIMIEN v6.
- Kostnadsberegninger for alternative tiltaksnivåer TEK17, energieffektivisering av BF69 og TEK97 samt hovedombygging. I excel-verktøyet er tiltakene knyttet til eksisterende bygninger etter bygningsforskrift 69 navngitt TEK69, ikke BF69, dersom det snakk om navnekodene vil dermed TEK69 bli brukt når det er snakk om BF69.
- Forutsetninger for ulike energiforsyningsløsninger og tilhørende kostnadsberegninger.
- Beregningsforutsetninger som renter, energipriser, CO<sub>2</sub>-kostnader, levetider, kostnadsindekser mm. kan justeres på.
- Lønnsomhetsberegninger i form av nåverdiberegninger for tiltaksalternativer. Men velger om beregningen som gjennomføres skal være privatøkonomisk eller samfunnsøkonomisk, samt nivå på rente, energipris og CO<sub>2</sub>-kostnader.

Gjennom arket det lagt opp til at lyseblå verdier KAN endres ved behov - ingen andre verdier skal endres på. I arkfanen «1.0 Lønnsomhet» kan forutsetningene endres i en nedtrekksliste.

### 6.2 Oppbygning av excelverktøyet og bruk

Verktøyet er bygget opp av fem kategorier, og der arkfanene er farget deretter. I verktøyets første arkfane «0.0 Veiledning» gis bla. en veiledning i "Hvordan bruke verktøyet" hvor kategoriene er forklart. Kategorier og arkfaner er som følger:

#### 0. Veiledning og grunnlagsinformasjon

##### 0.0 Veiledning

##### 0.1 Tiltaksoversikt

Oversikt over alle tiltakene brukt i analysen, og hvordan tiltakene påvirker de forskjellige byggene og verdiene. I tillegg er det en oversikt over alle tiltaksalternativer og tiltakspakker. Hvert eneste tiltak har fått sin egen kode for å skille på tiltakene. Første del av koden sier hvilken bygningskategori det er: «ENE, FIRE, BOL, KON». Deretter sier koden hvilken standard bygget er bygget etter og implisitt om det er et eksisterende bygg eller nybygg: «TEK17, TEK69, TEK97». Siste del av koden er selve tiltaket som har fått en bokstav: «A, AD, B, C, D, E, F, G, ~~G~~-I, J, HOVED, S, TP». For hvert tiltak er det laget ulike tiltaksalternativer med varierende ytelse, der hvert alternativ er markert med et tall der 0 alltid er utgangspunktet: «0, 1, 2, 3, 4, 5».

En oversikt over tiltakene og om det gjelder nybygg / eksisterende bygg:

- A: Isolasjon yttervegg – Bare for nybygg
- AD: Isolasjon yttervegg og utskiftning vinduer – Bare for eksisterende bygg
- B: Isolasjon tak – Både for nybygg og eksisterende bygg
- C: Isolasjon gulv – Både for nybygg og eksisterende bygg

- D: Kvalitet på vindu – Både for nybygg og eksisterende bygg
- E: Tiltak for å endre lekkasjetall – Bare for nybygg
- F: Tiltak for å endre kuldebroverdi – Bare for nybygg
- G: Sentral ventilasjonsløsning – Både for nybygg og eksisterende bygg
- H: Desentral ventilasjonsløsning – Både for nybygg og eksisterende bygg
- I: Romventilatorløsning – Både for nybygg og eksisterende bygg
- J: Belysning - Både for nybygg og eksisterende bygg
- HOVED: Hovedombygging av eksisterende bygg etter bygningsforskrift BF69; stripping av eksisterende bygning ned til skjelettet og bygd opp igjen etter TEK17 standard.
- S: Installasjon av solceller på tak - Både for nybygg og eksisterende bygg
- TP: Er tiltakspakker satt sammen av flere tiltak for å finne en kostnadsoptimal løsning – Både for nybygg og eksisterende bygg

Et eksempel: «ENE-TEK69-B3» - Dette er en enebolig, med utgangspunkt en eksisterende bygning bygget etter BF69, B er etterisolering av tak, og det er tiltaksalternativ nr. 3 for tak.

**0.2 Geometri Refbygg** - Oversikt over geometrien og oppbygningen til de fire referansebyggene.

## 1. Resultater og tiltaksliste

**1.0 Lønnsomhet** - Kostnadsverktøyet henter inn LCC-analyse mm for å rangere og vise det mest kostnadsoptimale alternativet for hvert tiltak/hver tiltakspakke. Her velges forutsetningene fra nedtrekksmenyer for å få ønsket utregning.

**1.1 Tiltaksliste** - Liste over alle individuelle alternativer innenfor alle tiltakene. Inneholder input og output fra Simien-beregninger, omregning fra netto energi til levert energi for hver energiforsyningsløsning, og innhenting av kostnadene for hvert alternativ fra kostnadskalkylene i 2.1, 2.2 og 2.3.

## 2. Rådata/inndata

**2.0 Nøkkeltall** - Inndata knyttet til LCC, energipris med utregnet fastledd i nettleie for hvert bygg, CO<sub>2</sub>-kostnader, renter, utslippsfaktor, primærenergifaktor og indeksregulering. De lyseblå verdiene vil være mulig å endre etter behov.

**2.1 TEK69** - Kostnadskalkyler for hvert tiltaksalternativ for de fire referansebyggene med utgangspunkt i eksisterende bygg med BF69-standard. Inneholder også kostnadskalkyle for hovedombygging av eksisterende BF69-bygninger til TEK17-nivå.

**2.2 TEK97** - Kostnadskalkyler for hvert tiltaksalternativ for de fire referansebyggene med utgangspunkt i eksisterende bygg med TEK97-standard.

**2.3 TEK17** - Kostnadskalkyler for hvert tiltaksalternativ for de fire referansebyggene med utgangspunkt i nybygg TEK17.

**2.4 Levetid tiltak** - Oversikt over levetiden til de forskjellige tiltakene (dersom ikke annet er angitt i kostnadskalkylen)

**2.5 Energiforsyning** - Oversikt over alle energiforsyningsløsningene brukt i analysen, med tilhørende energidekningsgrader og systemvirkningsgrader

**2.6 Energifors ENE** - Kostnadskalkyle for energiforsyningsløsningene brukt for enebolig

**2.7 Energifors FIRE**- Kostnadskalkyle for energiforsyningsløsningene brukt for firemannsbolig

**2.8 Energifors BOL** - Kostnadskalkyle for energiforsyningsløsningene brukt for boligblokk

**2.9 Energifors KON** - Kostnadskalkyle for energiforsyningsløsningene brukt for kontorbygg

**2.10 Solceller produksjon** - Teknisk informasjon knyttet til solcelleanlegg, samt simulert timesbasert strømproduksjon for hver bygningskategori

**2.11 Solceller egenbruk** – Oversikt total strømproduksjon, samt fordelingen mellom bygningenes egenbruk og eksport av strøm avhengig av TEK-standard og energiforsyningsløsning

### **3. Utrekning**

**3.0 Alt 0** - Utfører en LCC-analyse for alternativ 0 i det valgte tiltaket i 1.0 Lønnsomhet.

Inndataen til LCC-analysen baserer seg blant annet på informasjonen gitt for hvert alternativ i 1.1 Tiltaksliste.

**3.1 Alt 1** - Utfører en LCC-analyse for alternativ 1 i det valgte tiltaket i 1.0 Lønnsomhet.

Inndataen til LCC-analysen baserer seg blant annet på informasjonen gitt for hvert alternativ i 1.1 Tiltaksliste.

**3.2 Alt 2** - Utfører en LCC-analyse for alternativ 2 i det valgte tiltaket i 1.0 Lønnsomhet.

Inndataen til LCC-analysen baserer seg blant annet på informasjonen gitt for hvert alternativ i 1.1 Tiltaksliste.

