

INNLANDET FYLKESKOMMUNE

KLIMAGASSUTSLIPP FRA OPPGRADERING AV ELDRE BYGG 24 CASE-STUDIER FRA INNLANDET

19. FEBRUAR 2021

VERSJON: 01



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Innlandet fylkeskommune
Tittel på rapport: Klimagassanalyse bygg Innlandet
Oppdragsnavn: Klimagassanalyse bygg Innlandet
Oppdragsnummer: 628775-01
Utarbeidet av: Mie Fuglseth, Bjørge Sandberg-Kristoffersen, Vidar Lind Yttersian, Astrid Storøy, Jill Saunders, Glen Lesaca
Oppdragsleder: Mie Fuglseth
Tilgjengelighet: Åpen

01	19.02.21	Første versjon	MF, BSK, VLY, AS, JS, GL	IA
VERSJON	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KS

Forord

■■■■■■■■■■

På oppdrag for Innlandet fylkeskommune, har Asplan Viak og Energibbygg AS gjennomført en studie av energibruk og klimagassutslipp for 26 objekter i Innlandet. Oppdraget har vært en del av prosjektet «Bevar bygg – bevar klima».

Formålet med studien er å bidra til kunnskapsgrunnlaget som er nødvendig for å kunne gjøre beregninger av den samlede regionale effekten av bygningsvern som klimatiltak. En kjerneoppgave i oppdraget har vært å skissere kostnadseffektive oppgraderingstiltak for 12 av objektene. Anbefalinger om tiltak har blitt gjort i dialog med hver enkelt byggeier. Som del av prosjektet har det blitt utarbeidet egne rapporter for 12 av objektene kalt 'Plan for bygningsoppgradering'.

Dagfinn Claudius har vært kontaktperson hos Innlandet fylkeskommune.

Mie Fuglseth har vært oppdragsleder hos Asplan Viak. Vidar Lind Yttersian, Astrid Storøy, Jill Saunders og Inger Andresen deltatt i oppdraget fra Asplan Viak.

Energibbygg AS har vært underleverandør for Asplan Viak i oppdraget. Bjørge Sandberg-Kristoffersen har vært oppdragsleder hos Energibbygg. Glen Lesaca og Roger Pedersen har også deltatt i oppdraget fra Energibbygg.

Sandvika, 19.02.2021

Mie Fuglseth
Oppdragsleder

Inger Andresen
Kvalitetssikrer

Sammendrag med hovedfunn

På oppdrag fra Innlandet fylkeskommune har Asplan Viak og Energibbygg AS gjennomført en omfattende studie av klimagassutslipp for 24 bygninger. Formålet med studien har vært å utforske hvorvidt og hvordan klimamål samsvarer med mål om vern av kulturhistorisk bebyggelse, og hvordan bygningsvern kan fungere som et klimatiltak. De analyserte bygningene er av varierende alder, størrelse, arkitektur og byggemåte. Alle har ulik verneverdi ut fra alder, representativitet, arkitektonisk utforming og/eller kulturhistorisk sammenheng. Flere bygg omfattes av juridisk vern.

Analysens overordnede formål er å vurdere klimakonsekvensene av kostnadseffektiv, hensiktsmessig energioppgradering av bygningene, sammenliknet med fortsatt drift i nåtilstand, og med å erstatte de eksisterende bygningene med nye. Vi har beregnet energibruk, klimagassutslipp og investeringskostnader for følgende scenarier:

- Scenario A** Bygning i nåtilstand, uten oppgraderingstiltak.
- Scenario B** Oppgradering med anbefalte energioppgraderingstiltak.
- Scenario C** Erstatte eksisterende bygg med nytt bygg iht. forskriftsnivå (TEK 17).
- Scenario D** Rive eksisterende bygg og oppføre nytt bygg iht. forskriftsnivå (TEK 17) med spesiell vekt på klimavennlige byggematerialer.
- Scenario E** Rive eksisterende bygg og oppføre nytt bygg iht. Passivhusnivå.

Vi har forholdt oss til kulturminnehensynet både som en premiss for analysen, i form av hvilke tiltak som er anbefalt, men også som en ramme for drøfting. Dette betyr imidlertid ikke at analysen er rigget for å favorisere oppgradering fremfor å rive og bygge nytt, og vi har så langt det er mulig etterstrebet å legge til grunn nøytrale beregningsforutsetninger, samt forsøkt å presentere metodikk og forutsetninger på en så transparent måte som mulig.

Et grunnleggende spørsmål vi har ønsket å finne svar på er:

Når er bevaring og oppgradering av eldre bygg ikke bare et kulturminnetiltak, men også et klimatiltak?

Tiltaksvurderingene har vært en sentral del av oppdraget. Vurderinger og anbefalinger av oppgraderingstiltak er gjort med utgangspunkt i informasjon fra befaringer, tilgjengelige kilder og dialog med byggeierne. For at hver enkelt byggeier skal ha nytteverdi av tiltaksvurderingene, har tiltakene blitt vurdert ut fra tilstand og ønsket bruksformål for hvert enkelt bygg. For å sikre at anbefalte tiltak ikke går på akkord med verneverdi eller arkitektoniske kvaliteter, er det tatt utgangspunkt i byggenes gjeldende vernestatus, samt kunnskap om og tidligere erfaring med oppgradering av fredete og verneverdige bygg.

Klimagassutslipp fra materialbruk omfatter produksjon av byggematerialer og transport til byggeplass, energibruk i drift og nødvendig utskifting av materialer over 60 års beregningsperiode. I sammenlikning med å erstatte dagens bygg med nye, er utslipp fra riveprosess og avhending også medregnet.

Våre beregninger viser at oppgradering gir lavere klimagassutslipp enn å rive og oppføre et standard nybygg som oppfyller dagens forskriftsnivå (TEK17) for flertallet av bygningene i analysen (12 av 19 oppvarmede bygninger). For tre av de 12 bygningene hvor standard nybygg gir høyere utslipp enn oppgradering, vil det å rive og bygge nytt passivhus gi lavere utslipp enn oppgradering.

Det er til dels store variasjoner i beregnede utslipp, både på tvers av byggene og mellom scenarioene. Dette gjør det utfordrende å trekke brede konklusjoner om hvordan oppgradering påvirker livsløpsutslipp. Vår tilnærming til analysen har vært å hensynta alle de spesifikke forholdene som har betydning for hvert bygg. Dette skiller seg fra en del tidligere studier med samme tematikk, hvor man i større grad har sett på generelle, teoretiske tiltakspakker for oppgradering, og tatt utgangspunkt i at eldre bygg vil ha tilsvarende

energistandard. Vår analyse peker på at det er hensiktsmessig å se hvert enkelt bygg som et spesialtilfelle, og vurdere hvordan det enkelte byggets forutsetninger spiller inn for valg av energieffektiviseringstiltak.

Eldre bygg har høyt energibehov, og derfor er det viktigste grepet for å redusere utslipp å gjennomføre tiltak som reduserer energibruken. Våre beregninger viser at oppgradering reduserer energibruk med 41 % i snitt for de analyserte bygningene.

Bygningenes klimaprestasjon påvirkes både av oppvarmingsanleggets effektivitet og klimagassutslipp i omdanning av energi til varme. Installasjon av bergvarmepumpe peker seg derfor ut som et spesielt effektivt tiltak for å redusere energibruk og utslipp. Analysen peker på at det er utfordrende å oppnå redusert energibruk gjennom oppgradering av eldre kontorbygg og samtidig oppfylle dagens krav til innneklima. Utforming av kanalløp og sjakter i ventilasjonssystem påvirker behov for energi til viftedrift. Økt infiltrasjon i utette bygninger gir også lavere virkningsgrad for varmegjenvinner og økt behov for energi til oppvarming.

Energioppgradering av eldre bygg vil i de fleste tilfeller medføre en avveining mellom å oppnå en tilsvarende energistandard som i moderne bygg og å bevare byggets opprinnelige uttrykk. Vi har som utgangspunkt ikke anbefalt utvendig etterisolering av yttervegg, og resultatene viser at omfang av oppgraderingstiltak på bygningskroppen har stor betydning for energibruk og dermed utslipp. Materialene vi har lagt til grunn for rehabiliteringstiltak har svært lave klimagassutslipp i produksjonsfasen. Sammenliknet med å ikke gjennomføre noen tiltak, har oppgraderingstiltakene derfor umiddelbar reduserende effekt på utslipp (tilnærmet ingen tilbakebetalingstid).

Beregningene viser at det er større forskjell i utslipp mellom oppgradering og nåtilstand enn mellom oppgradering og nybygg, når man ser alle byggene under ett. Dette indikerer at klimagevinsten ved oppgradering er betydelig. Blant de byggene der oppgradering ikke gir lavere utslipp enn nybygg, ser vi eksempler på at oppgradering gir betydelig utslippsbesparelse, selv om man ikke kommer helt på høyden med et moderne bygg. Dette er spesielt relevant for bygg med høy kulturminneverdi, ettersom det ikke nødvendigvis er et reelt alternativ å rive og erstatte disse med nye. Vår analyse viser at kan være betydelige utslippsbesparelser å hente også gjennom skånsomme tiltak som ikke går på akkord med byggenes verneverdi.

Sammenligning av investeringskostnader for de ulike beregningsscenarioene viser at kostnaden ved oppgradering er lavere enn å oppføre et nytt bygg for 20 av de 24 byggene i analysen, og vesentlig lavere for 15 av 24 bygg. Beregning av tiltakskostnader, dvs. utslippskutt per krone investert, indikerer at oppgradering er mer kostnadseffektivt enn å bygge nytt, dersom målet er å redusere klimagassutslipp.

I analysen ser vi flere eksempler på at bruk standard beregningsfaktorer i energiberegninger er lite representative for bygningenes faktiske driftsstrategi. For å sørge for sammenlignbarhet med andre bygninger har vi valgt å følge NS 3031, men gjøre hensiktsmessige tilpasninger for å redusere unødvendig stor påvirkning på resultat av beregninger for klimagassutslipp for energibruk. For boligbygg har vi benyttet et tilpasset sett med beregningsfaktorer som gjenspeiler en nøysom energibruksadferd, som gjennom tidligere analyser har vist seg å gi et mer representativt bilde av faktisk energibruk i eldre boliger.

Vi har regnet utslipp fra elektrisitetsforbruk som gjenspeiler at Norge er en del av et integrert europeisk kraftmarked, og som legger til grunn at målet om nullutslipp fra elektrisitetsproduksjon i Europa innen 2050 nås. Vi har også vist resultater med andre utslippsfaktorer, som viser at konklusjonene er sterkt avhengige av denne forutsetningen. Dette indikerer at analyser som sammenlikner bevaring/oppgradering av eksisterende bygg med å rive og bygge nytt, bør være transparente mht. hvordan resultatene påvirkes av utslipp fra elektrisitet.



19 bygg

REDUSERER UTSLIPP VED
OPPGRADERING, SAMMENLIKNET
MED NÅTILSTAND



41%

REDUSERT ENERGIBRUK VED
OPPGRADERING I SNITT



10 300

TONN CO₂e SPART VED
OPPGRADERING AV 19 BYGG

Innhold

1. INNLEDNING.....	13
1.1. Om prosjektet	15
1.1.1. Objekter	15
1.2. Formål med analysen.....	19
1.2.1. Beregningsscenarioer	19
1.3. Tidligere analyser med samsvarende tematikk	19
1.3.1. Klimagassberegning av Villa Dammen	20
1.3.2. Områdeanalyse Vestfossen.....	21
1.3.3. Gjenbruk av enebolig som klimatiltak (Rambøll)	21
1.3.4. OPPtre	21
1.3.5. Analyse av CO ₂ -utslipp og totaløkonomi i renovering og nybygg (Danmark).....	22
1.4. Betydningen av brukeradferd for energibruk.....	23
1.5. Klimagassberegninger som beslutningsgrunnlag	27
2. METODE OG BEREKNINGSFORUTSETNINGER.....	29
2.1. Befaringer og datainnsamling.....	29
2.2. Kulturminneverdinger.....	29
2.2.1. Myndighetskrav og krav etter plan- og bygningsloven	30
2.3. Tiltaksvurderinger	31
2.3.1. Tiltaksplaner.....	31
2.4. Energiberegninger	32
2.4.1. Beregningsverktøy og inndata	32
2.4.2. Forutsetninger for kalde bygg	33
2.4.3. Energiberegninger for bygg i nåtilstand (Scenario A)	33
2.4.4. Energiberegninger for oppgraderte bygg (Scenario B)	33
2.4.5. Energiberegninger for nye bygg (Scenario C-E).....	34
2.5. Klimagassberegninger.....	34
2.5.1. Livsløpsmetodikk, systemgrenser og beregningsverktøy	34
2.5.2. Utslippsfaktorer for energibærere.....	37
2.5.3. Klimagassutslipp fra materialbruk.....	38
2.5.4. Oppsummering av forutsetninger for klimagassberegninger.....	41
2.6. Kostnadsberegninger.....	42
2.6.1. Beregningsmetodikk og datakilder	42
2.6.2. Kostnadsberegninger for oppgradering av objekter med tiltaksvurdering.....	42
2.6.3. Kostnadsberegninger for oppgradering av objekter med planlagte/gjennomførte tiltak	43
2.6.4. Kostnadsvurderinger for oppføring av nye bygg	43
3. VURDERING AV KULTURMINNEHENSYN OG TILTAKSANBEFALINGER FOR OBJEKTER	45
3.1. Kulturminnehensyn for objektene	45
3.2. Energioppgraderingstiltak i lys av kulturminnehensyn.....	45
3.2.1. Etterisolering	46
3.2.2. Utbedring/oppgradering av vinduer	50
3.2.3. Energiløsninger.....	51

3.2.4.	Styring av energibruk	52
3.3.	Oppsummering av tiltak	53
3.4.	Tilleggsvurderinger for Søndre Land Rådhus og Rekka i Våler	53
3.4.1.	Energiløsning for Søndre Land Rådhus	54
3.4.2.	Grad av oppgradering for Rekka i Våler	54
4.	PRESENTASJON AV RESULTATER	55
4.1.	Overordnede resultater	55
4.1.1.	Bidrag til utslipp fra materialbruk, riving og energibruk i drift	59
4.2.	Boligbygg	61
4.2.1.	Beregnet energibruk	61
4.2.2.	Bregnede klimagassutslipp	63
4.2.3.	Kostnader	64
4.3.	Næringsbygg	67
4.3.1.	Beregnet energibruk	67
4.3.2.	Bregnede klimagassutslipp	69
4.3.3.	Kostnader	71
4.4.	Bygg som er kalde i nåtilstand	74
4.4.1.	Beregnet energibruk i oppgradert bygg	75
4.4.2.	Bregnede klimagassutslipp	75
4.4.3.	Kostnader	77
4.5.	Tilbakebetalingstid for utslipp	77
4.6.	Tilleggsvurderinger for enkeltbygg	81
4.6.1.	Energiløsning for Søndre Land Rådhus	81
4.6.2.	Omfang av oppgradering for Rekka i Våler	83
4.7.	Følsomhetsvurderinger og usikkerhet	86
4.7.1.	Utslippsfaktorer for energibærere	86
4.7.2.	Vurdering av usikkerhet i beregnet energibruk	89
4.7.3.	Utslipp fra riving av eksisterende bygg	90
5.	HVA ER FORUTSETNINGENE FOR KLIMAVENNLIG OPPGRADERING AV ELDERE BYGNINGER?	91
5.1.	Betydning av energiløsning og ventilasjonssystem	91
5.1.1.	Installasjon av bergvarmepumpe	93
5.1.2.	Oppgradering av ventilasjonssystem	100
5.1.3.	Betydning av fjernvarme	103
5.2.	Omfang av tiltak på bygningskroppen	104
5.3.	Representativitet i energiberegninger og betydningen av energibruksadferd	107
5.3.1.	Temperatursoning	107
5.3.2.	Driftstider for oppvarming og ventilasjon	107
5.4.	Strategier for klimavennlig oppgradering av eldre bygg i tråd med kulturminnehensyn	108
5.4.1.	Kostnadseffektive energioppgraderingstiltak	109
5.4.2.	Utfordringer	111
5.4.3.	Oppgradering i tråd med kulturminnehensyn	112
5.5.	Tidsaspekt for klimatiltak og valg av beregningsperiode	112
5.6.	Overføringsverdi til andre områder	113

Vedlegg

INNHOLD

VEDLEGG 1	Nøkkelinformasjon, tiltaksbeskrivelse og detaljerte resultater per objekt for fullstendige case-studier
VEDLEGG 2	Nøkkelinformasjon og detaljerte resultater per bygg for objekter med planlagte/gjennomførte tiltak
VEDLEGG 3	Beregnete klimagassutslipp for alle bygg og scenarioer
VEDLEGG 4	Dokumentasjon av materialmengder i ny låve- og landbruksbygg
VEDLEGG 5	Beregningsparametere i Skjematisk Nøysom Beboer

Begrepsordbok

AVTREKKSVENTILASJON

Vifteassistert anlegg som trekker luft ut av bygningen. Bygningen blir tilført frisk luft via ventiler i yttervegg.

BALANSERT VENTILASJON MED VARMEGJENVINNING

To hovedkanaler med hver sin vifte, trekker ut og tilfører luft i tilnærmet like mengder og hastighet. Varmen fra brukt inneluft (avtrekksluft) overføres via varmeveksler til frisk uteluft (tilluft). Dermed reduseres behovet for å tilføre varme.

BEREGNET LEVERT ENERGI

Summen av energi levert brukt i bygningen for å dekke bygningens samlede energibehov, inkludert tap som skyldes virkningsgrad og ikke gjenvinnes. Beregnes vanligvis etter regler og normerte faktorer i NS 3031.

BEREGNET NETTO ENERGIBEHOV

Bygningens beregnede behov for energi for å dekke postene i bygningens energibudsjett. Beregnes vanligvis etter regler og normerte faktorer i NS 3031.

BIOGENT KARBON

Karbon som er bundet i trevirket, pga. opptak av CO₂ fra atmosfæren gjennom fotosyntesen ila. treets levetid

BTA

Bruksareal. Bruttoareal minus yttervegger.

CO₂-EKVIVALENTER (CO₂-ekv)

Måleenheten for klimapåvirkning.

DRIFTSTID

Den delen av en periode, vanligvis 1 døgn, der personbelastning og bruk av varme, kjøling, varmtvann, lys og teknisk utstyr har mest aktivitet.

EFFEKT

Energibehov per tidsenhet. Effekt måles i Watt, som er arbeid utført per sekund.