**3.3 Alt 3** - Utfører en LCC-analyse for alternativ 3 i det valgte tiltaket i 1.0 Lønnsomhet.

Inndataen til LCC-analysen baserer seg blant annet på informasjonen gitt for hvert alternativ i 1.1 Tiltaksliste.

**3.4 Alt 4** - Utfører en LCC-analyse for alternativ 4 i det valgte tiltaket i 1.0 Lønnsomhet.

Inndataen til LCC-analysen baserer seg blant annet på informasjonen gitt for hvert alternativ i 1.1 Tiltaksliste.

**3.5 Alt 5** - Utfører en LCC-analyse for alternativ 5 i det valgte tiltaket i 1.0 Lønnsomhet.

Inndataen til LCC-analysen baserer seg blant annet på informasjonen gitt for hvert alternativ i 1.1 Tiltaksliste.

**3.6 Simien sjekk** - En pivottabell som inneholder alle resultatene fra Simien-simuleringene, for enkelt å sammenligne energibruken for alle tiltakene.

### **4. Hjelpearke for Excel utregning**

**4.0 - Mellomregning TP** - Samlet utregning av kostnadspåslag for tiltakspakkene, ettersom det kan være forskjellig prosent påslag for de forskjellige kategoriene.

**4.1 - Hjelpetabeller lookups** - Hjelpetabeller for formler i verktøyet.

## **7 Resultater**

I excel-verktøyet kan det beregnes lønnsomhet for hvert enkelt tiltak for hver bygningskategori innenfor hver energistandard (BF 69, TEK 97 og TEK 17), både privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk, med ulike renter, energipriser og CO<sub>2</sub>-prisbaner. Hvordan tiltakskodene er bygd opp er forklart i kapittel 6.2.



På bakgrunn av dette har DiBK valgt ut scenarier/pakker som er funnet mest kostnadsoptimale, og der det er en energiforbedring. Multiconsult har deretter gjort SIMIEN-beregninger og kostnadsberegninger for disse tiltakspakkene, og i excel-verktøyet kan videre lønnsomheten beregnes med de samme variabler dvs. både privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk, med ulike renter, energipriser og CO<sub>2</sub>-prisbaner. Og det kan beregnes med ulike energiforsyningsløsninger.

I dette kapittelet presenteres resultatene fra lønnsomhetsberegningen, og som nevnt i kapittel 1.2 er det valgt å bare legge frem resultatene fra de privatøkonomiske beregningene her. Etter avtale med DiBK er det bestemt at det presenteres resultater for samtlige tiltakspakker med energiforsyning 1, og et utvalg tiltakspakker med energiløsning 2 og 3. Ettersom enebolig og firemannsbolig er tilnærmet likt blir det bare vist resultater med de andre energiforsyningene for enebolig.

I kapittel 7.1 presenteres resultatene fra beregning av samtlige tiltakspakker med energiforsyningsløsning 1: El.ovner for enebolig og firemannsbolig, vannbårent med el.kjel for boligblokk og kontorbygg.

I kapittel 7.2 presenteres resultatene fra beregning av enebolig hhv. nybygg TEK17 og eksisterende bygg bygget etter BF69 med energiforsyningsløsning 2: Luft/luft-varmepumpe.

I kapittel 7.3 presenteres resultatene fra beregning av enebolig hhv. nybygg TEK17 og eksisterende bygg bygget etter BF69 med energiforsyningsløsning 3: Luft/vann-varmepumpe.

I kapittel 7.4 presenteres resultatene fra beregning av boligblokk og kontorbygg hhv. nybygg TEK17 og eksisterende bygg bygget etter BF69 med energiforsyningsløsning 2: Fjernvarme.

I kapittel 7.5 presenteres resultatene fra beregning av boligblokk og kontorbygg hhv. nybygg TEK17 og eksisterende bygg bygget etter BF69 med energiforsyningsløsning 3: Bergvarmepumpe.

I kapittel 7.6 presenteres resultatene fra beregning av en hovedombygging av enebolig, boligblokk og kontorbygg fra BF69 standard.

I kapittel 7.7 presenteres resultatene for å installere solceller.

## **7.1 Privatøkonomisk beregning med direkte elektrisk oppvarming som energiforsyning**

I dette delkapittelet er det for alle bygningskategoriene presentert nåverdi fra privatøkonomisk beregning, med høy energipris, og med hhv. 3 og 4 % rente, for energiforsyningsløsning nr. 1 (el.ovner for enebolig og firemannsbolig, vannbårent med el.kjel for boligblokk og kontorbygg) og med ulike tiltakspakker.

### **7.1.1 Nybygg TEK 17 standard**

#### **Enebolig TEK 17 standard**

- ENE-TEK17-TP0. Dette er TEK 17 utgangspunkt for enebolig
  - Levert energi: 17 158 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 2 043 114 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 1 980 991 kr
- Tiltakspakke 1 – ENE-TEK17-TP1: A1, B0, C0, D1, E0, F0, G1
  - Levert energi: 19 309 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 1 929 904 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 1 859 744 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet, men har 13 % høyere energibehov enn utgangspunktet (energiramme TEK17).

#### **Firemannsbolig TEK 17 standard**

- FIRE-TEK17-TP0. Dette er TEK 17 utgangspunkt for firemannsbolig
  - Levert energi: 45 270 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 5 030 451 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 4 863 646 kr
- Tiltakspakke 1 – FIRE-TEK17-TP1: A1, B2, C2, D1, E0, F0, H0
  - Levert energi: 50 208 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 4 888 499 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 4 703 577 kr
- Tiltakspakke 2 – FIRE-TEK17-TP2: A1, B0, C2, D1, E0, F0, H0
  - Levert energi: 50 861 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 4 879 058 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 4 691 739 kr

Tiltakspakke 2 er det beste alternativet, men har 12 % høyere energibehov enn utgangspunktet (energiramme TEK17).

#### **Boligblokk TEK 17 standard**

- BOL-TEK17-TP0. Dette er TEK 17 utgangspunkt for boligblokk
  - Levert energi: 311 615 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 23 498 753 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 22 436 051 kr
- Tiltakspakke 1 – BOL-TEK17-TP1: A1, B4, C2, D0, E2, F2, G2
  - Levert energi: 295 592 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 22 117 075 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 21 112 213 kr
- Tiltakspakke 2 – BOL-TEK17-TP2: A1, B4, C2, D0, E2, F2, H0
  - Levert energi: 300 576 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 23 365 851 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 22 219 307 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet, og har 5 % lavere energibehov enn utgangspunktet (energiramme TEK17).

#### **Kontorbygg TEK 17 standard**

- KON-TEK17-TP0. Dette er TEK 17 utgangspunkt for kontorbygg
  - Levert energi: 278 279 kWh/år

- Nåverdi ved 3 % rente: – 22 043 177 kr
- Nåverdi ved 4 % rente: – 21 830 095 kr
- Tiltakspakke 1 – KON-TEK17-TP1: A3, B0, C4, D0, E0, F2, G1, J1
  - Levert energi: 341 323 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 20 448 088 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 20 141 004 kr
- Tiltakspakke 2 – KON-TEK17-TP2: A3, B0, C2, D0, E0, F2, G1, J1
  - Levert energi: 342 655 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 20 374 758 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 20 065 611 kr

Tiltakspakke 2 er beste alternativet, men har 22 % høyere energibehov enn utgangspunktet (energiramme TEK17).

### **7.1.2 Eksisterende bygg BF 69 standard**

#### **Enebolig BF 69 standard**

- ENE-TEK69-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 39 385 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – ENE-TEK69-TP1: B4
  - Levert energi: 37 817 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 33 563 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 43 266 kr
- Tiltakspakke 2 – ENE-TEK69-TP2: AD2, B4, G2
  - Levert energi: 18 615 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 1 793 521 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 1 872 266 kr
- Tiltakspakke 3 – ENE-TEK69-TP3: B3
  - Levert energi: 38 058 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 30 6447 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 38 968 kr
- Tiltakspakke 4 – ENE-TEK69-TP4: AD2, B3, G2
  - Levert energi: 18 836 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 1 787 973 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 1 865 919 kr
- Tiltakspakke 5 – ENE-TEK69-TP: AD1, B3, G2
  - Levert energi: 18 132 kWh/år

- Nåverdi ved 3 % rente: – 1 779 915 kr
- Nåverdi ved 4 % rente: – 1 861 070 kr

Tiltakspakke 3 er det beste alternativet, mens tiltakspakke 5 er det mest energisparende alternativet. Dog er ingen av tiltakspakkene lønnsomme med gitte betingelser.

#### **Firemannsbolig BF 69 standard**

- FIRE-TEK69-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 103 019 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – FIRE-TEK69-TP1: B2
  - Levert energi: 98 788 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 813 687 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 876 155 kr
- Tiltakspakke 2 – FIRE-TEK69-TP2: AD2, B2
  - Levert energi: 52 189 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 5 243 761 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 5 444 706 kr
- Tiltakspakke 3 – FIRE-TEK69-TP3: AD1, B2
  - Levert energi: 50 765 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 5 201 887 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 5 409 383 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet, mens tiltakspakke 3 er det mest energisparende alternativet. Dog er ingen av tiltakspakkene lønnsomme med gitte betingelser.

#### **Boligblokk BF 69 standard**

- BOL-TEK69-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 653 817 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – BOL-TEK69-TP1: C3
  - Levert energi: 603 157 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: 128 345 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: 138 030 kr
- Tiltakspakke 2 – BOL -TEK69-TP2: AD2, B2, C3
  - Levert energi: 354 048 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 22 158 718 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 23 302 731 kr
- Tiltakspakke 3 – BOL -TEK69-TP3: C1
  - Levert energi: 606 615 kWh/år

- Nåverdi ved 3 % rente: 120 638 kr
- Nåverdi ved 4 % rente: 127 501 kr
- Tiltakspakke 4 – BOL -TEK69-TP4: AD2, B2, C1
  - Levert energi: 358 163 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 22 167 121 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 23 295 549 kr

Tiltakspakke 1 er det beste, mens tiltakspakke 2 er det mest energisparende alternativet.

Tiltakspakke 1 og 3 er lønnsomme tiltakspakker, hvilket er etterisolering av gulv mot uoppvarmet kjeller, henholdsvis U-verdi 0,15 W/m<sup>2</sup>K og 0,19 W/m<sup>2</sup>K.

#### **Kontorbygg BF 69 standard**

- KON-TEK69-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 727 099 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – KON-TEK69-TP1: C1
  - Levert energi: 700 164 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 204 198 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 305 921 kr
- Tiltakspakke 2 – KON-TEK69-TP2: AD2, C1, G3
  - Levert energi: 314 722 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 18 901 942 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 20 569 341 kr
- Tiltakspakke 3 – KON-TEK69-TP3: AD2, C1, G2
  - Levert energi: 390 112 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 16 789 835 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 18 334 342 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet, mens tiltakspakke 2 er det mest energisparende alternativet. Dog er ingen av tiltakspakkene lønnsomme med gitte betingelser.

#### **7.1.3 Eksisterende bygg TEK 97 standard**

##### **Enebolig TEK 97 standard**

- ENE-TEK97-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 26 044 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – ENE-TEK97-TP1: B1
  - Levert energi: 25 888 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 43 810 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 46 788 kr

- Tiltakspakke 2 – ENE-TEK97-TP2: AD2, B1, G2
  - Levert energi: 16 049 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 2 036 898 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 2 077 605 kr
- Tiltakspakke 3 – ENE-TEK97-TP3: AD1, B1, G2
  - Levert energi: 16 554 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 1 982 918 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 2 018 361 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet, mens tiltakspakke 2 er det mest energisparende alternativet. Dog er ingen av tiltakspakkene lønnsomme med gitte betingelser.

#### ***Firemannsbolig TEK 97 standard***

- FIRE-TEK97-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 68 155 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – FIRE-TEK97-TP1: H1
  - Levert energi: 64 879 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 449 076 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 464 101 kr
- Tiltakspakke 2 – FIRE-TEK97-TP2: AD2, B1, H1
  - Levert energi: 42 243 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 6 280 119 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 6 394 759 kr
- Tiltakspakke 3 – FIRE-TEK97-TP3: AD1, B1, H1
  - Levert energi: 43 228 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 6 274 328 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 6 385 545 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet, mens tiltakspakke 2 er det mest energisparende alternativet. Dog er ingen av tiltakspakkene lønnsomme med gitte betingelser.

#### ***Boligblokk TEK 97 standard***

- BOL-TEK97-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 468 022 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – BOL-TEK97-TP1: C1
  - Levert energi: 459 181 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 1 009 455 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 1 107 171 kr

- Tiltakspakke 2 – BOL-TEK97-TP2: AD1, C1, I1
  - Levert energi: 303 104 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 11 522 266 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 12 145 698 kr
- Tiltakspakke 3 – BOL-TEK97-TP3: C2
  - Levert energi: 462 680 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 1 018 449 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 1 097 778 kr
- Tiltakspakke 4 – BOL-TEK97-TP4: AD2, C2, I1
  - Levert energi: 302 139 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 25 159 528 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 25 805 821 kr
- Tiltakspakke 5 – BOL-TEK97-TP5: AD1, C2, I1
  - Levert energi: 306 401 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 11 504 381 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 12 115 325 kr

Med 3 % rente er tiltakspakke 1 det beste alternativet, og med 4 % rente er tiltakspakke 3 det beste alternativet, mens tiltakspakke 4 er det mest energisparende alternativet. Dog er ingen av tiltakspakkene lønnsomme med gitte betingelser.

#### **Kontorbygg TEK 97 standard**

- KON-TEK97-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 538 070 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – KON-TEK97-TP1: C2
  - Levert energi: 534 907 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 528 116 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 584 127 kr
- Tiltakspakke 2 – KON-TEK97-TP2: – AD1, C2, G2
  - Levert energi: 361 356 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 18 836 883 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 20 098 529 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet, mens tiltakspakke 2 er det mest energisparende alternativet. Dog er ingen av tiltakspakkene lønnsomme med gitte betingelser.

## **7.2 Privatøkonomisk beregning for enebolig med luft/luft-varmepumpe**

I dette delkapittelet er det for enebolig presentert nåverdi fra privatøkonomisk beregning, med høy energipris, og med hhv. 3 og 4 % rente, for energiforsyningsløsning nr. 2 (luft/luft-varmepumpe) med

ulike tiltakspakker. For nybygg TEK17-standard er det medregnet merkostnad for energiforsyningsløsning nr. 2 (luft/luft-varmepumpe) ift. energiforsyningsløsning nr. 1 (el.ovner). For eksisterende bygg BG69 regnes det som om at bygningen allerede har luft/luft-varmepumpe og dvs. det legges ikke til kostnad for endret energiforsyningsløsning.

### **7.2.1 Nybygg TEK 17 standard**

#### **Enebolig TEK 17 standard**

- ENE-TEK17-TP0. Dette er TEK 17 utgangspunkt for enebolig
  - Levert energi: 14 422 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 1 977 210 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 1 924 948 kr
- Tiltakspakke 1 – ENE-TEK17-TP1: A1, B0, C0, D1, E0, F0, G1
  - Levert energi: 15 568 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 1 837 809 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 1 781 132 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet, men har 8 % høyere energibehov enn utgangspunktet (energiramme TEK17). Tiltakspakke 1 var også det beste alternativet for energiforsyningsløsning nr. 1 (el.ovner).

Nåverdien er bedre enn ved energiforsyningsløsning nr. 1 (el.ovner), som viser at installasjon av luft/luft-varmepumpe er privatøkonomisk lønnsomt med de gitte betingelser.