ELEKTRISITETSMIKS

Utslippsfaktor for elektrisitet som forutsetter en gitt sammensetning av hvilke energikilder som ligger til grunn for produksjon av elektrisitet innenfor et geografisk område

ENERGI

Effektbruk over tid, og måles i kiloWatt-timer (kWh). En 1000W panelovn (1 kW) bruker 1 kWh i løpet av 1 time.

ENERGIBUDSJETT

Oppstilling over de postene som krever energi i en bygning. Vanligvis er dette; oppvarming, varmtvann, kjøling, lys og teknisk utstyr.

EPD

Environmental Product Declaration, miljødeklarasjon for produkter.

DIREKTE KLIMAGASSUTSLIPP

(For et byggeprosjekt): Utslipp som forekommer på tomten enten i byggefasen eller i drift.

GWP

Global Warming Potential, det engelske begrepet for klimapåvirkning.

INDIREKTE KLIMAGASSUTSLIPP	(For et byggeprosjekt) Utslipp som skjer utenfor byggeplass, andre steder i verdikjeden for materialene og produktene som forbrukes i prosjektet.
INFILTRASJON	Luftlekkasjer gjennom bygningens klimaskall, utenom innretninger som sørger for ventilasjon.
KLIMAFOTAVTRYKK	Summen av direkte og indirekte klimagassutslipp.
KLIMAGASSUTSLIPP	Utslipp til luft av gasser som påvirker atmosfærens evne til å holde på varmen (drivhuseffekten) og dermed også påvirker klodens klima. Eksempler på slike gasser er karbondioksid (CO ₂), metan (CH ₄) og lystgass (N ₂ O).
KLIMASKJERM	De delene av bygningen som skiller oppvarmet BRA fra utvendig klima.
KULDEBRO	Deler av bygningens konstruksjon med høyere varmeledningsevne. Slike deler er gjerne helt eller delvis gjennomgående mellom oppvarmet BRA og det utvendige, eller soner med lavere temperatur.
LCA	Life Cycle Assessment, det engelske navnet på livsløpsvurdering.
LCC	Life Cycle Cost, det engelske navnet på levetidskostnad.
LEVETIDSKOSTNAD	Det norske navnet på LCC.
LIVSLØPSFASER	De ulike fasene i livsløpet til et produkt eller en tjeneste; for eksempel produksjonsfase, bruksfase og avhendingsfase.
LIVSLØPSVURDERING	Metodikk for å beregne miljøpåvirkning over livsløpet til et produkt eller en tjeneste. Det norske navnet på LCA.
LLVP	Luft-luft varmepumpe
LVVP	Luft-vann varmepumpe
MILJØDEKLARASJON	En miljødeklarasjon (EPD på engelsk), er et tredjepartsverifisert dokument som oppsummerer miljøbelastning og ressursforbruk gjennom hele produktets livsløp. Se EPD.
NATURLIG VENTILASJON	Luftutskifting i bygning besørges av naturlige drivkrefter. Primært oppdrift ved at varm luft stiger opp, og trykkforskjeller inne og ute på grunn av vindpåvirkning.
NS 3700	Kriterier for passivhus og lavenergibygnings

NS3701	Norsk passivhusstandard for yrkesbygninger
NS3720	Norsk standard for klimagassberegninger av bygninger
NS3031	Norsk standard for beregning av energibruk i bygninger
OPPVARMET BRA	Den delen av bruksarealet som tilføres varme eller kjøling fra bygningens varme- eller kjøleanlegg
REFERANSEBYGG	Referansenivå for bygg – Et nullscenario der man hadde oppført bygget med standard løsninger uten spesielle hensyn til klima.
REFERANSENIVÅ	Et nullscenario/gjennomsnittlig nivå av klimagassutslipp forbundet med en aktivitet/prosjekt som legges til grunn for å vurdere måloppnåelse.
SKJEMATISK NØYSOM BEBOER	Faktorsett for energiberegninger utviklet i regi av Husbanken. Det gir alternative faktorer til NS 3031 til bruk i energiberegninger, som tilnærmer seg forventet adferd i eldre boliger.
SPESIFIKT ENERGIBEHOV	Netto energibehov, eventuelt levert energi, fordelt på oppvarmet BRA (kWh/m ²).
SYSTEMGRENSER	Avgrensninger i tid og rom som legges til grunn for en klimagassberegning.
TEK17	Byggteknisk forskrift som trådte i kraft 1. juli 2017
UTSLIPPSFAKTOR	Beregningsfaktor for klimagassutslipp knyttet til en bestemt materialtype eller prosess. Angis i kg CO ₂ -ekvivalenter per enhet.
VARMEANLEGG	Et system av en eller flere varmekilder som kan inkludere varmegenerering, lagring, fordeling og avgivelse.
VARMETAPSTALL	Beregnet varmeeffekt-tap gjennom et element i klimaskallet delt på oppvarmet BRA. Kan også beregnes for infiltrasjon og ventilasjon, men da med hensyn på volum.
VVVP	Væske-vann varmepumpe
U-VERDI	Mål på hvor mye varmeeffekt som går gjennom 1 m ² av et element i klimaskallet ved 1 grads forskjell i lufttemperaturen på hver side.

1. Innledning

Regjeringen har satt som mål at utslippet av klimagasser i 2030 skal reduseres med 50 - 55 prosent sammenliknet med referanseåret 1990. For å få til dette må bygge- og anleggssektoren bidra til å redusere klimagassutslipp fra byggevarer, som i dag utgjør over 80 prosent av sektorens utslipp¹. FNs klimapanel (IPCC) peker på at en stor andel av dagens bygningsmasse også vil eksistere i 2050². Rehabilitering og oppgradering av eksisterende bygningsmasse vil derfor være viktige bidrag for å redusere klimagassutslipp.

Klimagassreduksjon fra bygg- og eiendomssektoren har stor betydning for at Norge skal nå sine klimamål, gjennom reduksjon av direkte utslipp fra byggefasen, reduksjon av energibruk i drift, og reduksjon av indirekte utslipp fra forbruk av byggematerialer. Tall fra SSB³ viser at byggeaktiviteten, med nybygg, rehabilitering og riving, stod for en fjerdedel av alt avfall i Norge i 2018. Ifølge Circularity Gap Report Norway 2020⁴, er den norske økonomien kun 2.4 % sirkulær. I rapporten beskrives bygg- og anlegg som den sektoren med størst forbruk av råmaterialer, 24.8 % av den nasjonale totalen. BAE-sektoren står også for 20 % av avfallsproduksjonen, hvorav kun 28.8 % blir gjenvunnet. Rapporten fra Circularity Gap Norway peker på ombruk og levetidsforlengende tiltak som de viktigste grepene for å redusere byggenæringens klima- og ressursforbruk.

Økt bevissthet rundt klimapåvirkning fra bygningsmassen og stadig strengere krav til energieffektivitet i lover og regelverk har gitt mer energieffektive bygg. Derfor har byggematerialene fått større betydning for byggenes totale miljøpåvirkning, og den relative andelen av totale utslipp er økende. En ny rapport fra forskningssektoren Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities (www.fmezen.no) viser at norske bygninger med høy energieffektivitet har en høy andel av klimagassutslipp fra materialbruk, hvorav ca. 65% kommer fra bygningskroppen⁵.

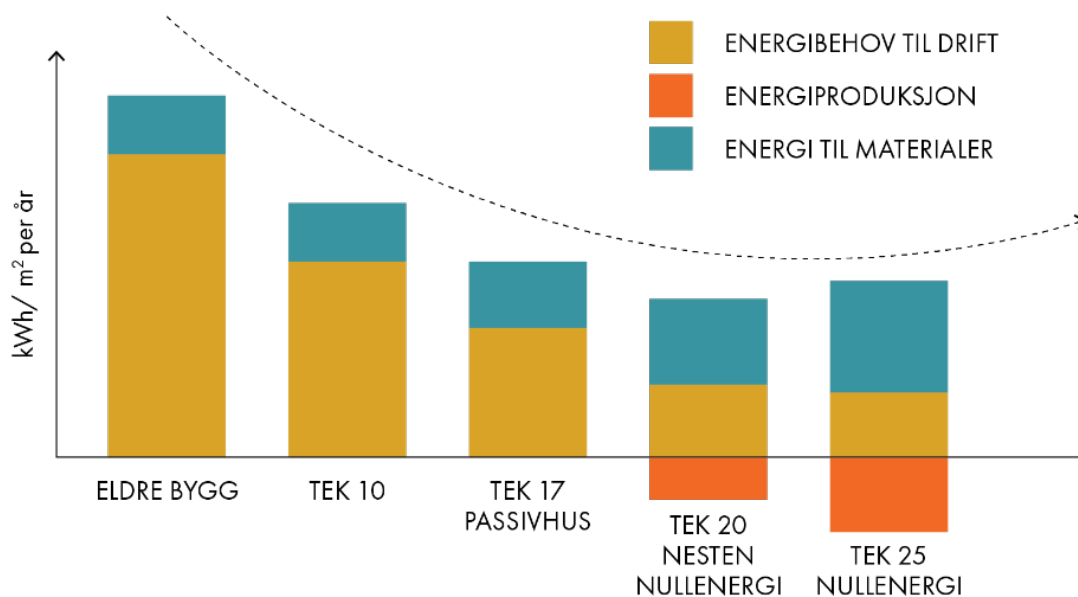
¹ <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-16-20192020/id2697781/?ch=5>

² FNs klimapanel (IPCC) femte hovedrapport, AR5, 2014, s. 690.

³ <https://www.ssb.no/avfbyggnal>

⁴ https://de312f73-4ba4-4a83-b0e6-01dc20f54c34.filesusr.com/ugd/8853d3_10c82f55af6945859552f6674ee0a5bc.pdf

⁵ https://fmezen.no/wp-content/uploads/2020/05/ZEN-Report-no-24_Klimagasskrav-til-materialbruk-i-bygninger.pdf



Figur 1-1 Utvikling i energibehov til drift av bygg og produksjon av byggematerialer, samt egenproduksjon, i takt med stadig strengere forskriftskrav. Kilde: Inger Andresen/FME ZEN

I tillegg til at klimagassutslipp forbundet med materialbruk har fått større relativ betydning for energieffektive bygninger, kan energioppgraderingstiltak også føre til at de absolutte klimagassutslippene fra materialbruk øker, fordi man trenger mer byggematerialer for å oppføre energieffektive bygg. For å gjøre helhetlige vurderinger av klimaeffekten av å bygge og oppgradere, er det derfor nødvendig å se klimagassutslipp fra energibruk og materialbruk i sammenheng.

EU-kommisjonen påpeker at 75 % av dagens bygningsmasse i EU er lite energieffektiv⁶. I EU-rapporten 'The Renovation Wave Strategy', vises det til at såkalt 'deep energy renovation' kan redusere energibruken med 60%. EU-kommisjonens målsetning er at 35 millioner bygg skal energi-oppgraderes innen 2030, og varsler at de vil innføre minimumskrav til energieffektivitet også for eksisterende bygg som en del av revidert bygningsenergidirektiv (EPBD) i 2021⁷.

Med tanke på at det meste av verdens bygningsmasse i 2050 allerede eksisterer i dag, vil rehabilitering og adaptiv gjenbruk av eksisterende bygninger være et avgjørende bidrag til en bærekraftig framtid. Potensialet for energibesparelse ved oppgradering av eksisterende bygninger i Norge er betydelig. Wrålsen m.fl. (2018)⁸ peker på at det er mulig å omtrent halvere energiforbruket ved å oppgradere leilighetsbygninger til dagens standard (TEK17-nivå). Dette omfatter ca. 23% av den totale bygningsmassen i Norge.

Regjeringen ønsker å fremme bruk, ombruk, gjenbruk og transformasjon av historiske bygninger og bygningsmiljøer, og det ligger et stort potensial for energieffektivisering av bevaringsverdige bygninger på

⁶ <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmli/bitstream/handle/11250/2719890/SFag%2b68.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

⁷ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/eu_renovation_wave_strategy.pdf

⁸ Wrålsen, B., O'Born, R. & Skaar, C. (2018). Life cycle assessment of an ambitious renovation of a Norwegian apartment building to nZEB standard
https://www.researchgate.net/publication/326781463_Life_Cycle_Assessment_of_an_Ambitious_Renovation_of_a_Norwegian_Apartment_Building_to_nZEB_Standard

husets premisser. Stortingsmelding 13 (2020-2021) klimaplan for 2021-2030 påpeker at arbeidet for å bremse klimaendringene er en stor utfordring, men innebærer også en stor mulighet for å skape et enda bedre Norge. Bruk, ombruk, gjenbruk og transformasjon kan bidra til at kulturhistoriske verdier ivaretas og kulturmiljøer vitaliseres. Eldre bygninger gir kunnskap om historisk utvikling, tilgang til og bruk av ressurser og eldre byggemåter. Eldre bygninger er også identitetsskapere som bidrar til å gi steder særpreg og karakter. Stortingsmelding 16 (2019–2020) «Nye mål i kulturmiljøpolitikken» påpeker at det er viktig og nødvendig at forvaltningen av kulturmiljø ses som en integrert del av klima- og miljøforvaltningen. Miljøverndepartementets utredning «Tilpasning til eit klima i endring»⁹ peker på at eldre, bevaringsverdige bygninger utgjør en betydelig del av bygningsmassen i Norge. Både Parisavtalen, FNs bærekraftsmål (SDG) og EUs bygningsenergidirektiv gir spesifikk anerkjennelse av kulturarvenes rolle ved gjennomføring av tiltak for utslippsbegrensning og klimatilpasning¹⁰.

1.1. Om prosjektet

Fylkestinget i Oppland vedtok i juni 2016 regional planstrategi for Oppland 2016 – 2020 med mål om at fylket skal være klimanøytralt innen 2025. Det sies videre i den vedtatte planstrategien: Oppland skal bidra til å nå det nasjonale målet om å redusere utslippene med 30 prosent innen 2020 i forhold til nivået i 1990. Gjennom Regional plan for klima og energi for Oppland 2013-2024 skal fylkeskommunen være en pådriver for hele Innlandet fylke.

For å utforske hvorvidt og hvordan de ambisiøse klimamålene samsvarer med mål om vern av kulturhistorisk og vernet bebyggelse, og således hvordan bygningsvern kan fungere som et klimatiltak, har Asplan Viak og Energibbygg AS gjennomført en omfattende studie av klimagassutslipp for 26 objekter i Innlandet. Oppdraget er en del av prosjektet «Bevar bygg – bevar klima», som skal bidra til en klimanøytral lokalsamfunnsutvikling i Innlandet der bygninger og bygningsmiljøer gis varig liv, økt bruksverdi og lavere energibruk gjennom ulike tiltak.

Formålet med studien er å bidra til kunnskapsgrunnlaget som er nødvendig for å kunne gjøre beregninger av den samlede regionale effekten av bygningsvern som klimatiltak. En kjerneoppgave i oppdraget har vært å skissere kostnadseffektive oppgraderingstiltak for objektene. Dette forstår vi som å identifisere skånsomme og hensiktsmessige tiltak som gir energi- og klimagevinst, uten at det går på akkord med bevaringsverdi for det enkelte bygg.

Anbefalinger om tiltak har blitt gjort i dialog med hver enkelt byggeier, og nytteverdi for byggeierne har vært en sentral del av oppdraget. Samtidig har det vært viktig å kunne peke på overføringsverdi fra vurderingene til andre prosjekter/områder/bygg. Dette har krevd at analysen både er spesifikk og generell.

1.1.1. Objekter

I den opprinnelige utlysningen av oppdraget inngikk totalt 20 objekter, fordelt på 8 objekter hvor oppgraderingstiltak allerede var planlagt eller gjennomført, og 12 objekter hvor prosjektgruppen fikk i oppgave å anbefale og vurdere oppgraderingstiltak. Ett av objektene, Sygard Svare i Vågå, har siden oppstart utgått som objekt i studien, mens 3 bygg har blitt tatt inn i analysen: oppgradert stabbur på Grøna; steinfjøs på Steig Gård; bankbygget på Heggenes. Det sistnevnte bygget inngikk i en analyse Asplan Viak og Energibbygg AS gjennomførte i et oppdrag for Øystre Slidre kommune, parallelt med

⁹ <https://www.regjeringen.no/contentassets/01c4638b3f3e4573929f3b375f4731e0/nn-no/pdfs/nou201020100010000dddpdfs.pdf>

¹⁰ ICOMOS Climate Change and Cultural Heritage Working Group. (2019). The Future of Our Pasts: Engaging Cultural Heritage in Climate Action, July 1 2019. Paris: ICOMOS.

oppdraget for Innlandet, og som det ble vurdert som hensiktsmessig å ta inn som objekt også i denne analysen.

Totalt inngår 24 bygninger, hvorav 9 boligbygg, 5 bygg som helt eller delvis benyttes til kontorvirksomhet, 4 låver/fjøs, 2 forretnings-/industribygg og ett pensjonat. En oversikt over objektene er vist i Tabell 1-1:

Tabell 1-1 Oversikt over objektene som inngår i analysen

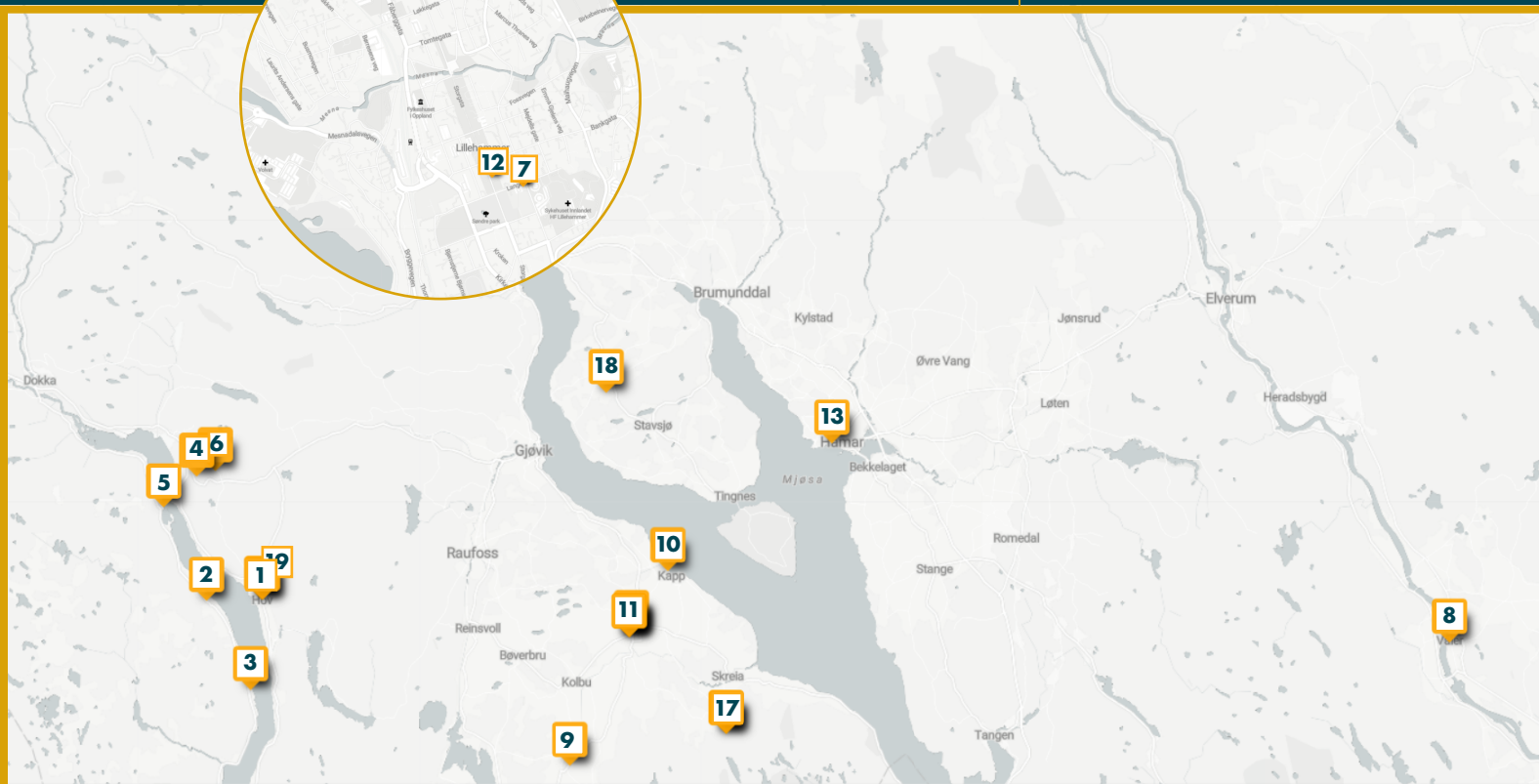
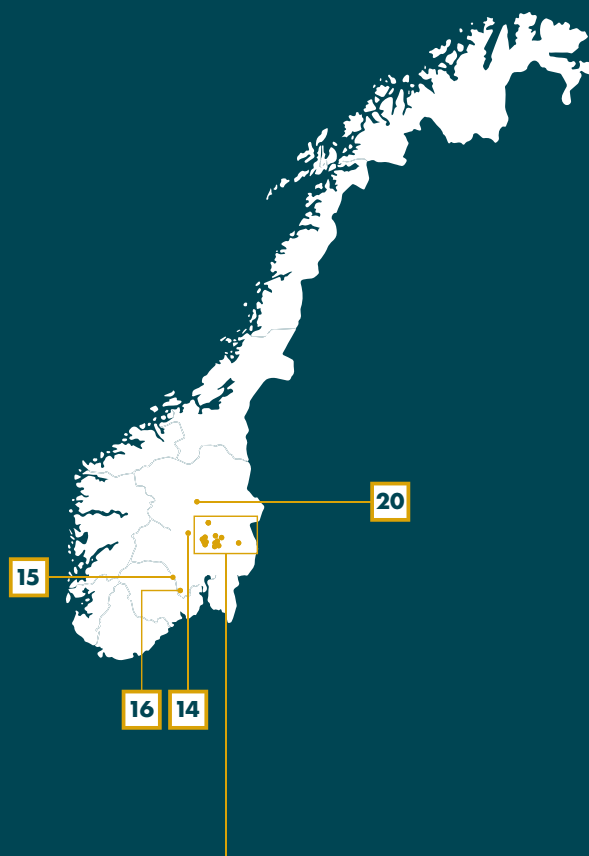
OBJEKTER FOR SKISSERING AV OPPGRADERINGSTILTAK			
Objekt	Type bygning	Bruksareal (m ² BRA)	Byggeår
Søndre Land Rådhus	Rådhus/kontor/kulturbygg	5774	1966
Vestsidevegen 1126	Bolig	161	ca. 1930
Ringelien gård	Kårhus (bolig)	504	1950
Granum gård	Pensjonat	881	1933
Setton gård	Sommerfjøs	193	Ca 1890
Nerby gård	Våningshus (bolig)	647	1600/1700-t og tidlig 1900-tall. Oppgradert 1986-88
Anders Sandvigs gate 30	Ikke i bruk, vurderes tatt i bruk som kontor	398	Mellom 1900-1013
«Rekka» i Våler	Eneboliger i kjede	139	1959
Toten Montessorriskole	Skole	567	1890/1907
Kontorbygningen på Melkefabrikken på Kapp	Kontor	615	1912
Lena Videregående skole: Gamle Snekkerverkstedet	Skolebygg	511	1921-1927
Lena Videregående skole: Raudlåven	Låvebygg/Kaldt lager	170	1921-1927
Lena Videregående skole: Gamlesmia	Skolebygg	236	1927
Uthus/sidebygning til Storgata 35, Lillehammer	Forretning/sykkelverksted	130	Ca 1890
Bankbygget på Heggenes	Kontorbygg	1302	1968/1985
OBJEKTER MED ALLEREDE PLANLAGTE/GJENNOMFØRTE TILTAK			
Objekt	Type bygning	Bruksareal (m ² BRA)	Byggeår
Melkefabrikken på Hamar	Kontor	5861	1875
Breie i Etnedal	Bolig	328	1923-25
Jorderik i Lillehammer	Bolig	300	Mellom 1725-50
Hytte/gjenbruksprosjekt med materialer fra rivingshus i Gran	Bolig	123	Før 1825

Grøna i Østre Toten, hovedbygg	Bolig	512	1700-tallet
Grøna i Østre Toten, stabbur	Bolig	94	1800-tallet
Enhetslåven på Blak Holo i Ringsaker	Låve	526	Tidlig 1900-tall
Søndre Land Næringshage	Industri/lager, kontor	5774	1960-tallet
Steinfjøs på Steig gård i Sør-Fron	Fjøs	567	1760-68

Et kart som viser beliggenhet for de ulike objektene er vist på neste side.

BYGNINGENES BELIGGENHET

- 1 Søndre Land Rådhus
- 2 Vestsidevegen 1126
- 3 Ringelien Gård
- 4 Granum Gård
- 5 Setton Gård
- 6 Nerby gård
- 7 Anders Sandvigsgt. 30
- 8 Rekka i Våler
- 9 Toten Montessorriskole
- 10 Kontorbygningen på Melkefabrikken på Kapp
- 11 Lena VGS: Gamlesmia
Lena VGS: Raudlåven
Lena VGS: Gamle Snekkerverkstedet
- 12 Storgata 35
- 13 Melkefabrikken på Hamar
- 14 Breie
- 15 Jorderik
- 16 Hytte/gjenbruksprosjekt på Gran
- 17 Grøna hovedbygg
Grøna stabbur
- 18 Blak Holo
- 19 Søndre Land Næringshage
- 20 Steig Gård
- 21 Bankbygget på Heggenes



1.2. Formål med analysen

Analysens overordnede formål er å vurdere klimakonsekvensene av kostnadseffektiv, hensiktsmessig energioppgradering av bygningene, sammenliknet med fortsatt drift i nåtilstand, og med å erstatte de eksisterende bygningene med nye.

Et grunnleggende spørsmål vi ønsker å finne svar på er:

Når er bevaring og oppgradering av eldre bygg ikke bare et kulturminnetiltak, men også et klimatiltak?

For å finne svar på dette, har vi forsøkt å belyse problemstillinger knyttet til praktisk oppgradering med formål om å redusere utslipp, og identifisere strategier som gir en mest mulig klimavennlig oppgradering av eldre bygg. I tillegg har vi lagt vekt på å vurdere hvordan valg av metodikk og beregningspraksis påvirker utfallet av denne typen analyser.

Vi har forholdt oss til kulturminnehensynet både som et premiss for analysen, i form av hvilke tiltak som er anbefalt, men også en ramme for drøfting. Dette betyr imidlertid ikke at analysen er rigget for å favorisere oppgradering fremfor å rive og bygge nytt, og vi har så langt det er mulig etterstrebet å legge til grunn nøytrale beregningsforutsetninger. Klimagassanalysen er i seg selv en ren kvantitativ vurdering med fem ulike scenarioer, der kun oppgraderingsscenarioet omfatter kulturminnehensyn.

1.2.1. Beregningsscenarioer

Vi har beregnet klimagassutslipp for følgende scenarioer:

Scenario A Bygning i nåtilstand, uten oppgraderingstiltak

Scenario B Oppgradering med anbefalte energioppgraderingstiltak

Scenario C Erstatte eksisterende bygg med nytt bygg iht. forskriftsnivå (TEK 17)

Scenario D Rive eksisterende bygg og oppføre nytt bygg iht. forskriftsnivå (TEK 17) med spesiell vekt på klimavennlige byggematerialer

Scenario E Rive eksisterende bygg og oppføre nytt bygg iht. Passivhusnivå



Figur 1-2 Beregningsscenarioer

1.3. Tidligere analyser med samsvarende tematikk

Et tradisjonelt litteratursøk har ikke vært en del av oppdraget, men vi presenterer overordnede funn fra tilsvarende studier vi mener er relevante å trekke frem. SINTEF-rapporten «Grønt er ikke bare en farge: Bærekraftige bygninger eksisterer allerede», skrevet på oppdrag for Riksantikvaren og publisert i

desember 2020¹¹, presenterer en systematisk kartlegging og metaanalyse av livssyklusanalyser ved rehabilitering og oppgradering av eksisterende bygninger. For en komplett oversikt over utførte analyser frem til 2020, viser vi derfor til denne.

SINTEF-rapporten har gjennomgått 12 livsløpsvurderinger av norske bygg gjennomført i perioden 2016-2020 (herunder analysen av Villa Dammen, utført av Asplan Viak – se kapittel 1.3.1), og i tillegg sammenliknet resultatene fra disse analysene med en rekke internasjonale studier. Gjennomgangen viser at klimagassreduksjoner for eksisterende bygninger hovedsakelig skyldes at man, ved å beholde eksisterende materialer, unngår utslippene fra bruk av materialer til en ny bygning, generering av avfall ved rivning og oppføring av ny bygning, og andre utslipp fra transport og energi knyttet til oppføringen av en ny bygning. De norske casestudiene som er gjennomgått i studien viser at klimagassutslipp knyttet til materialbruk i oppgraderte eksisterende bygninger kun utgjør rundt en tredjedel av tilsvarende utslipp ved nybygging.

Studien peker på at for nye bygninger vil det ta tiår før fordelene av lavere årlige utslipp knyttet til energibruk i drift utlikner belastningene av de høye utslippene knyttet til oppføringen av dem. Funn i i de internasjonale studiene som ble gjennomgått, støtter at rehabilitering er bedre enn nybygg i en 30-årshorisont mot 2050, siden det kan ta fra 10 til 80 år før et nybygg utlikner klimagassutslippet som kom i byggeprosessen (i år 0). Forfatterne av studien mener derfor at man kan konkludere med at rehabilitering av eksisterende bygninger vil være miljømessig fordelaktig på kort og mellomlang sikt, sett fra et miljømessig perspektiv.

1.3.1. Klimagassberegning av Villa Dammen

I 2016 gjennomførte Asplan Viak en analyse¹² av eneboligen Villa Dammen, oppført i 1936 og oppgradert i 2014/15, på oppdrag fra Riksantikvaren. Analysen vurderte klimapåvirkning som følge av oppgraderingen, og sammenliknet dette med scenarioer uten oppgradering, samt å rive bygget og erstatte det med et nytt boligbygg iht. dagens standard. Dette samsvarer i stor grad med problemstillingene som vurderes i denne rapporten, og vi vil derfor trekke på erfaringene fra analysen av Villa Dammen både som datagrunnlag og som kontekst for å drøfte beregningsresultater.

Analysen viste at skånsomme energioppgraderingstiltak ga stor reduksjon i klimagassutslipp fra energibruk uten å gi høye utslipp fra materialbruk, og beregningene viste en tilbakebetalingstid for utslipp til oppgraderingen av Villa Dammen på kun et halvt år. Sammenliknet med å rive Villa Dammen og oppføre et nytt standard energieffektivt bygg, ga oppgradering kun 8 % høyere klimagassutslipp over 60 års analyseperiode. Tilbakebetalingstiden for utslipp fra oppføring av nybygget ble beregnet til rundt 50 år.

Forutsetningene som lå til grunn for beregning av årlig energibruk i drift hadde stor innvirkning på analyseresultatene. Energiberegninger basert på inndata som reflekterer beboere med en mer nøysom energibruksatferd og aktiv bruk av temperatursoning, ga vesentlig lavere beregnet energibruk for Villa Dammen enn standard energiberegninger iht. NS 3031. Målte forbrukstall for husholdningens energibruk lå enda lavere enn energiberegningene tilpasset nøysom atferd, og indikerer at energibruk som er lagt til grunn i analysen ikke er underestimert. Dette viser også at man hadde valgt gode og tilpassede løsninger i oppgraderingsprosessen som gjør det mulig å opprettholde god inneklima med lavt energibruk. Dersom faktisk energibruk hadde blitt lagt til grunn for utslippsberegningene, ville beregningsscenarioet for oppgradert bygg gi lavere levetidsutslipp enn et standardbygg oppført iht. dagens forskriftskrav. Dette

¹¹ <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmliui/bitstream/handle/11250/2719890/SFag%2b68.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

¹² Klimagassberegninger for Villa Dammen (Asplan Viak, 2016)
https://www.byggogbevar.no/media/6381/klimagassberegninger_villa_dammen.pdf

indikerer at skånsom oppgradering, nøye valgte energiltak og veiledning i energibesparende atferd, vil være svært gode klimatiltak i eldre bygg.

1.3.2. Områdeanalyse Vestfossen

Problemstillinger og metodikk fra analysen av Villa Dammen ble videreført i en analyse av alternative scenarioer for områdeutvikling i Vestfossen i 2020, der Asplan Viak og Energibbygg så på tilsvarende scenarioer, men på områdenivå. Formålet med oppdraget var å identifisere mulige tiltak for energioppgradering for bebyggelsen i Vestfossen, og vurdere hvilken effekt det vil ha på klimagassutslipp knyttet til bygningsmassen over livsløpet dersom de gjennomføres. Klimaeffekten av oppgradering er vurdert både sammenliknet med fortsatt drift i dagens tilstand, og sammenliknet med å erstatte dagens bygninger med nye. Klimagassberegningene omfatter energibruk i drift og materialbruk i til oppgradering og rehabilitering, oppføring av nybygg, samt til forventet vedlikehold over beregningsperioden. Klimagassberegninger ble utført i tråd med Norsk standard for klimagassberegninger av bygninger, NS 3720, ved bruk av Asplan Viaks metodeverktøy for klimagassberegninger av bygninger, ByggLCA, og områder, OmrådeLCA. Energiberegninger ble gjennomført av Energibbygg AS, ved bruk av EnergiPortalen.

Tiltakene som ble lagt til grunn i oppgraderingsscenarioet representerte en relativt omfattende oppgradering av bygningenes klimaskall, men med bruk av moderate materialmengder og materialer med relativt lave klimafotavtrykk. Analysen viser at en slik oppgraderingsstrategi vil være det mest klimavennlige scenarioet for bygningene vi har vurdert. Dette gjelder både sammenliknet med fortsatt drift i dagens tilstand, og sammenliknet med å rive og bygge nytt, også dersom den nye bygningsmassen har bedre arealutnyttelse enn den eksisterende.

Beregnete utslipp fra oppgradering av eksisterende bygningsmasse var 36 % lavere over beregningsperioden på 60 år, sammenliknet med å la bygningene stå uten energioppgraderingstiltak. Å rive og erstatte eksisterende bygningsmasse med nye bygg med samme arealeffektivitet ga 13 % høyere klimagassutslipp enn oppgradering. Dersom nye bygg hadde høyere arealeffektivitet enn de de erstattet, viste beregningene at oppgradering fortsatt førte til 11 % lavere utslipp enn nybygg.

Konklusjonen ble funnet å ha sammenheng med at bygningsmassen i Vestfossen i hovedsak består av trebygg, som er relativt enkle å energioppgradere gjennom relativt lite inngripende tiltak, for eksempel sammenliknet med murbygg.

1.3.3. Gjenbruk av enebolig som klimatiltak (Rambøll)

En analyse¹³ fra 2020 utført av Rambøll på oppdrag for Innlandet fylkeskommune sammenliknet klimagassutslipp fra å rehabilitere en eksisterende enebolig til TEK 17-standard med å oppføre en ny bolig, basert på beregninger av predefinerte modellbygg i verktøyet One Click LCA. Analysen konkluderte med at utslipp fra materialbruk over livsløpet var 61 % lavere ved rehabilitering til TEK 17-standard enn for en ny enebolig, men energibruk i drift var ikke vurdert.