#### **Enebolig BF 69 standard**

- ENE-TEK69-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 27 138 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – ENE-TEK69-TP1: B4
  - Levert energi: 26 193 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 52 658 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 60 112 kr
- Tiltakspakke 2 – ENE-TEK69-TP2: AD2, B4, G2
  - Levert energi: 15 209 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 2 064 106 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 2 110 984 kr
- Tiltakspakke 3 – ENE-TEK69-TP3: B3
  - Levert energi: 26 339 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 46 804 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 53 223 kr
- Tiltakspakke 4 – ENE-TEK69-TP4: AD2, B3, G2



- Levert energi: 15 344 kWh/år
- Nåverdi ved 3 % rente: – 2 055 885 kr
- Nåverdi ved 4 % rente: – 2 102 279 kr
- Tiltakspakke 5 – ENE-TEK69-TP: AD1, B3, G2
  - Levert energi: 14 917 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 2 056 323 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 2 104 924 kr

Tiltakspakke 3 er det beste alternativet ved både 3 % og 4 % rente, mens tiltakspakke 5 er det mest energisparende alternativet. Dog er ingen av tiltakspakkene lønnsomme med gitte betingelser. Det samme var tilfellet ved energiforsyningsløsning nr. 1 (el.ovner).

Nåverdien er dårligere enn ved direkte elektrisk oppvarming, som viser at tiltakspakkene blir mindre lønnsomme gitt at det er en energiforsyningsløsning med luft/luft-varmepumpe i boligen.

### 7.3 Privatøkonomisk beregning for enebolig med luft/vann-varmepumpe

I dette delkapittelet er det for enebolig presentert nåverdi fra privatøkonomisk beregning, med høy energipris, og med hhv. 3 og 4 % rente, for energiforsyningsløsning nr. 3 (luft/vann-varmepumpe) med ulike tiltakspakker. For nybygg TEK17-standard er det medregnet merkostnad for energiforsyningsløsning nr. 3 (luft/vann-varmepumpe) ift. energiforsyningsløsning nr. 1 (el.ovner). For eksisterende bygg BG69 regnes det som om at bygningen allerede har luft/vann-varmepumpe og dvs. det legges ikke til kostnad for endret energiforsyningsløsning.

#### 7.3.1 Nybygg TEK 17 standard

##### *Enebolig TEK 17 standard*

- ENE-TEK17-TP0. Dette er TEK 17 utgangspunkt for enebolig
  - Levert energi: 10 889 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 2 074 262 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 2 034 735 kr
- Tiltakspakke 1 – ENE-TEK17-TP1: A1, B0, C0, D1, E0, F0, G1
  - Levert energi: 11 554 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 1 972 846 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 1 930 636 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet ved både 3 % og 4 % rente, men har 8 % høyere energibehov enn utgangspunktet (energiramme TEK17). Tiltakspakke 1 var også det beste alternativet for energiforsyningsløsning nr. 1 (el.ovner).

Nåverdien er dårligere enn ved energiforsyningsløsning nr. 1 (el.ovner), som viser at installasjon av luft/vann-varmepumpe inkl. vannbårent anlegg ikke er privatøkonomisk lønnsomt med de gitte betingelser.

##### *Enebolig BF 69 standard*

- ENE-TEK69-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.

- Levert energi: 19 061 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – ENE-TEK69-TP1: B4
  - Levert energi: 18 415 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 61 779 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 68 159 kr
- Tiltakspakke 2 – ENE-TEK69-TP2: AD2, B4, G2
  - Levert energi: 11 356 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 2 193 352 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 2 225 008 kr
- Tiltakspakke 3 – ENE-TEK69-TP3: B3
  - Levert energi: 18 514 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 54 522 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 60 032 kr
- Tiltakspakke 4 – ENE-TEK69-TP4: AD2, B3, G2
  - Levert energi: 11 448 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 2 183 856 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 2 215 177 kr
- Tiltakspakke 5 – ENE-TEK69-TP: AD1, B3, G2
  - Levert energi: 11 154 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 2 188 350 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 2 221 405 kr

Tiltakspakke 3 er det mest kostnadseffektive alternativet ved både 3 % og 4 % rente, mens tiltakspakke 5 er det mest energisparende alternativet. Dog er ingen av tiltakspakkene lønnsomme med gitte betingelser. Det samme var tilfellet ved energiforsyningsløsning nr. 1 (el.ovner).

Nåverdien er dårligere enn ved direkte elektrisk oppvarming, som viser at tiltakspakkene blir mindre lønnsomme gitt at det er en energiforsyningsløsning med luft/vann-varmepumpe i boligen.

#### **7.4 Privatøkonomisk beregning for boligblokk og kontorbygg med fjernvarme som energiforsyning**

I dette delkapittelet er det for hhv. boligblokk og kontorbygg presentert nåverdi fra privatøkonomisk beregning, med høy energipris, og med hhv. 3 og 4 % rente, for energiforsyningsløsning nr. 2 (for boligblokk fjernvarme, for kontorbygg fjernvarme og kjølemaskin med tørrkjøler) med ulike tiltakspakker. For nybygg TEK17-standard er det medregnet merkostnad for energiforsyningsløsning nr. 2 (for boligblokk fjernvarme, for kontorbygg fjernvarme og kjølemaskin med tørrkjøler) ift. energiforsyningsløsning nr. 1 (for boligblokk vannbåren varme med el.kjel, for kontorbygg vannbåren varme med el.kjel og kjølemaskin med tørrkjøler). For eksisterende bygg BG69 regnes det som om at bygningen allerede har fjernvarme og dvs. det legges ikke til kostnad for endret energiforsyningsløsning.

### 7.4.1 Nybygg TEK 17 standard

#### **Boligblokk TEK 17 standard**

- BOL-TEK17-TP0. Dette er TEK 17 utgangspunkt for boligblokk
  - Levert energi: 309 528 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 24 485 987 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 23 431 189 kr
- Tiltakspakke 1 – BOL-TEK17-TP1: A1, B4, C2, D0, E2, F2, G2
  - Levert energi: 293 647 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 23 055 875 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 22 058 381 kr
- Tiltakspakke 2 – BOL-TEK17-TP2: A1, B4, C2, D0, E2, F2, H0
  - Levert energi: 298 601 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 24 303 708 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 23 164 643 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet, og har 5 % lavere energibehov enn utgangspunktet (energiramme TEK17). Tiltakspakke 1 var også det beste alternativet for energiforsyningsløsning nr. 1 (el.kjel).

Nåverdien er dårligere enn ved energiforsyningsløsning nr. 1 (el.kjel), som viser at tilknytning til fjernvarme ikke er privatøkonomisk lønnsomt med de gitte betingelser.

#### **Kontorbygg TEK 17 standard**

- KON-TEK17-TP0. Dette er TEK 17 utgangspunkt for kontorbygg
  - Levert energi: 287 076 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 23 537 162 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 23 310 455 kr
- Tiltakspakke 1 – KON-TEK17-TP1: A3, B0, C4, D0, E0, F2, G1, J1
  - Levert energi: 356 312 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 22 013 652 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 21 683 351 kr
- Tiltakspakke 2 – KON-TEK17-TP2: A3, B0, C2, D0, E0, F2, G1, J1
  - Levert energi: 357 631 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 21 950 223 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 21 617 879 kr

Tiltakspakke 2 er det mest kostnadsoptimale alternativet ved både 3 % og 4 % rente, men har 23 % høyere energibehov enn utgangspunktet (energiramme TEK17). Tiltakspakke 2 var også det beste alternativet for energiforsyningsløsning nr. 1 (el.kjel + kjølemaskin m/tørrkjøler).