1.3.4. OPPtre

Forskningsprosjektet «Energioppgradering av småhus i tre» til nesten nullenerginivå (OPPTRE)¹⁴ går fra 2018 til 2021 og er ledet av SINTEF Byggforsk i samarbeid med NTNU. Prosjektet er finansiert av Norges Forskningsråd og partnerne Systemhus, Mesterhus, Ratio Arkitekter, Hunton, Velux, Isola, Flexit, Enova, Innlandet fylkeskommune og DiBK. Målet for OPPTRE er å foreslå et nivå for renovering av småhus i tre til

¹³ <https://innlandetfylke.no/f/p1/icc04df18-2352-4fc8-bfc3-b8021977928c/gjenbruk-av-enebolig-som-klimatiltak.pdf>

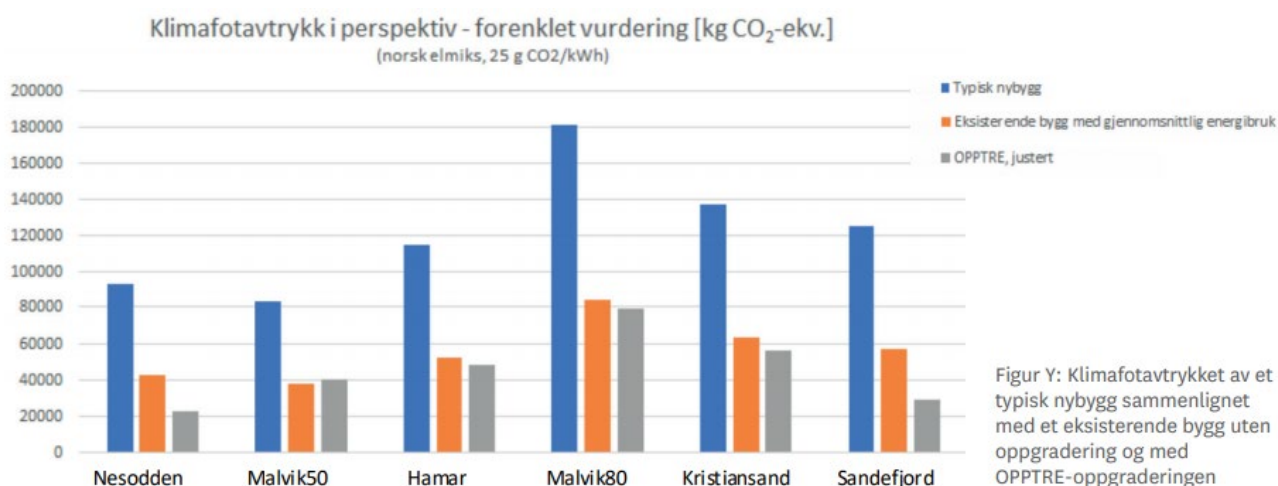
¹⁴ <https://opptre.no/>

nesten nullenergibygg, og gi grunnlag for nye forretningsmodeller, byggeregler og incentiver som kan føre til markedsendring for energioppgradering av boliger på nZEB-nivå fram mot 2030.

Gjennom OPPTRE-prosjektet ble det gjennomført en begrenset arkitektkonkurranse for oppgradering av seks utvalgte boliger som representerer hustyper som det er bygget mange av i perioden 1950 til 1990, og som har behov for omfattende renovering og oppgradering. Blant en rekke bedømmelseskriterier ble det vektlagt lavt klimafotavtrykk for materialbruk, rivning, utskifting og gjenbruk.

Det ble gjennomført klimagassberegninger for alle byggene i et 60-års perspektiv¹⁵. Norsk elektrisitetsmiks (25 g CO₂e/kWh) ble lagt til grunn for beregningene. Klimafotavtrykket ble beregnet for materialbruk (livsløpsmoduler A1-A4 og B4) og energibruk i drift (livsløpsmodul B6), med et beregningsverktøy som var spesialutviklet for prosjektet. En sammenlikning av beregnede klimagassutslipp for hvert bygg med utslipp fra energibruk for fortsatt drift i dagens tilstand, og med forenklete beregninger for et typisk nybygg (ekskludert utskifting av materialer) viser at alle oppgraderingene kommer bedre ut enn nybygg. Det påpekes imidlertid at kvaliteten på de eldre boligene er svært forskjellig fra de oppgraderte boligene.

Beregningsverktøyet som ble benyttet i analysen la til grunn norsk produksjonsmiks for utslipp fra strøm, som har svært lavt klimafotavtrykk per kWh (25 g CO₂-ekv./kWh). Dette er ikke i tråd med Norsk Standard for klimagassberegninger for bygninger (NS 3720), som angir at beregninger skal gjøres for minst to scenarioer for utslipp fra strøm.



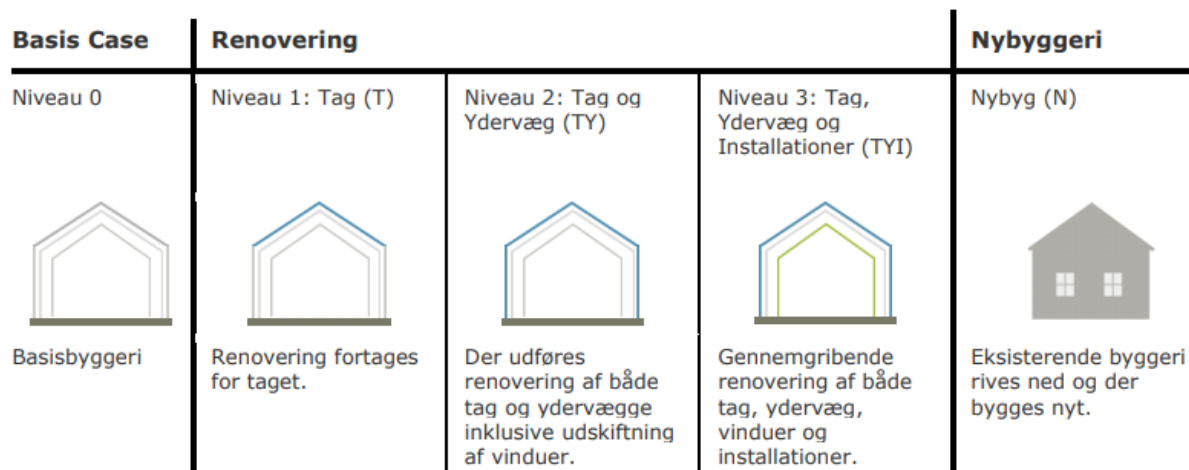
Figur 1-3 Beregnet klimafotavtrykk for de seks byggene som var med i OPPTRE, sammenliknet med et typisk nybygg og eksisterende bygg med gjennomsnittlig energibruk. Kilde: <https://www.arkitektur.no/historien-min-og-en-pluss-en-er-tre-vant-opptre?iid=557523&pid=NAL-Article-Files.Native-InnerFile-File&attach=1>

1.3.5. Analyse av CO₂-utslipp og totaløkonomi i renovering og nybygg (Danmark)

En dansk studie fra 2021¹⁶, gjennomført av Rambøll på oppdrag fra det danske byggebransjesamarbeidet Renovering på Dagsordenen, sammenlikner ulike oppgraderingsscenarioer for 16 casebygninger av ulik bygningstype. Studien benytter seg av faktiske danske bygninger som utgangspunkt, men legger de samme (teoretiske) oppgraderingstiltakene til grunn for alle bygg, fordelt på 3 tiltakspakker, som vist i Figur 1-4:

¹⁵ <https://www.arkitektur.no/historien-min-og-en-pluss-en-er-tre-vant-opptre?iid=557523&pid=NAL-Article-Files.Native-InnerFile-File&attach=1>

¹⁶ <http://historiskehuse.dk/wp-content/uploads/2021/01/Komparativ-analyse-af-CO2udledning-og-totaloekonomi-i-renovering-og-nybyg-3.pdf>



Figur 1-4 Beregningsscenarioer i studie av oppgradering av 16 case-bygg i Danmark. Kilde: Rambøll (2021)

Analysen vurderer klimagassutslipp og livssyklus kostnader, hhv. ved bruk av de danske åpent tilgjengelige verktøyene LCAByg og LCCBygg, over en 50 års analyseperiode. Beregningene omfatter materialbruk til oppgradering og nybygg (inkludert utskifting av materialer med kortere levetid enn 50 år, men ekskludert transport av materialer til byggeplass), energibruk i drift, og avhending av byggene ved endt levetid. Utslipp for oppgraderte bygg er sammenliknet med medianverdi for utslipp fra nybygg i Danmark¹⁷. Sammenlikningen mot nybygg inkluderer derfor ikke riving av eksisterende bygningsmasse. Energibruk er beregnet med forutsetning om at byggenes tekniske standard tilsvarer oppføring på 1970-tallet. Selv om analysen tar utgangspunkt i eksisterende bygninger er det altså gjort betydelige metodiske tilpasninger, i den hensikt å gi et likest mulig utgangspunkt for analysen, heller enn å vurdere de spesifikke forholdene for hvert bygg.

For samtlige av de 16 case-bygningene gir oppgradering totalt sett både lavest utslipp og livssyklus kostnader. Denne konklusjonen er imidlertid sterkt avhengig av utslipp fra elektrisitetsforbruk, som er forutsatt å tilsvare dansk elektrisitetsmiks (65 g CO₂e/kWh i snitt over 50 års beregningsperiode, som bygger på en forutsetning om at man i 2020 har et utslipp fra elektrisitet i Danmark på 264 g CO₂e/kWh). Ettersom Danmark, som Norge, er en del av et integrert europeisk kraftmarked, er dette en forutsetning med høy usikkerhet. Rapporten presenterer en følsomhetsvurdering som viser at nybygg vil gi lavere levetidsutslipp dersom man legger til grunn at utslipp fra strøm tilsvarer dagens nivå (dvs. tilsvarer utslipp fra strøm per 2020 gjennom hele analyseperioden, ikke fremskrevet mot null i 2050). Resultater er imidlertid kun gitt for ett bygg, og ikke problematisert ytterligere.

Det er den mest omfattende tiltakspakken (oppgradering av tak, yttervegg, vinduer og tekniske installasjoner) som gir lavest levetidsutslipp i flest tilfeller (13 av 16 bygg). Studien indikerer imidlertid at det kan ta lang tid før nybyggsscenarioet blir mer klimavennlig enn det minst omfattende oppgraderingsscenarioet (resultater er kun vist for 2 case, der tilbakebetalingstiden for nybygg, sammenliknet med det enkleste oppgraderingsscenarioet, er ca. 10 og ca. 30 år).

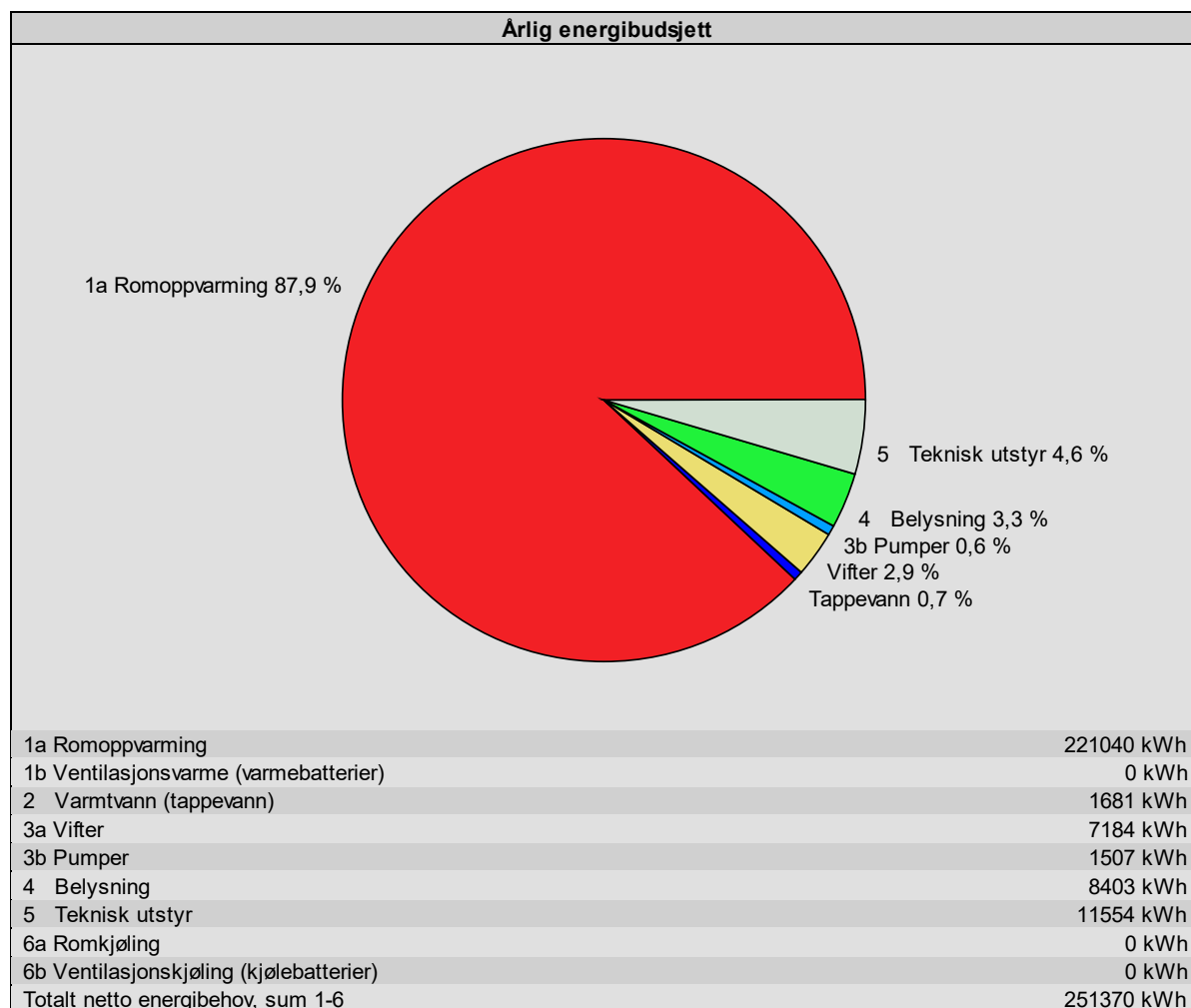
1.4. Betydningen av brukeradferd for energibruk

All energibruk starter og slutter med våre daglige behov for komfort, transport, kommunikasjon, underholdning og hygiene. Bruk av energi innenfor klimaskjermen til en bolig dekker hovedsakelig brukernes behov for komfort, hygiene, matlaging, belysning, underholdning og informasjonsbehandling.

¹⁷ «Klimapåvirkning fra 60 bygninger – muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger», Zimmermann, R. K., Andersen, C. E., Kanafani, K., & Birgisdottir, H. (2020)

For næringsbygg finnes det store variasjoner i energibruken fra bygg til bygg, som kan skyldes ulike prosesser og teknisk utstyr knyttet til produksjon av varer og tjenester.

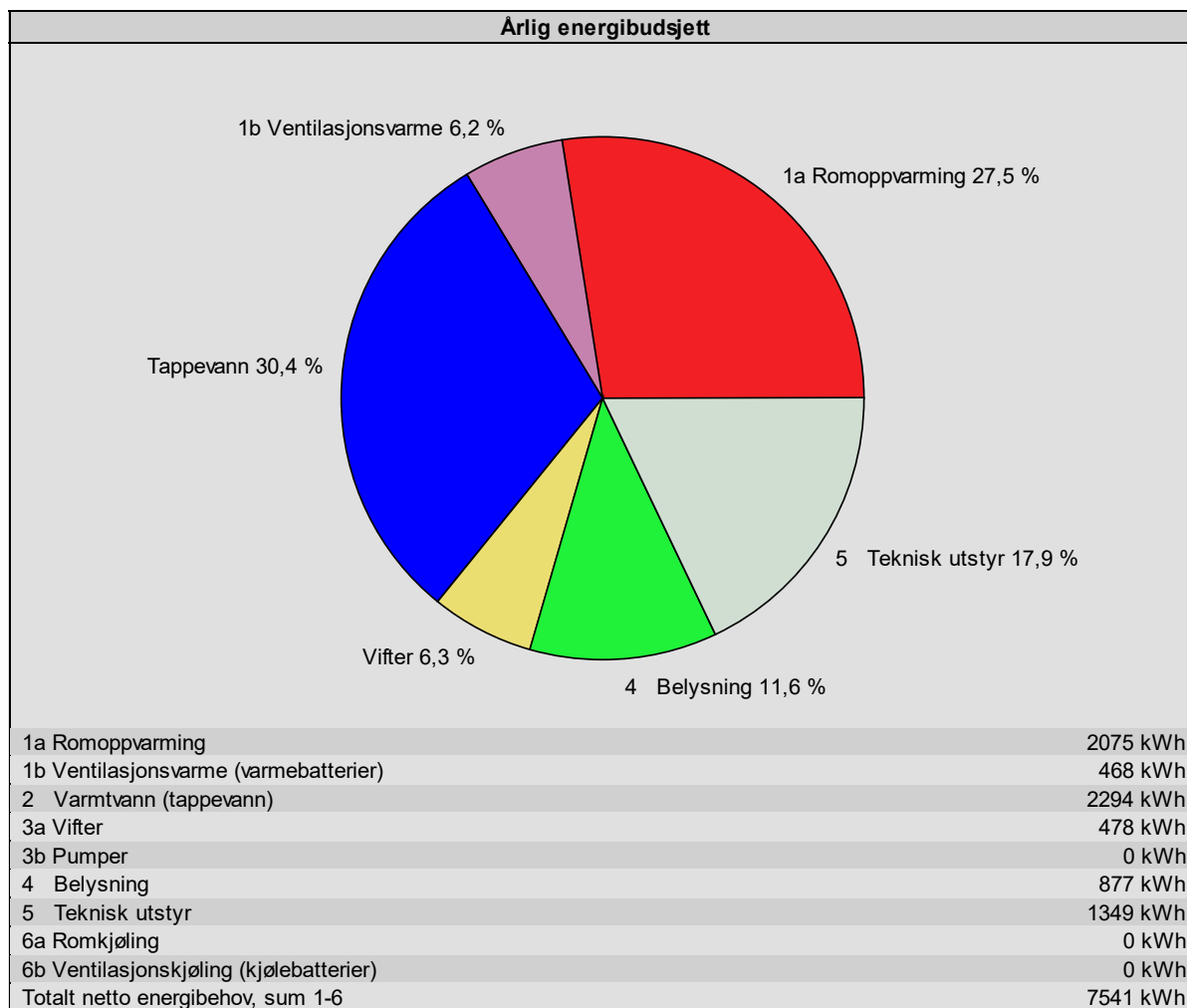
For å holde orden på de forskjellige bruksområdene, og vurdere deres gjensidige størrelser, bruker man et energibudsjett. For en bygning fordeles energibruken på postene romoppvarming, ventilasjonsvarme, varmtvann, vifter, pumper, belysning, teknisk utstyr, romkjøling og ventilasjonskjøling, som vist i figuren under.



Figur 1-5 Beregnet energibudsjett med programmet SIMIEN¹⁸ for Anders Sandvigsgate 30, etter NS 3031 Kontorbygning for dagens tilstand.

Normalt vil oppvarming utgjøre hovedandelen av energibudsjettet. I Norge har vi bygninger fra før 1950-/60-tallet som ofte er helt uten varmeisolasjon, til dagens nybygg med 25 cm mineralull i vegger og 35 cm i tak. For eldre bygninger vil oppvarmingsbehovet typisk utgjøre ca. 80% av det totale forbruket. For moderne bygninger er varmetapet redusert, slik at tappevann og romoppvarming gjerne utgjør omtrent like store poster på energibudsjettet, ca. 25-30 %.

¹⁸ www.programbyggerne.no



Figur 1-6 Beregnet energibudsjett med programmet SIMIEN for leilighet bygget etter TEK17.

Tappevannsoppvarming utgjør en større andel enn romoppvarming.

For eldre bygninger vil derfor tiltak som reduserer forbruket til romoppvarming ha mest å si for det totale forbruket. Energibehov til oppvarming kan reduseres ved å:

- bruke mindre energi til oppvarming
- bruke mer energieffektive varmekilder
- redusere varmetapet gjennom klimaskallet

Dette prosjektet tar for seg bygningstyper med få eller ingen muligheter til å endre fasader og eksteriør. Å redusere varmetapet med etterisolering av fasader er derfor ikke et anbefalt alternativ.

Nyere forskning¹⁹ har vist at brukeres atferd i bygninger ofte har større påvirkning på energiforbruket enn valgte teknologiske løsninger ved oppgradering. Det gjelder både ved vurdering av mengden spart energi og måten bygningen er blitt anvendt. Borg (2015)²⁰ fant ved sammenlikning av målt og beregnet

¹⁹ Fouseki, K. & Cassar, M. (2014). Energy efficiency in heritage buildings – Future challenges and research needs. The Historic Environment: Policy & Practice, 5(2), 95-100, Gram-Hanssen, K. & Georg, S. (2018). Energy performance gaps: Promises, people, practices. Building Research & Information, 46(1), 1-9. DOI: 10.1080/09613218.2017.1356127

²⁰ Borg, Alexander; NTNU, 2015: «Relationships Between Measured and Calculated Energy Demand in the Norwegian Dwelling Stock»

energibruk i henholdsvis norske og svenske boliger at man ved standard energiberegning overestimerte energibruken i eldre boliger og underestimerte energibruken i moderne boliger. Dette indikerer en risiko for at man med energiberegninger iht. energiberegningsstandarden NS 3031 overestimerer energibruk i drift for eldre boligbygg. Eldre bygg er mindre tette og har mindre isolasjon enn nye bygg, og de har dermed høyere varmetap enn moderne bygg. Tiltak som kan påvirke energibruk til oppvarming vil derfor gi større utslag for eldre bygg enn for mer moderne bygg. Typisk adferd knyttet til dette, som ikke fanges opp med bruk av standardiserte faktorer, er å redusere oppvarmet areal (temperatursoning), og heve/senke temperatur etter tilstedeværelse. Dette indikerer at brukernes muligheter til å påvirke energibruken i både spesielt eldre boliger er underkommunisert.

Som Figur 1-5 og Figur 1-6 eksemplifiserer, er den relative betydningen av energibruk til romoppvarming og varmtvann ulik i eldre, sammenliknet med nyere boliger. Disse postene er likevel samlet sett de største i de respektive energibudsjettene. Besparelsen som kan utløses ved målrettet atferdsendring vil som regel derfor være størst for disse postene, sammenliknet med f.eks. belysning og teknisk utstyr.

Energibruken til oppvarming er sterkt knyttet til temperatur og areal. En tommelfingerregel er at for hver grad °C man endrer temperaturen i et rom så endrer behovet for energi til oppvarming seg med 5%. Bevisstheten rundt dette grepet viser seg i endringer i hvordan vi utformer og bruker boliger. Tradisjonelt har eldre bygninger hatt rom med avgrensede arealer og dør/gangløsninger som har gitt mulighet for å lukke av områder som ikke er i bruk. Hensikten har vært temperatursoning. Rom med lav bruksfrekvens eller som har vært vendt mot områder med høyere varmetap (inngangsparti, gang, knekott) kan dermed stenges av slik at varmen kan bevares i oppholdsrom sentralt i boligen, gjerne rundt pipeløp.

Pipestokken pleide å stå sentralt i bygningens planløsning slik at flest mulige rom hadde mulighet til å installere en ovn. Med utvikling mot bedre isolerte bygninger og billigere og lett monterbare elektriske oppvarmingskilder, har det gått mot åpne romløsninger der for eksempel kjøkken og stue kombineres. Arealene man setter av til rom med spesielle funksjoner som bad, kjøkken og soverom har også økt.

Energibruk i bygninger er altså ikke en statisk verdi, men henger tett sammen med brukernes adferd og utforming av bygget. Dette fører til at bygninger som er like med hensyn på areal, konstruksjon og energikrevende utstyr kan ha vidt forskjellige energibruk. For eksempel kan én persons dusjvaner ha mer å si for husholdningens forbruk av varmt vann enn antall personer i husholdningen.

I forbindelse med prosjektet «Klimagassberegninger for Villa Dammen» ble det gjennomført energiberegninger der et sett med standardiserte inndata kalt Skjematisk Nøysom Beboer (SNB) ble tatt i bruk. Disse ble utviklet av Husbanken for å bedre representere faktisk forbruk i eldre boliger. Hovedforskjellene mellom SNB og NS 3031 er redusert driftstid for ventilasjon, lavere energibruk til varmt tappevann, og større bruk av temperatursoning. Iht. skjematisk nøysom beboer definerte man dessuten halvparten av BRA som delvis oppvarmet eller uoppvarmet, i stedet for at hele arealet antas å være fullt oppvarmet, slik som iht. NS 3031. Dette er en rimelig forutsetning for eldre boligbygg, der soverom, yttergang, kott o.l. ofte er uoppvarmet eller delvis oppvarmet. For eldre boligbygg som er dårligere isolert og mindre tette enn nye bygg, er det vanlig med mer utstrakt bruk av temperatursoning i fyringssesongen.

I analysen av Villa Dammen ble det gjort energiberegninger med SNB-faktorer, og disse viste at energibruken ble 41 % lavere for bygg uten oppgradering og 45 % lavere for oppgardert bygg, sammenliknet med standardverdier fra NS 3031. Faktisk målt energibruk i boligen etter oppgradering viste 59 % lavere energibruk enn beregningene med NS 3031, som dermed indikerte at SNB ikke overvurderte effekten av beboeradferd.

For næringsbygg vil brukernes mulighet til å påvirke energibruk være mer begrenset. Sentrale driftssystemer, automatikk og tekniske anlegg tar over handlingsrommet fra den individuelle brukeren. Det kan likevel antas at disse anleggene i sjelden grad er optimalisert i forhold til drift. For små og mellomstore bedrifter i eldre bygg vil det erfaringsmessig sjelden være noen anlegg med sentralisert styring utover

ventilasjonsanlegg. Ofte vil innstillinger for driftstider på disse være utført ved installasjon, og av en montør/firma uten tilknytning til daglig drift av lokalene.

Detaljer om metodikk for energiberegninger er gitt i kapittel 2.4. Detaljer om Skjematisk Nøysom Beboer er beskrevet i Vedlegg 5.

1.5. Klimagassberegninger som beslutningsgrunnlag

Den bakenforliggende metodikken for klimagassberegninger er livsløpsvurdering (LCA, Life Cycle Assessment), der man kan vurdere langt flere typer miljøpåvirkning enn kun effekt på globalt klima. Årsaken til at klimagassberegninger er mer utbredt enn fullverdig LCA, er både at klimaendringene har høy politisk prioritet, og at man får et mer entydig svar når man vurderer kun én enkeltparameter enn når man ser på flere parametere samtidig. I en sammenliknende LCA-analyse kan konklusjonen for eksempel være at det ene alternativet gir lavere klimapåvirkning, mens det andre alternativet gir mindre utslipp av stoffer som bidrar til sur nedbør. Å prioritere en løsning fremfor en annen på grunnlag av en klimaanalyse kan dermed kreve at man vektet ett miljøproblem tyngre enn et annet, som igjen krever spesialkompetanse.

Klimagassutslipp fra en bygning forårsakes av forbruk av material- og energiresurser i løpet av bygningens levetid, aktiviteter i vedlikehold, konstruksjonsfasen og ved riving av bygningen, og av avfallshåndtering av materialer etter endt levetid. Livsløpsvurdering (Life Cycle Assessment, LCA) er anerkjent som det mest hensiktsmessige metodiske rammeverket for å vurdere klimagassutslipp, fordi LCA gir et mest mulig helhetlig bilde av hvordan utslipp oppstår over livsløpet og gjennom verdikjeden. LCA er ofte brukt i sertifiseringsprogrammer for bygninger, som f.eks. BREEAM-NOR.

I både kommunikasjon og tolkning av resultater fra klimagassberegninger er det viktig å huske på at de kun presenterer ett bilde av en sak, for eksempel et utbyggingsprosjekt. På samme måte som det kan være uklokt å kun vektlegge kostnader i et utbyggingsprosjekt, kan det være uklokt å kun ta hensyn til klimagassutslipp. Klimagassberegninger bør derimot inngå som en del av et bredere beslutningsgrunnlag der alle relevante aspekter belyses. For å veie ulike hensyn opp mot hverandre er det nødvendig å ha avklart hvilken prioritering de skal ha dersom de kommer i konflikt. Det er ikke gitt at klima og bevaring alltid vil gå hånd i hånd, på samme måte som klimatiltak kan være fordyrende og dermed stå i konflikt med økonomiske hensyn. Det gjelder å ha et bevisst forhold til når vi ønsker å prioritere klima, og når andre hensyn skal veie tyngre. Klimagassberegninger kan imidlertid være en viktig rettesnor for å hjelpe oss med å ta de valgene som gir minst utslipp innenfor de begrensningene vi må forholde oss til. **I analysen vi har presentert her, har vi belyst konsekvenser av bevaring vs. å rive og bygge nytt både for energibruk, kostnader og klimagassutslipp. Hovedvekten har likevel vært på klimagassutslipp, og analysen bør sees i lys av dette.**

Et viktig premiss for at klimagassberegninger skal fungere godt som beslutningsstøtte, er selvsagt at beregningene er så objektive og etterrettelige som mulig. Enhver klimagassberegning er basert på en beregningsmodell som i sin natur bare kan gi oss et forenklet bilde av virkeligheten. Dermed gjelder det at modellen evner å gjenspeile de viktigste aspektene som har betydning for utfallet. For eksempel at systemgrensene, det vil si avgrensningen av analysen i tid og rom, favner bredt nok til at vi får med de faktorene som varierer mellom alternativene vi sammenlikner. Samtidig er det også et poeng at analyseresultatene skal kunne holdes opp mot andre tilsvarende analyser av liknende systemer. Dette er for eksempel bakgrunnen for at Norsk Standard for klimagassberegninger av bygninger, NS 3720, sier at man skal presentere resultater for 60 års analyseperiode i alle klimagassberegninger av bygg, selv om det er selvsagt at den reelle levetiden for bygninger vil variere. Fordi det er en teoretisk beregning av utslipp som skjer andre steder til andre tider av en gass vi hverken kan se eller ta på, som bygger på mange og til dels innfløkte forutsetninger om forhold både i dag og i fremtiden, kan klimagassberegninger fremstå nærmest som en lek med tall, der man kan skru på forutsetningene for å få det svaret man ønsker. Med

dette i mente har vi etter beste evne forsøkt å være bevisste på å ikke legge analysepremissene til rette for noen bestemt konklusjon. **En analyse vil alltid være et produkt av forutsetningene som er lagt til grunn. Vi har derfor forsøkt å presentere metodikk og forutsetninger på en så transparent måte som mulig, slik at det skal være mulig å lese resultatene i lys av hva vi har lagt til grunn for beregningene.**

2. Metode og beregningsforutsetninger

2.1. Befaringer og datainnsamling

Ved prosjektstart var det et varierende underlag av tilgjengelig dokumentasjon på de forskjellige objektene, fra tilstandsanalyser utført av profesjonelle aktører til håndtegninger av private eiere. Av erfaring vet vi at innsikt i historie og bygningers tilstand kan variere. Som regel kan uvurderlig forståelse for disse temaene innhentes hvis man kan oppleve objektene sammen med eiere eller andre ansvarlige for drift. Befaringer ble avtalt med byggeiere og driftsansvarlige for å sette deres erfaringer i sammenheng med vår egen vurdering av bygningsfysisk tilstand og tekniske anlegg. På befaring ble det også avklart hva som var tilgjengelig av annen nødvendig informasjon i de enkelte tilfellene. For alle bygningene satt vi til slutt igjen med:

- Målsatte plan- og fasadetegninger
- Historisk info fra eier eller annen ansvarlig person om utvikling av konstruksjonsmessige forhold (endringer, tilbygg, skader og utbedringer etc.)
- Offentlig tilgjengelige data om vernestatus, utredninger etc.
- Tilstandsrapporter

En befaring gjennomføres vanligvis med:

- Utvendig besiktigelse der man vil se etter konstruksjonsprinsipper, tegn i fasaden på for eksempel fuktproblematikk knyttet til drenering rundt kjeller eller råde (offest rundt karmen eller gesimskasser, vannbrett, etc), plassering/fordeling og tilstand til vinduer og karmen, alder og tilstand til ytterpanel og tilsvarende for tak med tekking og piper.
- Innvendig gjennomgang for å få inntrykk av konstruksjonsprinsipper, planløsning, typer og fordeling av varmeanlegg, sikringsskap, sanitæranlegg, tegn på skader og evt. årsaker til fuktproblematikk utvendig.

Underveis i befaringen ønsker rådgiver å legge til rette for en samtalesituasjon som setter brukernes erfaringer i sammenheng med rådgiverens observasjoner. Optimalt sett ønsker man å diskutere:

- Hvem er brukerne og hva er deres bruksmønster? Hvordan oppleves bygningens innemiljø i de 4 sesongene, er utbedringspotensial identifisert, hva oppleves som aktuelle og uaktuelle tiltak?
- Klargjøre sammenhengen mellom boligeierens behov for komfort, besparelse, vedlikehold/oppgradering og spesifikke tiltak på bygningskroppen og energianlegg
- Forsterke boligeierens forståelse av at adferd og daglige valg er avgjørende for å oppnå ønskede resultater for komfort, økonomi og miljø.
- Bevisstgjøre byggeieren om bredden av aktuelle passive, aktive og adferdsmessige brukertiltak som kan bidra til at mål/ønsker oppnås

2.2. Kulturminnevurderinger

De utvalgte bygningene for case-studiene er av varierende alder, størrelse, arkitektur og byggemåte. Alle har en lokal, regional eller nasjonal verneverdi enten ut fra alder, representativitet, arkitektonisk utforming og/eller kulturhistorisk sammenheng. Verneverdiene omfatter i hovedsak bygningenes eksteriør, eller bygninger som inngår som del av et bygningsmiljø. Én bygning har også verneverdig interiør.

Bygningene har ulik vernestatus. Noen er formelt vernet, som Gulbygningen på Breie som er under fredning, og enhetslåven på Blak Holo som er kommunalt listeført. Andre er prioritert gjennom kommunale

kulturminneplaner og/eller hensynssoner som del av vedtatte planer. De øvrige har verneverdi ut fra ulike verdikriterier, der aldersverdi er den mest fremtredende.

Objektene er delt inn i to casegrupper. Nye tiltak er kun beskrevet for objekter i casegruppe

1. Fullstendige casestudier med skissering av oppgraderingstiltak og klimagassberegninger.

Disse bygningene er gjennomgått og beskrevet i tiltaksplanene med alder, kort beskrivelse av teknisk konstruksjon/ oppbygging/ materialbruk, særegenheter og vernestatus. Vernestatusen er sjekket ut fra kjent informasjon gjennom eier, befaring og kildesøk, Riksantikvarens database Askeladden samt gjeldende, juridiske og politiske vedtatte planer. For objekter i casegruppe

2. Bruk av andre prosjekter – klimagassberegninger for planlagte/ gjennomførte tiltak var tiltakene beskrevet og gjennomført.

De utvalgte bygningene er svært ulike i konstruksjoner, uttrykk og vernestatus, og de omfatter både varme og kalde hus. Bygningene kan derfor ikke behandles likt, og de foreslåtte løsningene er tilpasset hvert enkelte objekt. I de tilfellene der flere bygninger har like konstruksjoner er det beskrevet generelle, like prinsipppløsninger. Alle foreslåtte løsninger har en antikvarisk tilnærming i tråd med Riksantikvarens anbefalinger.

Basert på tilgjengelig dokumentasjon, informasjon fra befaringene og kontakt med byggeierne har vi foretatt en gjennomgang av bygningenes tidstypiske konstruksjoner og materialbruk, sett i forhold til de ulike byggenes vernestatus. Denne gjennomgangen har dannet grunnlag for scenario A (bygg uten tiltak), og for hvilke inngrep (ENØK-tiltak) som kan aksepteres i konstruksjoner og fasader. Byggenes verneverdi, herunder arkitektoniske verdi, er benyttet som diskusjonsgrunnlag for tiltaksvurderingene for oppgradering (scenario B).

2.2.1. Myndighetskrav og krav etter plan- og bygningsloven

Tiltak på eksisterende byggverk skal prosjekteres og utføres i samsvar med bestemmelser gitt i eller i medhold av plan- og bygningsloven (PBL). Det betyr at ved tiltak på eksisterende byggverk, gjelder i utgangspunktet de samme kravene som for nye tiltak, men plan- og bygningsloven og teknisk forskrift (TEK 17) gir mulighet for noen unntak.

Eier som tiltakshaver har ansvar for at tiltaket utføres i samsvar med plan- og bygningslovens bestemmelser og forskrifter. Alle tiltak som omfatter ombygging eller bruksendring må tidlig avklares med den aktuelle kommunen. Tiltak som berører fredete byggverk, må i tillegg avklares med fylkeskommunen som rette kulturminnemyndighet.

Det er ikke alltid kravene i byggt teknisk forskrift (TEK 17) lar seg tilpasse i eksisterende byggverk på en regningssvarende måte. Denne problemstillingen blir mer aktuell jo eldre byggene blir. Kravene i byggt teknisk forskrift har endret seg betydelig over tid, og for eldre bygninger er det store forskjeller i opprinnelige kvalitetskrav og de kravene som stilles i dag.

Kravene som kan settes må, som hovedregel, begrenses til å omfatte de deler av byggverket som tiltaket gjelder. Det betyr at dersom det settes i gang byggetiltak på deler av bygget, vil det ikke kunne settes krav til de deler av byggverket som ikke er direkte berørt av endringene.

Det er mulig å søke om unntak fra tekniske krav (TEK 17), hvis følgende vilkår er oppfylt:

- Om det er uforholdsmessige kostnader ved å oppfylle dagens krav.
- Om det man søker om er forsvarlig for å sikre fremtidig bruk.
- Om det man søker om er nødvendig for å sikre hensiktsmessig bruk.