Nåverdien er dårligere enn ved energiforsyningsløsning nr. 1 (el.kjel + kjølemaskin m/tørrkjøler), som viser at tilknytning til fjernvarme + fjernkjøling ikke er privatøkonomisk lønnsomt med de gitte betingelser.

#### **Boligblokk BF 69 standard**

- BOL-TEK69-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 648 124 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – BOL-TEK69-TP1: C3
  - Levert energi: 597 971 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: 112 057 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 152 400 kr
- Tiltakspakke 2 – BOL -TEK69-TP2: AD2, B2, C3
  - Levert energi: 351 375 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 22 255 807 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 23 380 022 kr
- Tiltakspakke 3 – BOL -TEK69-TP3: C1
  - Levert energi: 601 394 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: 105 476 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 140 878 kr
- Tiltakspakke 4 – BOL -TEK69-TP4: AD2, B2, C1
  - Levert energi: 355 448 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 22 262 870 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 23 380 022 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet med rente på 3 % og tiltakspakke 3 er det beste med rente på 4 %, mens tiltakspakke 2 er det mest energisparende alternativet. Tiltakspakke 1 og 3 er lønnsomme tiltakspakker med en rente på 3 %, hvilket er etterisolering av gulv mot uoppvarmet kjeller, henholdsvis U-verdi 0,15 W/m<sup>2</sup>K og 0,19 W/m<sup>2</sup>K. Tiltakspakke 1 og 3 var også lønnsomme tiltakspakker ved energiforsyningsløsning nr. 1 (el.kjel).

Nåverdien er litt dårligere enn ved el.kjel, som viser at tiltakspakkene blir litt mindre lønnsomme gitt at det er en energiforsyningsløsning med fjernvarme i boligblokken.

#### **Kontorbygg BF 69 standard**

- KON-TEK69-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 738 990 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – KON-TEK69-TP1: C1
  - Levert energi: 712 328 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 209 101 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 310 399 kr

- Tiltakspakke 2 – KON-TEK69-TP2: AD2, C1, G3
  - Levert energi: 323 907 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 18 853 515 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 20 525 189 kr
- Tiltakspakke 3 – KON-TEK69-TP3: AD2, C1, G2
  - Levert energi: 405 601 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 16 854 255 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 18 393 189 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet ved både 3 % og 4 % rente, mens tiltakspakke 2 er det mest energisparende alternativet. Dog er ingen av tiltakspakkene lønnsomme med gitte betingelser. Det samme var tilfellet ved energiforsyningsløsning nr. 1 (el.kjel + kjølemaskin m/tørrkjøler).

Nåverdien er på samme nivå som ved el.kjel + kjølemaskin m/tørrkjøler.

## 7.5 Privatøkonomisk beregning for boligblokk og kontorbygg med bergvarmepumpe som energiforsyning

I dette delkapittelet er for hhv. boligblokk og kontorbygg presentert nåverdi fra privatøkonomisk beregning, med høy energipris, og med hhv. 3 og 4 % rente, for energiforsyningsløsning nr. 3 (bergvarmepumpe) med ulike tiltakspakker.

### 7.5.1 Nybygg TEK 17 standard

#### **Boligblokk TEK 17 standard**

- BOL-TEK17-TP0. Dette er TEK 17 utgangspunkt for boligblokk
  - Levert energi: 197 858 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 21 147 409 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 20 515 539 kr
- Tiltakspakke 1 – BOL-TEK17-TP1: A1, B4, C2, D0, E2, F2, G2
  - Levert energi: 191 138 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 19 999 197 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 19 389 935 kr
- Tiltakspakke 2 – BOL-TEK17-TP2: A1, B4, C2, D0, E2, F2, H0
  - Levert energi: 194 196 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 21 186 056 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 20 442 405 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet, og har 3 % lavere energibehov enn utgangspunktet (energiramme TEK17). Tiltakspakke 1 var også det beste alternativet for energiforsyningsløsning nr. 1 (el.kjel).

Nåverdien er bedre enn ved energiforsyningsløsning nr. 1 (el.kjel), som viser at etablering av bergvarmepumpe er privatøkonomisk lønnsomt med de gitte betingelser.

**Kontorbygg TEK 17 standard**

- KON-TEK17-TP0. Dette er TEK 17 utgangspunkt for kontorbygg
  - Levert energi: 224 622 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 21 557 747 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 21 427 775 kr
- Tiltakspakke 1 – KON-TEK17-TP1: A3, B0, C4, D0, E0, F2, G1, J1
  - Levert energi: 277 849 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 19 760 338 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 19 551 570 kr
- Tiltakspakke 2 – KON-TEK17-TP2: A3, B0, C2, D0, E0, F2, G1, J1
  - Levert energi: 278 292 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 19 677 939 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 19 468 486 kr

Tiltakspakke 2 er det beste alternativet ved både 3 % og 4 % rente, men har 24 % høyere energibehov enn utgangspunktet (energiramme TEK17). Tiltakspakke 2 var også det beste alternativet for energiforsyningsløsning nr. 1 (el.kjel + kjølemaskin m/tørrkjøler).

Nåverdien er bedre enn ved energiforsyningsløsning nr. 1 (el.kjel + kjølemaskin m/tørrkjøler), som viser at etablering av bergvarmepumpe og med frikjøling mot brønnpark er privatøkonomisk lønnsomt med de gitte betingelser.

**Boligblokk BF 69 standard**

- BOL-TEK69-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 303 251 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – BOL-TEK69-TP1: C3
  - Levert energi: 285 860 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 941 509 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 1 081 884 kr
- Tiltakspakke 2 – BOL -TEK69-TP2: AD2, B2, C3
  - Levert energi: 201 790 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 28 535 804 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 28 928 766 kr
- Tiltakspakke 3 – BOL -TEK69-TP3: C1
  - Levert energi: 287 019 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 875 284 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 1 006 131 kr
- Tiltakspakke 4 – BOL -TEK69-TP4: AD2, B2, C1

- Levert energi: 203 169 kWh/år
- Nåverdi ved 3 % rente: – 28 456 229 kr
- Nåverdi ved 4 % rente: – 28 843 969 kr

Tiltakspakke 3 er det beste alternativet for både 3 % og 4 % rente, mens tiltakspakke 2 er det mest energisparende alternativet. Dog er ingen av tiltakspakkene lønnsomme med gitte betingelser.

Ved energiforsyningsløsning nr. 1 (el.kjel) var det tiltakspakke 1 som var best. Nåverdien er dårligere enn ved el.kjel, som viser at tiltakspakkene blir mindre lønnsomme / ulønnsomme gitt at det er en energiforsyningsløsning med bergvarmepumpe i boligblokken.

### **Kontorbygg BF 69 standard**

- KON-TEK69-TP0. Dette er sammenligningsgrunnlaget dersom ingen tiltak blir gjennomført.
  - Levert energi: 439 265 kWh/år
- Tiltakspakke 1 – KON-TEK69-TP1: C1
  - Levert energi: 430 316 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 526 216 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 600 079 kr
- Tiltakspakke 2 – KON-TEK69-TP2: AD2, C1, G3
  - Levert energi: 258 428 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 23 047 254 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 24 356 014 kr
- Tiltakspakke 3 – KON-TEK69-TP3: AD2, C1, G2
  - Levert energi: 311 964 kWh/år
  - Nåverdi ved 3 % rente: – 20 543 889 kr
  - Nåverdi ved 4 % rente: – 21 763 609 kr

Tiltakspakke 1 er det beste alternativet ved både 3 % og 4 % rente, mens tiltakspakke 2 er det mest energisparende alternativet. Dog er ingen av tiltakspakkene lønnsomme med gitte betingelser. Det samme var tilfellet ved energiforsyningsløsning nr. 1 (el.kjel + kjølemaskin m/tørrkjøler).

Nåverdien er dårligere enn ved el.kjel, som viser at tiltakspakkene blir mindre lønnsomme gitt at det er en energiforsyningsløsning med bergvarmepumpe + frikjøling brønnpark i kontorbygget.