Begrunnelsen for å gi unntak fra kravene er at eldre bygninger fortsatt skal kunne anvendes på en hensiktsmessig måte i stedet for å forfalle. Mindre bygningsmessige endringer skal kunne tillates, slik at også bevaringsverdige bygninger kan brukes til nye formål.

Forskrift om byggesak (SAK10) utfyller plan- og bygningslovens regler²¹. Kapittel 19 er gitt med hjemmel i plan- og bygningsloven, pbl. § 31 *Krav til eksisterende byggverk*. Bestemmelsene i kapittel 19 gjelder bare bevaringsverdi og omfatter bare bygninger.

2.3. Tiltaksvurderinger

Tiltaksvurderingene har vært en sentral del av oppdraget. Vurderinger og anbefalinger av oppgraderingstiltak er gjort med utgangspunkt i informasjonsgrunnlaget fra befaringer, fremlagt dokumentasjon og dialog med byggeierne. For at hver enkelt byggeier skal ha nytteverdi av tiltaksvurderingene, har tiltakene blitt vurdert spesifikt ut fra tilstand og tiltenkte bruksformål for hvert enkelt bygg. For å sikre at anbefalte tiltak ikke går på akkord med verneverdi eller arkitektoniske kvaliteter, har vi tatt utgangspunkt i gjennomgangen av kulturhistorisk og arkitektonisk verdi, samt tidligere erfaring med oppgradering av historiske og bevaringsverdige bygg.

De største utfordringene knyttet til tiltaksvurderinger omfattet ulikheter knyttet til konstruksjoner, herunder varme og kalde hus, og derav ulike behov for tiltak. De bygningsfysiske egenskapene har forandret seg dramatisk siden isolasjons- og tetteprodukter kom på markedet. Før produksjonen av isolasjonsprodukter av mineralull ble industrialisert, bidro det høye varmetapet til at bygningskonstruksjonen holdt seg tørr. De nye isolasjonsproduktene gjorde det nødvendig å hindre fukt i å trenge ut i konstruksjonen der den kunne bli avkjølt og kondensere med fukt- og muggskader som resultat. Dermed ble tetteprodukter som dampsperrer en nødvendighet. Der hele konstruksjonen med gulv, vegger og tak tidligere håndterte den innvendige fuktbelastningen fra beboerne og deres aktiviteter, ble det nødvendig å lede ventilasjonsluften inn og ut gjennom ventiler i vegger, tak og vinduer. **Enhver oppgradering med mål om å bringe uisolerte bygninger av mur, stein, laft, reisverk eller grove bindingsverks-konstruksjoner opp til dagens forventninger om komfort og energitilstand, krever nøye vurdering av de bygningsfysiske implikasjonene.**

Tiltaksvurderingene omfatter energitiltak og levetidsforlengende tiltak for å sikre sammenliknbarhet med nybygg. Se kapittel 3 for mer utfyllende redegjørelse av prinsipper som er lagt til grunn for tiltaksvurderingene.

2.3.1. Tiltaksplaner

Som del av prosjektet har det blitt utarbeidet egne rapporter for 12 av objektene kalt 'Plan for bygningsoppgradering'. Rapportene gir innsikt i vurdering av verneverdien bygningen representerer, hvilke konsekvenser dette kan ha for tiltak som vil være i tråd med ønsker om redusert energiforbruk, tilpasset komfort og bevaring av konstruksjonen. I rapportene beskrives temaer og tiltak som er interessante og aktuelle for bygningseier å gjennomføre. I noen tilfeller er det belyst tiltak som har blitt vurdert, men som av forskjellige årsaker ikke er gunstige å gjennomføre.

Rapportene inneholder:

- Beskrivelse av bygningen og vurdering av verneverdi
- Tiltak på bygningens konstruksjon
- Tiltak på varmeanlegg
- Bevisstgjøring rundt tilpasset adferd og hvordan det kan bedre inneklima og redusere energiforbruk
- Energianalyse med beregning av effekt av aktuelle tiltak i sparte kWh/år

²¹ <https://dibk.no/byggeregler>

- Kostnadsberegning for anbefalte tiltak
- Klimagassberegning for anbefalte tiltak

2.4. Energiberegninger

Energiberegninger for bygninger kan gjøres for å sikre at en rekke krav og forventninger samfunnet har til bygg og miljø etterleves. Regler for gjennomføring av energigeregninger er beskrevet i nasjonale og europeiske standarder for å sikre kvalitet og sammenlignbarhet mellom bygninger i samme bygningskategori på tvers av ulike klimasoner i landet. For å eliminere variasjon i beregnet energibruk knyttet til bruken av byggene, anvender man bestemte faktorer som påvirker energibudsjettet. Dette gjelder blant annet klima, driftstider og energibehov til belysning og teknisk utstyr. Effekten av dette er at reelt energibruk for bygningen som regel vil avvike fra beregnet energibruk.

Slike standarder kan sikre kvalitet i noen sammenhenger, men fører også til at resultatene kan bli mindre anvendbare. For å sikre sammenliknbarhet mellom de forskjellige scenariene for byggene i prosjektet, og andre bygg generelt, må det gjøres kompromisser mellom virkelige driftsforutsetninger for de spesifikke byggene og hva som kan forventes for andre bygninger. Man vil for eksempel forvente at en bygning vil skifte eiere og/eller brukere flere ganger i levetiden. En gitt driftsstrategi med tilhørende energibruk vil derfor helt sikkert ikke gjelde for hele byggets livssyklus.

I beregningene for scenario A, B, C og D har vi benyttet faktorer for internlast og internt varmetilskudd spesifisert i NS 3031 for næringsbygg bygget iht dagens byggeforskrift (TEK17) og fra NS 3701 for næringsbygg med passivhusstandard. For næringsbygg bygget etter passivhusstandard vil faktorene gjenspeile redusert energibruk knyttet til mer energieffektiv teknologi (LED-belysning, etc.) og bruk av styringssystemer som regulerer bruk etter for eksempel tilstedeværelse. I scenario A og B har vi benyttet faktorer i henhold til Skjematisk Nøysom Beboer (SNB) for boliger (se beskrivelse i kapittel 1.3.1 og detaljerte forutsetninger i Vedlegg 5).

Adferd er en viktig faktor for energibruk i alle bygninger. Det vil være forventet at forbruket i eldre bygninger vil være høyere enn i nyere bygg med relativt like driftsforutsetninger (driftstid, temperatur, antall brukere etc.) siden varmetapet i eldre bygg vil være høyere, og mer energi brukes for å holde komforttemperatur. Som Borg (2015)²² har påvist, så kan den relativt høyere kostnaden ved å holde en høy komforttemperatur i eldre bygninger motivere brukere til å begrense oppvarmingen for å redusere driftskostnader. I energiberegninger etter NS 3031 tar man utgangspunkt i at hele bruksarealet skal varmes til settpunkt temperatur i og utenfor driftstid (19-21 °C).

2.4.1. Beregningsverktøy og inndata

Energiberegninger er utført med programmet SIMIEN (versjon 6.015). Ved bruk av programmet kan man gjøre beregninger i henhold til standard for energiberegninger NS 3031 og for gjeldende passivhusstandarder, NS 3700 for boligbygninger og NS 3701 for yrkesbygninger.

Programmet kan også benyttes til beregning av årlig energibehov, inneklimate, dimensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling. Dette fordrer at man legger inn informasjon om bygningsfysiske egenskaper knyttet til bygningens konstruksjonselementer som gulv, vegger, vinduer, dører og tak, samt informasjon om varmeanlegg med tilhørende distribusjonssystem og ventilasjonsanlegg. Internlast som både krever energi (belysning, teknisk utstyr, tappevann) og avgir varme (belysning, teknisk utstyr, personer) beregnes på bakgrunn av standardiserte faktorer og driftstider.

²² Borg, Alexander; NTNU, 2015: «Relationships Between Measured and Calculated Energy Demand in the Norwegian Dwelling Stock»

Belysning og teknisk utstyr både krever energi for å virke, og avgir varme som påvirker oppvarmingsbehovet. I tillegg vil personene som bruker bygningen avgi varme. Forbruket av energi, og det tilknyttede varmetapet til disse postene vil også være avhengig av driftstidene for bygningene. I beregningen har vi antatt at driftstider og antall brukere er de samme mellom oppgraderings- og nybyggsscenarioer.

2.4.2. Forutsetninger for kalde bygg

De byggene som er kalde i nåtilstand, vil enten fortsette å være kalde i rehabiliterings-scenarioet og i nybygg, eller så vil de gå fra å være kalde bygg til oppvarmede bygg. De byggene som forblir kalde er Lena vgs. Raudloven og enhetslåven på Blak Holo. Disse gjøres det dermed ingen energiberegninger av. De byggene som går fra kaldt til oppvarmet er Setton gård og uthus/sidebygning til Storgata 35 på Lillehammer. For disse er det gjort energiberegninger for scenario B-E som forklart under.

Energiberegningene i scenario B er beregnet ved å ta hensyn til planlagte energiposter som belysning, teknisk utstyr og eventuelt tappevannsberedning på bakgrunn av faktorer i NS3031. Dette er supplert med erfaringstall og spesifikasjoner fra eier hvis det har vært tilgjengelig.

Energiberegningene for scenario C, D og E er gjort som for de nye byggene i kapittel 2.4.5. Se dermed dette kapittelet for en nærmere forklaring.

2.4.3. Energiberegninger for bygg i nåtilstand (Scenario A)

Beregning for Scenario A tar utgangspunkt i byggenes tilstand for klimaskall og tekniske anlegg slik de fremstår i dag, eller før oppgradering ble gjennomført.

For næringsbygg deles objektene inn etter bygningskategori (kontorbygg, hotell, skolebygning, etc.) med definerte faktorer for driftstider, internlaster, etc. Vi forutsetter at driftsstrategien er den samme for næringsbygg uavhengig av alder på bygget. For boliger brukes faktorer fra SNB som tar utgangspunkt i at folk er mer nøysomme, og mer hensiktsmessig innrettet i sitt forhold til energibruk i eldre boliger.

For Scenario A og B var det en problemstilling at driftstider, innetemperatur og benyttet BRA avvek fra standard-verdiene i NS 3031 eller Skjematisk Nøysom Beboer.. For å sikre at beregningene både skulle være sammenlignbare med andre bygg, men også representere byggets faktiske driftstilstand best mulig, ble følgende tilpasninger gjort:

- I boliger, som Nerby gård, og Ringelien gård, der benyttet BRA ikke harmonerte med SNB, ble SNB prioritert. SNB angir at 50% av boligen skal beregnes som oppvarmet.
- I bygg med kalde kjellere ble settpunkt temperatur i og utenfor driftstid satt til 5 °C
- I tilfeller der arealavhengige faktorer åpenbart påvirket resultatet utover antatt nivå ble faktorene justert for å bedre reflektere forventet forbruk til den spesifikke energiposten
- I næringsbygg med naturlig ventilasjon ble luftskiftet satt til 1,2m³/(m²h) i driftstid, og 0,5 m³/(m²h) utenfor driftstid (samme som SNB).

2.4.4. Energiberegninger for oppgraderte bygg (Scenario B)

I beregninger for Scenario B tilpasses beregningsmodellen i henhold til de tiltakene som er forslått i tiltaksvurderingen, eventuelt foreslått av byggeier selv. Spesielt når det gjelder valg av oppvarmingsløsning har byggeierne kommet med innspill om hva som kan være aktuelt i en fremtidig oppgradering.

Luftlekkasjetallet til en gitt bygning kan kun fastslås nøyaktig ved trykktesting, noe som ikke var en del av prosjektet. I våre beregninger har vi benyttet EnergiMerkeSystemets (EMS) bibliotek for luftlekkasjetall iht. aktuelle byggeår og bygningskategorier. I tillegg har vi tatt hensyn til bygningens faktiske tilstand ved fastsettelse av luftlekkasjetallet. I tilfeller der Scenario B for et gitt bygg omfatter oppgradering av vinduer,

etterisolering av etasjeskiller mot kjeller og loft, har vi antatt at at en bieffekt av å gjennomføre disse tiltakene samlet er en reduksjon av luftlekkasjer i bygget.

2.4.5. Energiberegninger for nye bygg (Scenario C-E)

Scenario C, D og E representerer teoretiske scenarier der objektene rives og erstattes med nye bygg.

Scenario C representerer en situasjon der dagens bygg erstattes med gjennomsnittlige nybygg, der energibruk tilfredsstiller dagens forskriftsnivå (TEK17)²³. Scenarier C og D er identiske når det gjelder energiberegninger, ettersom de er nybygg etter TEK17-standard. Her har vi basert energiberegningene på bygningsmodeller som ble utviklet av SINTEF ("SINTEF-kasser") for å representere typiske norske bygningskonstruksjoner og driftsforhold. SINTEF-kassene har en kompakt og enkel form. Energibruken for disse bygningsmodellene ble beregnet per kvadratmeter oppvarmet BRA for å få en meningsfull sammenligning med de andre scenarioene.

For TEK17-standard ble det først kjørt en beregning med Oslo-klima og standardiserte driftstider for å definere tekniske løsninger. Deretter ble det kjørt en beregning med lokalt klima og reelle driftstider. På denne måten kan resultatene sammenlignes med de andre scenarioene.

For Scenario E, passivhus, ble beregningene også gjort på basis av SINTEF-kasser med samme form og størrelse som for TEK17-scenarioene. Disse ble også kjørt med lokalt-klima.

For alle tre nybyggsscenarioer har vi antatt samme energiforsyningssystem som i det oppgraderings-scenariet. Der varmepumper, fjernvarme eller vedovner brukes til oppvarming i oppgraderingsscenariene, har vi forutsatt at de dekker samme andel av varmebehovet i nybygg-scenariene.

Formålet med scenario E er å gi en indikasjon på energibruk for nye bygg med lavere energibruk enn forskriftsnivå, for så å sammenligne dette med oppgraderings-scenariet. De modellerte byggene i scenario E skal derfor representere nye bygg med energibruk tilsvarende passivhus. Vi har lagt til grunn de samme energiforsynings-løsningene som i scenariene B-D. Fordi energiforsyningsløsningene for passivhusene er de samme som for de andre scenariene, oppfylles ikke passivhuskravet til fornybar energi (for å dekke halvparten av varmtvannsbehovet), og bygningene oppfyller derfor ikke den tekniske definisjonen av et passivhus. Merk også at passivhusstandarden (NS 3700) har andre krav til belysning og ventilasjon enn en standard TEK-17-bygning (NS 3031).

2.5. Klimagassberegninger

2.5.1. Livsløpsmetodikk, systemgrenser og beregningsverktøy

Klimagassutslipp fra materialbruk omfatter produksjon av byggematerialer og transport til byggeplass, energibruk i drift og nødvendig utskifting av materialer over 60 års beregningsperiode. I sammenlikning med å erstatte dagens bygg med nye, er utslipp fra riveprosess og avhending også medregnet. Klimagassutslipp fra energibruk beregnes på grunnlag av energiberegninger for hvert bygg i de ulike scenariene, samt forutsetninger om energiløsning.

Klimagassberegningene er utført i tråd med Norsk standard for klimagassberegninger av bygninger, NS 3720²⁴, som angir metodiske retningslinjer for klimagassberegninger av bygg.

Transport for brukere av bygningene er ikke medregnet. Ettersom plasseringen av bygningene ikke endrer seg mellom de ulike scenarioene, og det ellers ikke er vurdert noen tiltak som påvirker transportadferd, blir utslipp fra transport likt for alle scenarier. Dermed har det ingen betydning for sammenlikningen av

²³ Det legges til grunn at minstekrav i TEK 17 er tilfredsstillt.

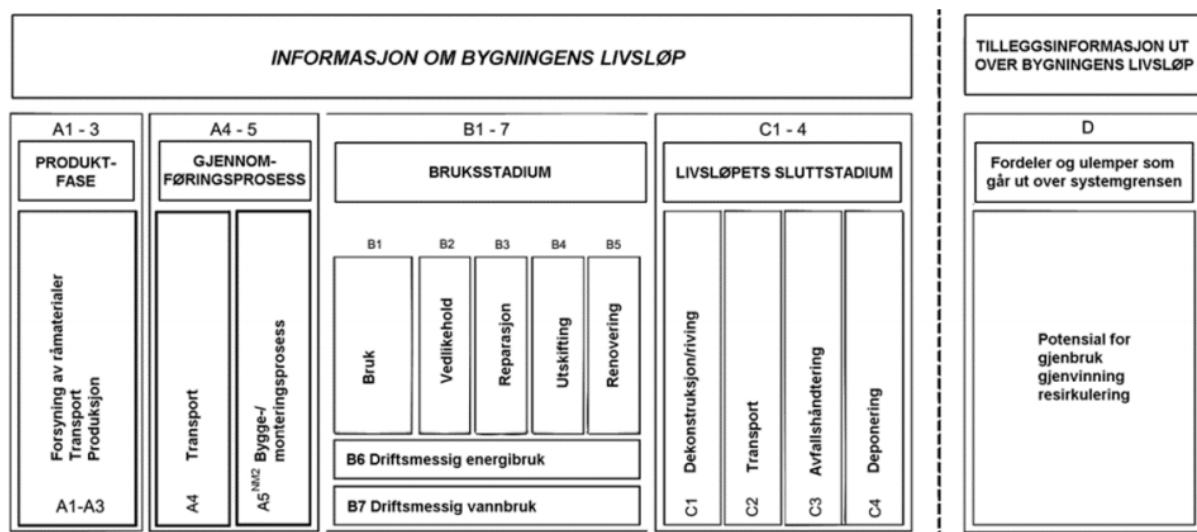
²⁴ NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger

scenariene hvorvidt transport medregnes. Ettersom det heller ikke foreligger gode reisevanedata for området, ville det å inkludere transportutslipp kun introdusert større usikkerhet i analyseresultatene.

Klimagassutslipp fra materialbruk til oppgradering av enkeltbygg er gjennomført ved bruk av Asplan Viaks verktøy for klimagassberegninger for bygninger, ByggLCA.

Hovedprinsippet i LCA er at man betrakter utslipp over hele livsløpet for analyseobjektet. Dersom man for eksempel avgrenser beregninger til kun å vurdere utslipp i utbyggingsfasen, risikerer man å premiere bruk av mindre robuste materialer og produkter med lave produksjonsutslipp på bekostning av kort levetid.

Livsløpsfaser som er inkludert iht. NS-EN 15804²⁵ er A1-A4, B4-B5 og B6, samt C1-C4 for riving av dagens bygg i scenario C-E:



Figur 1 Livsløpsfaser og moduler for livsløpsvurderinger av bygninger i henhold til NS-EN 15804:2012

Utslipp fra transport av materialer til byggeplass i A4 og B4/B5 er basert på distanser til standard produksjonsland og er definert for hver produktkategori. Det er forutsatt at byggevarer typisk vil ha opprinnelsessted innenfor Europa. Dette er basert på erfaring og på materialsammensetningen som er lagt til grunn i modellbyggene²⁶. Fordi det ikke foreligger data som gjør det mulig å fastsette fordelingen av transport mellom ulike transportmidler for ulike materialtyper, er det forutsatt at all transport skjer med lastebil.

Standard beregningsperiode for klimagassberegninger av bygninger i Norge er 60 år, iht. NS 3720. Dette sikrer sammenliknbarhet på tvers av ulike analyser. 60 års beregningsperiode er derfor lagt til grunn for alle scenarier. For å presentere resultatene på en mest mulig nyansert måte, angis beregnede utslipp både som sum over beregningsperioden, og fordelt per år.

60 års beregningsperiode kan virke u hensiktsmessig for bygningsmasse som allerede har stått i 50-150 år, ettersom noe av hensikten med vurderingene i denne rapporten er å belyse gode tiltak for å kunne forlenge levetiden til eldre bygg. Usikkerheten rundt forventet levetid for nye bygg som oppføres i dag er imidlertid like stor, og i tillegg er det svært usikkert hvordan byggene vil avhendes etter endt faktisk levetid.

²⁵ NS-EN 15804:2012+A2:2019 Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer

²⁶ Naturstein er et eksempel på en materialtype som ofte fraktes fra Asia, på grunn av kostnadshensyn. Det er imidlertid ikke forutsatt at det benyttes naturstein i modellbyggene. Utover naturstein er det ikke grunnlag for å peke på materialgrupper der man vanligvis vil velge leverandører utenfor Europa.

Vi har valgt å holde avhendingsfasen utenfor analysen, ettersom det både virker urimelig å legge til grunn at samtlige bygg vil rives etter 60 år, og at avhendingsutslippene vil være omtrent tilsvarende for alle scenarier. Avhending av eksisterende bygningsmasse er imidlertid medregnet i nybygg-scenariene, fordi dette vil være en konsekvens av å erstatte dagens bygningsmasse med nye bygg.

2.5.1.1. Tidsaspekt for utslipp

I standard LCA regnes effekten av alle klimagassutslipp likt, uavhengig av stedet eller tidspunktet de inntreffer. Denne tilnærmingen kalles også statisk utslippsberegning. Dette vil si at man vekter et utslipp fra installasjon av en komponent på byggeplass i dag likt som et fremtidig utslipp knyttet til utskifting av den samme komponenten. I motsetning til i økonomiske analyser, diskonterer man altså vanligvis ikke utslipp i LCA. Dette har sammenheng med at beregning av den mest brukte indikatoren for klimapåvirkning (Global Warming Potential, GWP) allerede benytter en tidshorisont for å regne klimaeffekten av et gitt utslipp²⁷.

IPCCs femte hovedrapport²⁸ understreker betydningen av tidlige utslippsreduksjoner. Tidlige tiltak er nødvendige for å begrense temperatureffekten av de globale utslippene over tid. I tillegg er det stor usikkerhet rundt konsekvensene av å nå såkalte vippepunkter, der selvforsterkende effekter i det globale klimasystemet kan føre til at oppvarmingen skjer i enda høyere tempo enn det man hittil har observert. Dette er argumenter for å vektlegge tiltak som reduserer klimagassutslippene raskt, som for eksempel å bevare eller rehabilitere bygningsmasse fremfor å rive og bygge nytt, selv om vi kan bygge mer energieffektivt, fordi det tar tid før utslippene fra utbyggingen veies opp av utslippskutt i drift. I analysen av Villa Dammen viste beregningene at å rive boligen og erstatte den med et nytt bygg iht. dagens standard først ville gi klimagevinst etter ca. 50 år. Andre aspekter ved klimagassberegninger for materialbruk i bygninger som er spesielt tett knyttet til forutsetninger om tidsaspekt, er opptak og utslipp for biobaserte materialer og fremtidig effekt av avfallshåndtering.

Det finnes alternative metodiske tilnærminger innen LCA som kan benyttes for å ta inn tidsjustert vektning av klimagassutslipp innenfor beregningsperioden for et utbyggingsprosjekt. Man kan benytte en såkalt dynamisk beregningsmetodikk²⁹, der den beregnede klimaeffekten av utslipp og opptak er avhengig av når i analyseperioden de oppstår. I såkalt dynamisk LCA vektlegges effekten av utslipp som skjer i dag tyngre enn utslipp som skjer lenger frem i tid, ved bruk av justeringsfaktorer iht. hvilket år utslipp/opptak oppstår. Med denne metodikken kan man ta hensyn til klimagevinsten av å forlenge byggets levetid ved å oppgradere. I klimagassberegningene for Villa Dammen ble en slik dynamisk beregningsmetodikk benyttet, i tillegg til tradisjonell LCA. Resultatene viste at tidsjustering av utslipp påvirker beregningsresultater for materialbruk, spesielt for bygg med mye trematerialer, fordi trevirket kan regnes som et midlertidig karbonlager i byggets levetid. Imidlertid vil denne midlertidige lagringseffekten være mye mindre enn den motsvarende effekten av å regne med CO₂-utslipp fra vedfyring, sammenliknet med å regne det som klimanøytralt, slik standard LCA-praksis er.

²⁷ GWP regnes som akkumulert strålingspådriv som følge av et klimagassutslipp, regnet over over en gitt tid, relativt til pådrivet for CO₂ over samme tidsperiode. Den valgte tidshorisonten fungerer som en avgrensning av vurderingen av oppvarmingspotensialet, slik at klimapåvirkning etter tidshorisontens slutt ikke tas hensyn til. Dette betyr at korte tidshorisonter legger større vekt på miljøpåvirkninger som skjer nært i tid. Den vanligste tidshorisonten for GWP er 100 år, men det publiseres også GWP-faktorer for 20 og 500 år av FNS Klimapanel (IPCC, International Panel on Climate Change).

²⁸ <https://www.ipcc.ch/report/ar5/>

²⁹ Dynamisk LCA-metodikk introdusert av Levasseur et. al. i 2010

<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/Es9030003>

I denne analysen har vi ikke gjort slike dynamiske beregninger for å vurdere tidsaspektet for utslipp. Imidlertid har vi gjort beregninger av «tilbakebetalingstiden» for utslipp fra oppgradering/nybygg, som grunnlag for drøfting av hvorvidt bevaring kan ansees som klimatiltak med rask effekt.

2.5.2. Utslippsfaktorer for energibærere

Klimagassutslipp fra energibruk i drift av eksisterende bygg er basert på energiberegninger (se kapittel 2.4), med forutsetninger om energiløsning i hvert scenario.

Det er ikke lagt til grunn noen endring i energibruk i drift over beregningsperioden, men utslippsfaktor for elektrisitetsforbruk gjenspeiler en utvikling i tråd med EUs mål om nullutslipp fra elektrisitetsproduksjon i 2050³⁰. I hovedberegningene er utslippsfaktor for gjennomsnittlig europeisk produksjonsmiks lagt til grunn, men det vises også resultater der norsk produksjonsmiks er lagt til grunn, i tråd med retningslinjene i NS 3720. Det er verdt å merke at gjennomsnittlig utslippsfaktor for europeisk miks i NS 3720 ligger svært tett opp til utslippsfaktor for elektrisitet som benyttes i BREEAM-NOR, FutureBuilt (www.futurebuilt.no) og ZEB (www.zeb.no), mens utslippsfaktor for norsk miks har en mye lavere utslippsverdi. I kapittel 4.7.1.1 vises resultatene av en følsomhetsvurdering av utslippsfaktorer for strømmiksen.

Utslipp fra fjernvarme er regnet på bakgrunn av sammensetningen av energibærere i fjernvarmemiksen for de aktuelle fjernvarmeleverandørene. For Melkefabrikken på Hamar er det Eidsiva Bioenergi³¹ som leverer fjernvarmen. Det samme gjelder for byggene på Lena og i Lillehammer (Anders Sandvigs gt.30). Fjernvarmen for Rekka i Våler leveres av en bergvarmepumpe hvor det er forutsatt en SCOP (sesongvarmefaktor) på 3,5. For Søndre Land er det per nå ikke etablert et fjernvarmeanlegg, men i et høringsnotat for klima og energiplan for Søndre Land³², er det foreslått fjernvarme basert på bioenergi. Det er dermed forutsatt samme fjernvarmemiks på Søndre Land som på Lena, hvor fjernvarmen for hovedsaklig er basert på bioenergi. Varme fra avfallsforbrenning er regnet som utslippsfritt, i henhold til NS 3720³³. Elektrisitetsforbruk som inngår i fjernvarmemiksen følger utslippsfaktorer brukt for elektrisitet.

Gjennomsnittsverdier over 60 år for utslipp fra strøm og fjernvarme er gitt i Tabell 2-1:

Tabell 2-1 Utslippsfaktorer for elektrisitet og fjernvarme benyttet i klimagassberegninger (gjennomsnittsverdier over 60 års beregningsperiode)

Energibærer	Utslippsfaktor (g CO ₂ -ekv./kWh)	Kilde
Elektrisitet	117	NS 3720, EU28+NO
Fjernvarme, Hamar	4	Eidsiva Bioenergi, Hamar, via Fjernkontrollen.no
Fjernvarme, Lena	23	Eidsiva Bioenergi, Lena, via Fjernkontrollen.no
Fjernvarme, Lillehammer	8	Eidsiva Bioenergi, Lillehammer, via Fjernkontrollen.no
Fjernvarme, Våler	33	SCOP på 3,5 og NS 3720, EU28+NO
Fjernvarme, Søndre Land	23	Eidsiva Bioenergi, Lena, via Fjernkontrollen.no

³⁰ EU28+NO, Europeisk forbruksmiks. Lineær funksjon fra dagens forbruksmiks til nær null i 2050. Er et av to scenarioer fra NS 3720 for strømmiks.

³¹ Eidsiva Bioenergi leverer fjernvarme flere steder, blant annet Hamar, <https://www.fjernkontrollen.no/hamar/>, Lena, <https://www.fjernkontrollen.no/lena/>, Lillehammer, <https://www.fjernkontrollen.no/lillehammer/>

³² <https://www.sondre-land.kommune.no/globalassets/02-dokumenter/politikk-og-organisasjon/horinger/klima-og-energiplan-2018-2028/horingsforslag-klima--og-energiplan.pdf>

³³ Utslipp fra avfallsforbrenning tilskrives den som genererer avfallet.

Klimagassutslipp fra biobrensel, er hentet fra ZEB-rapport «CO₂ emissions from Biofuels and District Heating in Zero Emission Buildings (ZEB)»³⁴. Faktorer fra rapporten er brukt som kilde til utslippsfaktorer for ulike biobrensler som er inkludert i de ulike fjernvarmemiksene. Utslippsfaktor for ved er også hentet fra ZEB-rapporten, og er på 14 gram/kWh. Utslippene fra forbrenning av biobrensler, altså biogent karbon, er ikke inkludert i utslippstallene for biobrensler.

2.5.3. Klimagassutslipp fra materialbruk

For oppgraderte bygg forutsettes det at tiltakene som anbefales/er planlagt/er gjennomført sikrer fortsatt drift av bygget gjennom beregningsperioden, slik at man kan benytte samme beregningsperiode for oppgraderte bygg og nybygg.

I scenario A og B vil utslipp til vedlikehold regnes på bakgrunn av forventet utskifting i løpet av kommende 60 år, basert på materialsammensetning og tilstand før og etter oppgradering.

Klimagassberegninger for materialbruk til oppgradering regnes på bakgrunn av informasjon om de spesifikke materialene som er benyttet, for å sikre mest mulig representative beregninger.

Klimagassberegninger for bygg der det er gjennomført eller planlagt oppgraderingstiltak er gjennomført på tilsvarende måte som beskrevet for fullstendige case-beregninger, med eneste unntak at materialbruk til oppgradering baseres på informasjon om de konkrete tiltakene som er gjennomført.

For materialbruk til oppgradering for de byggene der tiltak er planlagt gjennomført, vil spesifikk informasjon om klimagassutslipp (for eksempel miljødeklarasjon, EPD), legges til grunn dersom informasjon om dette er tilgjengelig.

Der det evt. ikke finnes informasjon om spesifikke materialvalg, eller det ikke foreligger EPD for valgte produkter, vil vi benytte EPD-informasjon for tilsvarende produkter eller evt. verdier fra anerkjente databaser slik som ecoinvent-databasen³⁵. Transportdistanse regnes iht. distanse fra produksjons-/opprinnelsessted for materialene.

Utslipp fra transport av materialer til byggeplass i A4 og B4/B5 er basert på distanse til standard produksjonsland (definert spesifikt for hver produktkategori basert på erfaring). Det er forutsatt at byggevarer typisk vil ha opprinnelsessted innenfor Europa. Fordi det ikke foreligger data som gjør det mulig å gjøre generelle forutsetninger om fordeling av transport mellom ulike transportmidler for ulike materialtyper, er det forutsatt at all transport skjer med lastebil.

For vurdering av transportdistanser for materialer for lokale varer til oppgraderte bygg er det valgt å bruke erfaringstall fra andre prosjekter, og sette samme gjennomsnittsverdier for samme materialer for alle de forskjellige byggene. Erfaringstallene baserer seg på hvor mange fabrikker det finnes for ulike materialtyper, og om materialene vanligvis produseres lokalt eller ikke.

Klimagassutslipp forbundet med materialbruk til tekniske systemer inkluderer utslipp fra produksjon og transport av fjernvarmeanheter, radiatorer, panelovner, ventilasjonsaggregater, vedovner, solfangere, varmpumper, gulvvarmerør og brønner hvor og boring av brønner er inkludert. Ökobaudat³⁶ sin database på tekniske systemer er brukt som grunnlag for å finne utslippsfaktorer for produksjonen (A1-A3) av de ovennevnte tekniske systemene. Transport er beregnet på samme måte som for resten av materialene, som beskrevet ovenfor. Utslipp fra boring av brønner er beregnet fra erfaringstall for dieselforbruk per meter brønn.

³⁴ CO₂ emissions from Biofuels and District Heating in Zero Emission Buildings (ZEB), Kristian M. Lien

³⁵ <https://www.ecoinvent.org/>

³⁶ <https://www.oekobaudat.de/> Online LCA-database av bygningsmaterialer, konstruksjon, transport, energi og avfallsprosesser.

2.5.3.1. Utslippsdata for produksjon av materialer til oppgradering

For å beregne utslipp forbundet med materialbruken som inngår i oppgraderingen har vi tatt utgangspunkt i utslippsfaktorer fra miljødeklarasjoner (Environmental Product Declaration, EPD) for lignende produkter.

Det er som regel stort sett de store produsentene som har utarbeidet EPD for sine produkter. En usikkerhet kan derfor være knyttet til hvorvidt EPD-verdier er representative for de materialene og produktene som vil inngå i oppgraderingen av byggene. Disse materialene og produktene kan ofte være produsert av lokale produsenter som har en annen produksjonsmetode eller innsatsfaktorer som fører til et annet utslipp fra deres produkter enn det som vil være tilfelle for de større produsentene. Dette kan spesielt være tilfelle for dører og vinduer, som for de gamle byggene må spesiallages på grunn av estetiske eller rent praktiske grunner. En del materialer som isolasjon og gipsplater, er mer generiske, og for disse vil det dermed ikke være en like stor usikkerhet forbundet med variasjon i utslipp fra produksjonsfasen.

2.5.3.2. Utslipp fra oppføring av nye bygg

Asplan Viak har utarbeidet såkalte «standard referansebygg» som en del av beregningsverktøyet ByggLCA, og har benyttet disse blant annet for å beregne referansenivåer for klimagassutslipp for materialbruk i utredninger for Direktoratet for Byggkvalitet (DiBK), Oslo kommune, Klimaetaten, og Enova. Våre referansebygg er gjennomgått i samråd med intern bygningsekspertise i Asplan Viak, for å sikre at løsningsvalg er representative. Referansebygget har en nøktern bygningsutforming og standard løsningsvalg.

I analysen har vi forutsatt at nye bygg har samme areal som byggene de erstatter.

Utslipp fra materialbruk i nytt bygg med klimavennlige løsningsvalg (Scenario D) er basert på beregnet potensiale for utslippsreduksjon ved å bytte ut materialer i modellbygget med de mest klimavennlige løsningene som er tilgjengelige i dagens norske marked for byggevarer, beregnet av Asplan Viak på oppdrag for Enova høsten 2020³⁷. Det er ikke forutsatt at overordnede løsningsvalg endres (for eksempel å endre bærekonstruksjon fra betong til tre), men at man erstatter materialer med tilsvarende, mer klimavennlige alternativer (for eksempel lavkarbonbetong). Dette vil for et kontorbygg tilsvare en utslippsreduksjon på ca. 40 %, regnet for 60 års beregningsperiode (for modulene A1-A4 + B4). Utslippsreduksjonene som er lagt til grunn for hver bygningskategori er gitt i Tabell 2-2. For detaljer knyttet til beregning av reduksjonspotensiale, viser vi til Enova-rapporten.

Tabell 2-2 Reduksjon i klimagassutslipp for klimavennlige løsningsvalg for hver bygningskategori for modulene A1-A4 og B4.

Reduksjon	
Småhus	-20 %
Forretning	-28 %
Kontor	-30 %
Låve	-25 %
Skole	-31 %
Landbruksbygg	-15 %

I analyser av nye byggeprosjekter er det som regel knyttet høy usikkerhet til hva som vil skje i avhendingsfasen, både fordi byggets levetid er svært usikker, og fordi det er uvisst hvordan fremtidens maskinteknologi og avfallshåndteringssystem vil se ut. Dette er benyttet som argument for å utelate

³⁷https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/A8F136D1308844CCA1CD3DA65647B5A7.pdf&filename=Klimavennlige%20byggematerialer.%20Potensial%20for%20utslippskutt%20og%20barrierer%20mot%20bruk.16.10.2020.pdf

avhendingsfasen fra livsløpsvurderinger i nye byggeprosjekter. På bakgrunn av dette, finnes det generelt lite erfaringstall for klimagassutslipp fra riving av bygg. Når vi skal sammenlikne utslipp fra rehabilitering med det å rive og bygge nytt i dag, kan vi imidlertid ikke se bort fra utslipp fra avhending av det eksisterende bygget, fordi vi da vil undervurdere utslippene knyttet til å erstatte dagens bygg med nye. Det er imidlertid gjennomført langt færre av denne typen analyser, enn beregninger for oppføring av nye bygg.