## **7.6 Hovedombygging**

- Hovedombygging av TEK69 enebolig gir en energibesparelse på 20 900 kWh/år tilsvarende 55 % energireduksjon, men dette er ikke lønnsomt da det medfører en negativ nåverdi på 3,4 mill kr ved 3 % rente og en negativ nåverdi på 3,7 mill kr ved 4 % rente.
- Hovedombygging av TEK69 boligblokk gir en energibesparelse på 342 202 kWh/år tilsvarende 52 % energireduksjon, men dette er ikke lønnsomt da det medfører en negativ nåverdi på 92 mill kr ved 3 % rente og en negativ nåverdi på 99 mill kr ved 4 % rente.

- Hovedombygging av TEK69 kontorbygg gir en energibesparelse på 448 820 kWh/år tilsvarende 62 % energireduksjon, men dette er ikke lønnsomt da det medfører en negativ nåverdi på 50 mill kr ved 3 % rente og en negativ nåverdi på 56 mill kr ved 4 % rente.

## 7.7 Solceller på tak

- For enebolig viser lønnsomhetsberegningene at det kun gitt høy energipris vil kunne være marginalt lønnsomt med solceller på skråtak, mens det er dårligere lønnsomhet for skråtak mot øst/vest.
- For firemannsbolig viser lønnsomhetsberegningene at det kun gitt høy energipris vil kunne være marginalt lønnsomt med solceller på flatt tak.
- For boligblokk viser lønnsomhetsberegningene at det gitt både middels og høy energipris vil kunne være lønnsomt med solceller på flatt tak. Dersom vi ser på installasjon av solceller når fjernvarme er energiforsyningen, vil større deler av energibehovet dekkes av fjernvarme og større deler av egenprodusert strøm går dermed til eksport som gir mindre inntjening enn ved egenbruk. Det vil fortsatt være lønnsomt, men man vil bare stå igjen med 10 % av nåverdien sammenlignet med et bygg som har direkte elektrisk energiforsyningsløsning.
- For kontorbygg med flatt tak viser lønnsomhetsberegningene at det kun ved gitt høy energipris og lav rente vil kunne være lønnsomt med solceller på tak. Ved de andre energiforsyningsløsningene, fjernvarme og bergvarmepumpe m/frikjøling mot brønnpark, vil det ikke være lønnsomt med solceller. Som for boligblokk er det fordi byggets behov for elektrisitet er lavere og dermed går mer av solkraften til eksport som gir mindre inntjening enn ved egenbruk.

## 8 Diskusjon og konklusjon

De privatøkonomiske kostnadsoptimalitetsberegningene for nybygg TEK17 med tiltaksvarianter viser at for enebolig, firemannsbolig og kontorbygg er de mest kostnadsoptimale tiltakspakkene mindre strenge enn det som i dag ligger til grunn for energirammekrav i TEK17. Mens for boligblokk er den mest kostnadsoptimale tiltakspakken funnet å være strengere og gi 5 % lavere energibehov i forhold til det som i dag ligger til grunn for energirammekrav i TEK17.

Denne tiltakspakken BOL-TEK17-TP1 innebærer:

- U-verdi vegg på 0,22 W/m<sup>2</sup>K,
- U-verdi tak på 0,10 W/m<sup>2</sup>K,
- U-verdi gulv på 0,14 W/m<sup>2</sup>K,
- U-verdi vinduer på 0,8 W/m<sup>2</sup>K,
- Lekkasjetall på 0,4 h<sup>-1</sup>,
- normalisert kuldebroverdi på 0,07 W/m<sup>2</sup>K
- Sentralisert ventilasjon med beste motstrømsveksler og med god SFP (spesifikk vifteeffekt):
  - Temperaturvirkningsgrad på 82 % (temp.virkningsgrad justert for frostsikring 81,9%)
  - SFP på 1,30 kW/m<sup>3</sup>/s.

EUs forordning sier: «National minimum energy performance requirements should not be more than 15 % lower than the outcome of the cost-optimal results of the calculation taken as the national



*benchmark.*» Siden den kostnadsoptimale tiltakspakken for boligblokk er 5 % lavere, er dette innenfor kravet i EUs forordning.

For energioppgradering av eksisterende bygg BF 69 og TEK97 er de aller fleste tiltakene funnet å være ulønnsomme i privatøkonomisk beregning. Dette kan sies å være som forventet, da det iht. EUs forordning er regnet med total kostnader for tiltakene og ikke merkostnader ifm. nødvendig vedlikehold.

Når man ser på resultatene for en tiltakspakke med forskjellige energiforsyningsløsninger, vises det hvordan energitiltakene blir mindre lønnsomme jo lavere behovet for levert energi er. Dette er som forventet, - eksempelvis er det naturligvis mindre lønnsomt å gjennomføre etterisoleringstiltak i et bygg som har varmepumpe kontra et bygg som har direkte elektrisk oppvarming.

## Vedlegg A - Energi- og CO<sub>2</sub>-priser

### A.1 Priser på elektrisk kraft

Kraftprisen fastsettes på en børs hvor ulike produsenter konkurrerer mot hverandre. Overføring av kraft frem til kunde er definert som et naturlig monopol og NVE som reguleringsmyndighet fastsetter et inntektstak som hvert enkelt nettselskap kan ta av kundene.

#### A.1.1 Kraftmarkedet

Grunnlaget for vurderingen er to rapporter fra NVE fra 2021 og 2023. Den siste rapporten har mest fokus på scenarier for utbygging av vindkraft, mens den første er en mer tradisjonell gjennomgang av kraftbalansen i et langsiktig perspektiv. Begge rapportene har det til felles at det er kraftprisene på kontinentet samt prisene på CO<sub>2</sub>-utslippkvoter som er den viktigste forutsetningen for resultatet.

Historisk sett har prisene på naturgass hatt en direkte innvirkning på strømprisene. Dette skyldes at gasskraft ofte fungerer som en fleksibel kilde som balanserer variasjoner i kraftforbruket, både innenfor døgnet og gjennom året. Med den økende utbyggingen av fornybar energiproduksjon på kontinentet, kan imidlertid det tradisjonelle mønsteret endre seg med lavere priser når det er overskudd av vind- og solenergi, og høyere priser når det er knapphet på kapasitet. Begge NVE-rapportene viser tilsynelatende beregningene at prisvariasjonene jevnes ut, slik at gjennomsnittsprisen tilsynelatende fortsatt er sterkt påvirket av prisene på gass, kull og CO<sub>2</sub>.

Både '21- og '23-rapportene fra NVE har forutsatt vesentlig lavere priser på gass en dagens pris; i begge rapportene er prisene i referansebanen antatt å ligge på rundt 20-25 EUR/MWh på lang sikt. 2021-rapporten er skrevet før krigen i Ukraina og forutsetter derfor et normalt marked for naturgass i Europa. Rapporten i 2023 er kommet ut etter at krigen startet, men det er ikke referanser til at gassprisene var svært høye i 2022. Figur A1 viser gassprisen referert Nederland (TTF) som ofte brukes som en referanse for spotprisen på gass i Europa.



Figur A1: Pris på naturgass referert Nederland, TTS (EUR/MWh)

I skrivende stund er gassprisene blitt betydelig redusert igjen sammenlignet med vinteren 2022/23, noe som blant annet reflekterer at russisk gass er blitt erstattet med leveranser med LNG. Prisen på LNG er høyere enn pris på gass levert i rør, fordi det kreves energi for å kjøle ned gass til flytende form og fordi skipstransport er dyrere enn rørtransport. Dette trekker i retning av høyere gasspriser fremover enn snittprisen fra 2010 frem til sommeren 2021 både på mellomlang og lang sikt.

I dag er kapasiteten for import av LNG til Europa begrenset. Det er derfor usikkert om markedet vil kunne strammes betydelig til på vinterstid når gassforbruket er høyt. I så fall vil en pris rundt 35 EUR/kWh, slik som i juni 2023, trolig være lavere enn hva som vil bli gjennomsnittsprisen over året på kort og mellomlang sikt.

En annen viktig forutsetning for kraftprisene er prisene på CO<sub>2</sub>-kvoter. Kraftproduksjon er kvotepliktig, dvs. at kostnaden for CO<sub>2</sub> er en integrert del av kraftprisen på samme måte som alle andre produksjonskostnader.

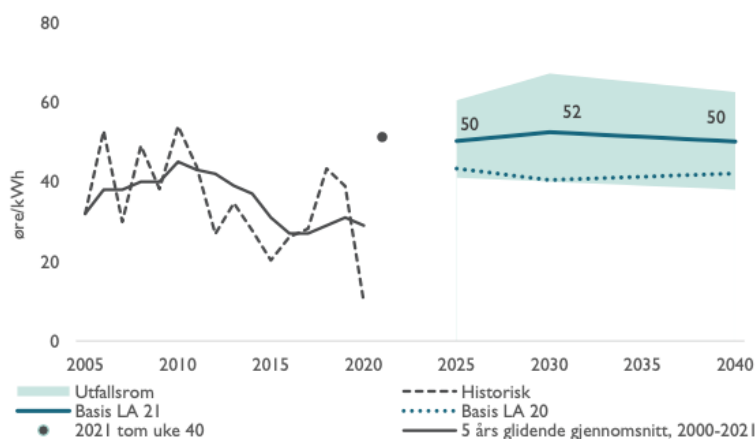


Figur A2: Kvotepris for CO<sub>2</sub> (EU-ETS), EUR/MWh

Figur A2 viser at prisene har økt betydelig de siste par årene. Prisøkningen er delvis knyttet til Ukraina, siden en del russisk gass er erstattet av kull. Dette gjør at prisene på CO<sub>2</sub> har økt. I tillegg har EU vedtatt en ny fase, «fit for 55» som innebærer at flere sektorer er blitt kvotepliktige. Dagens pris på nesten 100 EUR/tonn er vesentlig høyere enn referansebanen i begge NVE-rapportene. I de to NVE-rapportene er antagelsen om fremtidig kvotepris en god del lavere. 21-rapporten opererer med 50 EUR/tonn i referansen, mens i 23-rapporten er CO<sub>2</sub>-kvoteprisene antatt å være stigende opp i mot 80 EUR/tonn i 2025.

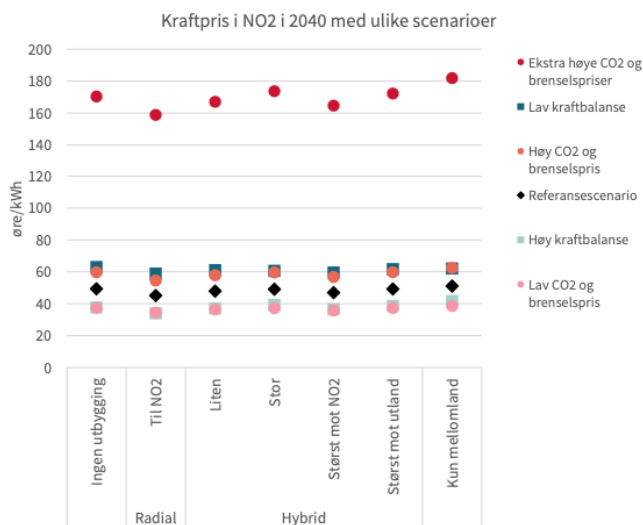
Begge rapportene gjør rede for en detaljert gjennomgang av kraftbalansen. Antagelsene som er gjort er også viktige for den resulterende kraftprisen som analysene kommer frem til. 2023-rapporten er i stor grad viet til utbyggingsscenarier for vindkraft til havs. Også her er det godt tenkelig at forutsetningene ikke lenger er helt oppdaterte. Utbyggingene av vindkraft ser ut til å bli langt dyrere enn tidligere antatt, noe som kan tenkes å resultere i en strammere kraftbalanse både på mellomlang og lang sikt enn det NVE-rapportene legger til grunn. På den annen side, de høye kraftprisene i 2022-23 sammen med endringer i klimapolitikken ser ut til å kunne endre forutsetningene for utbygging av ny kraftintensiv industri i Norge. Dette kan resultere i lavere vekst i forbruket og vil i så fall kunne bidra til lavere kraftpriser.

I det aktuelle prosjektet er det forutsatt at Multiconsult skal benytte NVE-rapporten fra 2021.



Figur A3: Beregnet kraftpris fra NVE 2021 rapporten, øre/kWh

Figur A3 viser anslaget på kraftpriser fra NVE 21-rapporten. På lang sikt vil prisene holdes relativt stabile på rundt 50 øre/kWh, med et utfallsrom på  $\pm 10$  øre/kWh. Dette er nesten helt på linje med resultatet fra 23-rapporten som vises i figur A4.



Figur A4: Beregnet kraftpris fra NVE 2023 rapporten, øre/kWh

Som drøftet over er det flere grunner til å regne med at en kraftpris på 50 EUR er litt lavt, særlig med tanke på at forutsetningene om CO<sub>2</sub>-kvotepriser og naturgassprisene tilsynelatende er satt noe for lavt i NVEs beregninger. Vi foreslår at dette håndteres i beregningsmodellen til DiBK ved at det høye alternativet for kraftprisen settes til 80 øre/kWh.

Oppsummering;

- 50 øre/kWh flatt både på mellomlang og lang sikt
- 40 øre/kWh som nedre grense
- 80 øre/kWh som øvre grense

### A.1.2 Nettleie

Som nevnt over er prisene på overføring av kraft definert som et naturlig monopol og hvert enkelt nettselskap er den eneste tilbyderer innenfor sitt område. For å hindre at nettselskapet utøver sin dominerende stilling, fastsetter NVE hvert år et tak for hvor store inntekter e-verket kan tjene. Taket er satt ut ifra kostnadene til e-verket pluss et element som skal gi selskapet incentiver til å drive effektivt.

Reguleringsmodellen ble lagt om for ett år siden, slik at kundene nå betaler tre ledd

- Et fastledd, dvs. et fast kronebeløp hvert år for å få tilgang til kraft
- Et effektledd som er regnet ut ifra maks energiforbruk per time i løpet av en måned.
- Et energiledd, dvs. en kostnad per kWh i strømforbruk. Noen nettselskaper som Elvia har differensiert energileddet i to deler; ett ledd med en relativt høy takst for hverdager og et ledd for helg/natt.

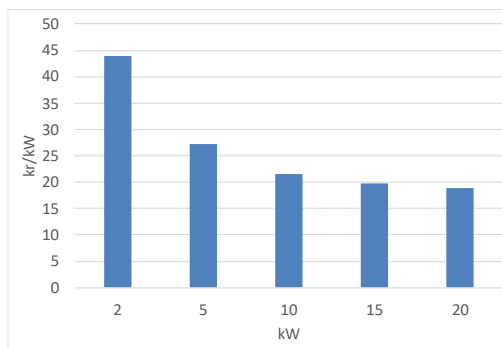
I tillegg er nettleien differensiert mellom bedrifter og husholdninger.

### Energiledd

Energileddet regnes per kWh i kraftforbruk. NVEs nettstatistikk<sup>2</sup> viser at dette leddet har ligget stabilt rundt 17 øre per kWh for husholdningene siden den nye reguleringsmodellen kom juni 2022. For bedrifter med forbruk over 100 000 kWh blir denne satt til 5 øre per kWh.

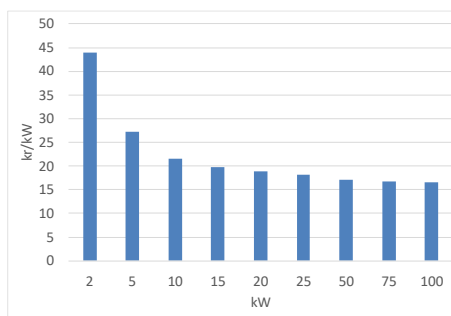
### Effektledd

Nettleiestatistikken viser ikke en egen oversikt over effektleddet, sannsynligvis fordi nettselskapene har stor frihet til å utforme denne taksten. Vi bruker derfor Elvia som et eksempel.



Figur A5: Effektledd for husholdninger i Elvia, kr/kW

Figur A5 viser fastleddet for husholdninger regnet som kr per kW avhengig av maksforbruket regnet i kW (dvs. kWh per time). Maksforbruket er regnet som snittet av døgnmaks for de tre dagene i en måned med høyest strømforbruk. Figuren viser at effektleddet er høy for de minste husholdningene, men gradvis avtagende til litt i underkant av 20 kr/kW for de store. Figur A6 viser effektkostnaden for bedrifter. Vi foreslår å bruke uendrede takster tilsvarende dagens nivå, dette er utregnet i arkfane 2.0 nøkkeltall i verktøyet.



Figur A6: Effektledd for bedrifter

### A.1.3 Avgifter

#### Merverdiavgift

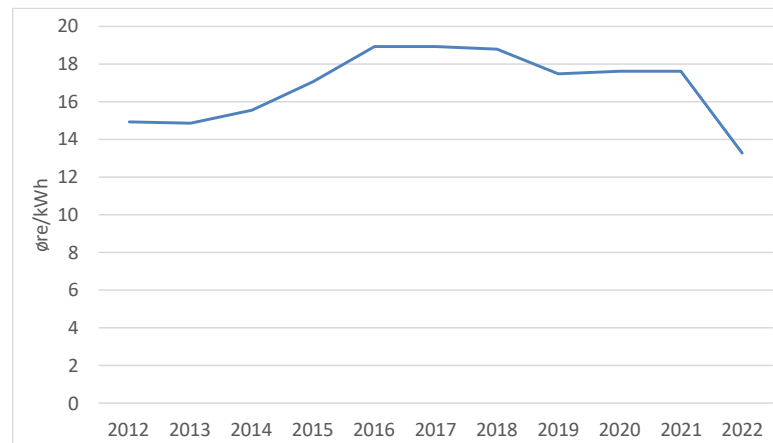
25 prosent for husholdningene. Bedrifter vil kunne trekke fra inngående MVA slik at merverdiavgift ikke skal regnes med.

#### Elavgift

Figur A7 viser utviklingen i elavgiftene til husholdningene. Figuren viser at det har vært en tendens til økende elavgifter over tid, men fra 2016 til -21 har nivået vært stabilt rundt 18 øre/kWh. Unntaket er

<sup>2</sup> <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/publikasjoner-og-data/statistikk/nettleiestatistikk/>

2022 da avgiftene ble satt ned midlertidig pga. de høye kraftprisene. For beregningene i modellen til DiBK legges det til grunn dagens sats på 16 øre/kWh



Figur A7: Elavgift, faste 2022 kroner, øre/kWh

## A.2 Priser for CO<sub>2</sub>-utslipp fra energi

Når CO<sub>2</sub>-utslipp skal prissettes, må dette skje med en prisbane som viser en utvikling av prisen over tid. Dette skyldes at det er så mye usikkerhet rundt fremtiden. IAMC-databasen har flere prisbaner basert på de ulike klimamålene; 1,5-graders målet og 2-gradersmålet. Et eksempel på spredningen i pris er at det i år 2050 kan det være prisen ligger i 25. persentil som er 4 ganger lavere enn prisen som ligger i 75. persentil. I rapporten «Karbonpriser til bruk i nyttekostnadsanalyser»<sup>3</sup> av Wangsness og Rosendahl fra 2022, legger de frem anbefalinger for hvordan karbonpris skal prises for samfunnsøkonomiske analyser. De bruker en tilsvarende metode som Samfunnsøkonomisk Analyse (SØA) brukte under en analyse for DiBK i 2020 «Samfunnsøkonomiske konsekvenser av forslag til nye energiregler i TEK»<sup>4</sup>.

De har tatt resultater fra et stort utvalg av scenarioer fra ulike modeller (Integrated Assessment models – IAMer) som har blitt brukt i IPCC sin spesialrapport om global oppvarming på 1,5 grader. Her kommer de frem til to litt ulike prisbaner de anbefaler.

Alternativ 1 bruker medianen fra det endelige utvalget av IAMC-scenarioene som hovedbane for karbonprisen, med lave og høye prisbaner basert på 25. og 75. persentil til bruk i sensitivetsanalyser. Dette ender opp i karbonpris på 141 Euro/tonn CO<sub>2</sub> i 2025, stigende til 806 Euro/tonn CO<sub>2</sub> i 2050.

Alternativ 2 er en oppjustering av medianen ettersom de antar at medianen er en liten underestimert av hva som bør være anbefalt karbonpris for samfunnsøkonomiske analyser i norsk sammenheng. Det er ikke stor oppjustering ettersom de setter hovedbanen for karbonprisen på 55.persentilet, dette vil tilsa en karbonkostnad på 166 Euro/tonn CO<sub>2</sub> i 2025 som stiger til 1014 Euro/tonn CO<sub>2</sub> i 2050, med lave og høye prisbaner basert på 30.persentil og 80. persentil til bruk i sensitivetsanalyser.

Wangsness og Rosendahl anbefaler begge alternativene. I dette arbeidet er det valgt å jobbe med alternativ 1, som er det litt mer konservative alternativet.

<sup>3</sup> Wangsness, P. B. og K. E. Rosendahl (2022). Carbon prices for Cost-Benefit Analysis. TØI-Report 1912/2022, Transportøkonomisk institutt. Tilgjengelig fra: <https://www.toi.no/publikasjoner/carbon-prices-for-cost-benefit-analysis-article37823-8.html>

<sup>4</sup> Gran, B og Frisell, M. M (2020). Samfunnsøkonomiske konsekvenser av forslag til nye energiregler i TEK. Rapport nr. 15-2020 fra Samfunnsøkonomisk analyse AS. Tilgjengelig fra: [https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/energi/samfunnsokonomisk-konsekvenser-av-forslag-til-nye-energiregler-i-tek\\_2020.pdf](https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/energi/samfunnsokonomisk-konsekvenser-av-forslag-til-nye-energiregler-i-tek_2020.pdf)

### A.3 Utslippsfaktorer

I energiforsyningsløsningene det regnes med i dette oppdraget, benyttes tre energibærere; elektrisitet, fjernvarme og fjernkjøling.

For elektrisitet foreslås som utgangspunkt å benytte 19 gram CO<sub>2</sub> per kWh, med referanse til NVEs «Klimadeklarasjon for fysisk strøm»,

<https://www.nve.no/energi/energisystem/kraftproduksjon/hvor-kommer-stroemmen-fra/>

For fjernvarme foreslås som utgangspunkt å benytte 17,2 gram CO<sub>2</sub> per kWh, med referanse i EPD fra Hafslund Oslo Celsio for District heating, registrert 2022.10.10, [https://www.epd-](https://www.epd-norge.no/epder/energi/district-heating)

[norge.no/epder/energi/district-heating](https://www.epd-norge.no/epder/energi/district-heating)

For fjernkjøling foreslås som utgangspunkt å benytte 18,22 gram CO<sub>2</sub> per kWh, med referanse i EPD fra Hafslund Oslo Celsio for District cooling, registrert 2022.10.10, [https://www.epd-](https://www.epd-norge.no/epder/energi/district-cooling)

[norge.no/epder/energi/district-cooling](https://www.epd-norge.no/epder/energi/district-cooling)

Utslippsfaktorene kan enkelt justeres i excelverktøyet.