En sammenlikning av tall fra publiserte artikler og rapporter som presenterer utslipp fra avhending av ulike typer bygg, viser et veldig stort spenn i klimagassutslipp: 5-527 kg CO₂-ekv./m² bruksareal. De fleste kildene oppgir imidlertid verdier i det nedre sjiktet av dette spennet. I analysen av Villa Dammen ble det gjort en spesifikk beregning av utslipp fra transport og avfallshåndtering av materialene i det eksisterende bygget, som resulterte i et beregnet utslipp på 51 kg CO₂-ekv./m². Denne beregningen baserte seg delvis på forutsetningene presentert i den norske masteroppgaven «Life Cycle Assessment of a Single-Family Residence built to Passive House Standard» (Dahlstrøm, 2011)³⁸, som kom frem til et utslipp ved riving og avhending av et nytt TEK07-bygg på 64 kg CO₂-ekv./m². I denne analysen var både riveprosess og avfallshåndtering beregnet ut fra norske forhold, for en prosjektert enebolig. Studien «Assessment of the environmental performance of buildings: A critical evaluation of the influence of technical building equipment on residential buildings»³⁹ sammenlikner utslipp fra riving og avhending av 5 boligbygg med ulik materialbruk og størrelse. Denne oppgir verdier for avhendingsfasen, inkludert riveprosess og avfallshåndtering, som er sammenliknbare med tallene til Dahlstrøm. Ettersom denne studien både har verdier for bolig- og kontorbygninger med ulik konstruksjonstype (tre/mur), har vi valgt å basere oss på disse, heller enn å bruke tall fra ulike kilder, som potensielt ikke har lagt de samme systemgrensene til grunn. Utslippsverdiene per m² som er lagt til grunn er gitt i Tabell 2-3.

Tabell 2-3 Utslippsverdier for riving som er lagt til grunn.

Kategori	kg CO ₂ e/m ²
Trebygg	66
Murbygg	102

2.5.3.3. Materialbruk til drift og vedlikehold

For å beregne utslipp fra materialbruk knyttet til vedlikehold av case-byggene over beregningsperioden på 60 år, har vi gjort vurderinger av hva som må påregnes av nødvendig vedlikehold for å bevare byggene i den tilstanden de var før oppgradering (scenario A), eller tilstanden for oppgradert bygg (scenario B). Det er for alle materialer og bygningsdeler gjort spesifikke vurderingen for hvert enkelt bygg av hvor lenge det er til de trenger å skiftes ut, og om de trenger å skiftes ut flere ganger i løpet av de neste 60 årene. En del av materialene i de gamle byggene er av en så god kvalitet at de har lengre gjenstående levetid enn hva som ville vært tilfelle for materialer i nye bygg. Dette er hensyntatt.

Materialbruk til drift og vedlikehold av nye bygg er basert på levetider for nye byggematerialer i Asplan Viaks bygningsmodeller. Disse er videre basert på forventede levetider for byggematerialer og komponenter. Utskifting av bygningsdeler med kortere levetid enn 60 år er medregnet iht. forventet levetid i bygget. Forventet levetid for bygningselementer er vurdert med utgangspunkt i SINTEF Byggforsk datablad 700.320 *Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler*, samt erfaringstall og EPD-informasjon. Der det er rimelig at en sammensatt bygningsdel vil måtte skiftes i sin helhet, selv om de ulike

³⁸ <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/234378>

³⁹ <https://www.researchgate.net/publication/271633166> Assessment of the environmental performance of buildings A critical evaluation of the influence of technical building equipment on residential buildings

bestanddelene hver for seg har ulik forventet teknisk levetid, har vi lagt til grunn en felles levetid for bygningsdelen. Dette er for eksempel tilfelle for våtromsvegger, der det må forventes at våtromsmembran og fliser skiftes samtidig.

Det er dermed en forskjell i fremgangsmetode for å beregne utslipp fra materialer i drift og vedlikehold for de ulike scenarioene. For scenario A og B er det gjort spesifikke valg for materialene i hvert bygg, mens det for nybygg er gjort beregninger basert på erfaringstall fra flere ulike kilder.

Utslippene fra materialbruk i drift og vedlikehold vil inntreffe omtrent når materialene skiftes ut (men noe avvik kan det være i form av at materialer kan ligge på lager over flere år). Dette innebærer at vi i våre modeller og beregninger legger utslippene til det året utskiftingen inntreffer. Akkumulerte utslipp per år i analyseperioden er vist for hvert bygg i Vedlegg 1 og 2. Har fremkommer det stegvise «hopp» i utslippene som skyldes utskifting av deler av materialene i byggene.

2.5.3.4. Modellering av nybygg for låve- og landbruksbygg

Låve- og landbruksbygg var ikke en del av kartleggingen som ble gjort for Enova/DFØ hvor utslippsintensiteter per kvadratmeter for flere bygg ble beregnet. Dermed ble disse modellert spesifikt for dette oppdraget.

Materialmengder for et låvebygg ble hentet ut fra masteroppgaven “Låve rehabilitation, investigation and applying a design process to rehabilitate a building significant to the Norwegian Cultural Landscape” (Donald Otterson, 2018)⁴⁰. Ved å bruke utslippsintensiteter fra EPDer ble det beregnet klimagassutslipp for alle materialene og dermed også for bygget som helhet, på lik linje med hva som ble gjort i kartleggingen for Enova/DFØ. For å skille på TEK 17 normal materialbruk og mer klimavennlig materialbruk, ble det brukt bransjestandarder for betong og armeringsstål, ‘normal’ og ‘lavkarbon klasse A’ for betong, og en større andel resirkulert stål som ‘klimavennlig’ armering. For å finne klimagassutslipp for en passivhus låve, som vil trenge mer/bedre materialer (i hovedsak isolasjon) sammenlignet med et TEK 17 bygg, ble TEK 17 verdiene for Låven ganget med en faktor. Vi brukte forholdstallet mellom TEK 17 småhus og passivhus småhus fra Enova/DFØ prosjektet som denne faktoren.

For landbruksbygg fikk vi tilsendt materialmengder for et komplett landbruksbygg fra Tine, som ble benyttet som utgangspunkt for å erstatte dagens bygg på Steig gård. Også her ble det skilt på TEK 17 normal og TEK 17 klimavennlig bygg ved å bruke ulike typer betong og armering. Siden det ikke er noe isolasjon som inngår i landbruksbygget, er det ikke noen grunn til å skille på nytt TEK 17 og nytt Passivhusbygg mht. til dette. Dermed er materialmengdene og også utslippene fra materialbruk de samme per kvadratmeter for TEK 17 (scenario C) og Passivhus (scenario E). I dialog med Gunnar Aasterud i Woodcon⁴¹ om løsninger for nye landbruksbygg, informerte han om muligheter for å bygge nye landbruksbygg i massivtre. Dette kunne vært et godt alternativ til vår fremgangsmåte for scenario D, altså TEK 17 mer klimavennlig, men det har ikke vært innenfor rammene av dette oppdraget å gjøre beregninger av dette alternativet.

Materialmengder som ligger til grunn for beregning av utslipp fra oppføring av låve- og landbruksbygg er gitt i Vedlegg 4.

2.5.4. Oppsummering av forutsetninger for klimagassberegninger

Forutsetningene som er lagt til grunn for å beregne klimagassutslipp knyttet til material- og energibruk i de ulike scenarioene, er beskrevet i tabellen under:

⁴⁰ Otterson, Donald “Låve rehabilitation, Investigation and applying a design process to rehabilitate a building significant to the Norwegian Cultural Landscape”, NTNU, 2018, Donald Otterson

⁴¹ <https://www.woodcon.no/>

Tabell 2-4 Forutsetninger for klimagassberegninger for materialbruk og energibruk, per beregningsscenario

Scenario	Datagrunnlag, materialbruk	Datagrunnlag, energibruk
A	Materialbruk til vedlikehold over beregningsperioden for å opprettholde dagens stand	Beregnet energibruk i dagens stand
B	Materialbruk til oppgradering iht. tiltaksvurderingene for hvert bygg	Beregnet energibruk etter oppgradering
C	Riving av eksisterende bygg, materialbruk til oppføring av nytt tilsvarende bygg iht. dagens standard med gjennomsnittlige løsningsvalg	Beregnet energibruk, nytt tilsvarende bygg iht. TEK17-standard
D	Riving av eksisterende bygg, materialbruk til oppføring av nytt tilsvarende bygg iht. dagens standard med spesiell vekt på klimavennlige løsningsvalg	Beregnet energibruk, nytt tilsvarende bygg iht. TEK17-standard
E	Riving av eksisterende bygg, materialbruk til oppføring av nytt tilsvarende bygg iht. passivhusstandard	Beregnet energibruk, nytt tilsvarende bygg iht. passivhusstandard

2.6. Kostnadsberegninger

Å presentere kostnader for anbefalte oppgraderingstiltak på bygningskroppen er en utfordrende oppgave, ettersom erfaringer viser at anslag kan variere stort avhengig av hvem som kalkulerer, hvilke forutsetninger som ligger til grunn og hvor tiltaket skal utføres. Kostnader til oppgraderingstiltak er avhengige av regionale og sesong- og konjunkturavhengige forhold. Ofte vil nøkkeltall representere en balansepris i det nasjonale markedet som gir et upresist bilde på lokale forhold og tar ikke hensyn til variasjoner i prisnivå på grunn av oppdragsvolum eller økt kostnadsnivå knyttet til nye forskriftsnivå (TEK17) og mindre utbredte standarder som passivhusnivå. Siden mange av byggeierne er privatpersoner er det i alle kostnadsberegninger inkludert merverdiavgift. Kostnadsoverslagene er estimer.

2.6.1. Beregningsmetodikk og datakilder

I denne rapporten er det investeringskostnaden for oppgraderingene som er lagt til grunn for kostnadsberegningene, og ikke levetidskostnader. Det er forutsatt samme bruk og størrelse på bygningskroppen før og etter oppgradering. Norsk prisbok for 2020⁴² og ISY Calcus v.7.4.6 for 2020 med NS3453:2016⁴³ kontoplan er benyttet som grunnlag for erfaringstall i kostnadsberegningene. Vi har i tillegg hatt dialog med lokale byggeverehus, lokale byggmesterbedrifter og nybyggaktører for å kvalitetssikre prisene. I alle tilfellene er det forutsatt at oppgraderingstiltak utføres i sin helhet og sammenhengende for å redusere kostnader til rigg og drift, riving, stillas, etc.

2.6.2. Kostnadsberegninger for oppgradering av objekter med tiltaksvurdering

For objekter med en tiltaksvurdering er det laget spesifikke modeller basert på tiltaksplan og mengdeberegninger i ISY Calcus. Tiltaksvurderingen er mengdeberegnet og prisene fra ISY Calcus er kontrollert mot innhentede priser på materialer og estimer på arbeidsmengde. Der det er tekniske anlegg så har vi brukt enhetspriser og m² priser hentet fra ISY Calcus, og hvis det er foreslått fjernvarme eller

⁴² <https://www.norskprisbok.no/>

⁴³ NS 3453:2016 Spesifikasjon av kostnader i byggeprosjekt

varmepumper har vi brukt enhetspriser fra ISY Calcus. For tømrerarbeidene er det lagt til grunn en gjennomsnittlig timepris for Innlandet på 550 inkl. mva. Det er brukt veiledende priser på materialer fratrukket en tradisjonell «byggmester-rabatt» på 35%. Alle materialmengder er justert opp med 5% for å hensynta svinn. For næringsbygg er det kun tatt hensyn til Plan og bygningsloven og ikke andre lovverk som kan påvirke valg eller kostnader.

Vi har lagt en påslagsfaktor (etter mva.) på 15 %, for å hensynta usikkerhet og forventede tillegg, på lik linje med nybygg. Dette vurderes som et konservativt estimat.

2.6.3. Kostnadsberegninger for oppgradering av objekter med planlagte/gjennomførte tiltak

For objekter der tiltakene er utført har vi prøvd å samle inn data fra alle byggeiere for å få så nøyaktige data som mulig. Det har ikke vært mulig å få helt nøyaktige data, men vi har gjort beregninger basert på mengde og erfaringspriser fra lignende prosjekter, samt brukt ISY Calcus for å kontrollere prisene.

2.6.4. Kostnadsvurderinger for oppføring av nye bygg

Ved å erstatte et gammelt bygg med et nytt, så må byggeierne forholde seg til flere lovverk enn ved en mindre renovering. For eksempel kan Arbeidsmiljøloven føre til større behov for tilpasninger ved et nybygg enn ved en mindre renovering. Slike tilpassinger og vurderinger vil kreve mer tid og ressurser til planlegging, og prosjekteringskostnadene vil øke. For en del byggmestere vil tilpassing til passivhusstandard eller bruk av klimavennlige materialer utløse usikkerhet, noe som kan føre til økte priser. For en del aktører vil denne usikkerheten rundt bruk av nye produkter føre til at de tar høyde for større risiko og dermed vil de søke å overføre denne kostnaden til tiltakshaver/byggeier. De aktørene som er ukjent med bruk av passivhusstandard eller klimavennlige materialer, kan eventuelt gjøre bruk av eksterne prosjekteringstjenester som fjerner risikoen, men da vil prosjekteringskostnadene øke.

Vi har hatt dialog med Optimera som har bygget 3 passivhus på Myklebust i Stavanger. Merkostnadene for passivhus er knyttet til materialmengder og tidsbruk, men det er også identifisert merkostnader som ikke er direkte knyttet til bygget. For eksempel så bygde de 1 av de 3 husene med tak-over-tak stillasløsning. Dette gir en merkostnad på 150 – 250 000 avhengig av byggetid og størrelse. De oppgir at årsaken til behovet er at fukt som tilføres under byggeprosessen ved bygging av passivhus er vanskelig å få tørket ut etter at huset er ferdig. For å unngå den risikoen måtte de ta i bruk en slik stillasløsning. Dette er en merkostnad som vil havne under «rigg og drift».

Ved gjenbruk av tegninger på en bolig som tilfredsstiller kravene til TEK17 må alle tegninger og beskrivelser endres. Dette vil gi merkostnader til prosjektering.

Bruk av lavkarbonbetong vil også kunne medføre ekstra kostnader i forhold til standard betong. Tilgang på, og pris for lavkarbonbetong er avhengig av prosjektets beliggenhet i landet. Lavkarbonbetong klasse B ble tidligere anslått til å være ca. 150 kr dyrere per m³, dvs. ca. 14 % dyrere enn standard betong (erfaringspriser fra Norbetong oppgitt av Veidekke). Imidlertid har Norbetong nå redusert prisene betraktelig, og oppgir nå omtrent samme pris som standardbetong. Hos andre aktører med mindre etterspørsel vil nok prisene fortsatt være høyere, og for Innlandet har vi ikke greid å identifisere betongaktører som har innført dette som en del av standardsortiment. Prisene i kalkylene er derfor satt til 14% høyere enn for standardbetong.

Lavkarbonbetong er et eksempel på at klimavennlige materialer kan føre til økte kostnader til prosjektering. Lavkarbonbetong har andre egenskaper. For eksempel har den dårligere flyt, er mere temperatursensitiv som gir behov for mer tildekking og hvis den brukes på vinterstid må den ha mer tilført varme under støpingen. Alle disse faktorene må tas med i prosjekteringsunderlaget. Men man kan støpe større flater da

den har mindre krymp og gir en tettere betong. Vi har ikke identifisert hva disse merkostnadene vil være, men de vil falle under økte prosjekteringskostnader.

I våre kalkyler så er det ISY Calcus modellbygg for standard hus (scenario C) og passivhus (scenario E) som er underlaget for alle kalkylene. For scenario D (klimavennlige materialer) har vi basert kalkylene på scenario C med følgende endringer: isolasjonstype (endret fra mineralull til trefiber), vindtetting (endret fra gips til vindsperreduk), erstattet bruk av gips innendørs til tre og brukt pris for lavkarbonbetong B eller endret fasthetsklasse fra B35 til B30 kvalitet der det har vært mulig. Endringen i materialvalg har ført til merkostnader på materialer og tidsbruk. Det er prisene på materiell fra Norsk Prisbok som er grunnlaget, sammenlignet med priser fra Maxbo. Tidsbruken for bruk av materialene er endret basert på nøkkeltall i ISY Calcus og erfaringsdata.

I dialog med byggeiere på befaringene for Innlandet var bruk av klimavennlige materialer for mange lite kjent. For at det skal kunne tas i bruk, må tiltakshaver ofte spesifisere konkret for aktørene at de skal velge et klimavennlig produkt.

Selv om vi har vært konsekvente i valgene underveis i kostnadsvurderingene, er det likevel knyttet usikkerhet til summene i kostnadsvurderingene. I et større bygg vil de tekniske installasjonene stå for store deler av investeringskostnaden. Byggeiere kan gjøre andre valg og dermed redusere eller øke kostnadene. Kostnader for riving, deponering og opparbeidelse av grunn før nybygg er tatt med.

Det er ikke gjort sammenligninger mellom plassbygd eller modulbaserte bygg. For et passivhus synes det logisk å kunne spare kostnader til rigg og drift ved modulbasert/fabrikkbygd sammenlignet med plassbygd. Men, det er ikke gjort konkrete vurderinger knyttet til dette. Det er ikke gjort forsøk på å gjøre radikale endringer i konstruksjonsmetode, for eksempel å endre et betongbygg til massivtre.

3. Vurdering av kulturminnehensyn og tiltaksanbefalinger for objekter

3.1. Kulturminnehensyn for objektene

For gamle hus er det ekstra viktig å gjennomføre energieffektiviseringstiltak på husets premisser. Store endringer av vernet eller bevaringsverdige fasader og interiører bør unngås. Det er også viktig å unngå løsninger for tiltak som vil føre til fukt- og råteskader eller dårlig innelima.

De utvalgte bygningene har alle, i større og mindre grad, gjenværende originale materialer, form og/eller fasadeuttrykk. Det er lagt vekt på å velge løsninger som bevarer mest mulig av bygningenes opprinnelige konstruksjoner, elementer og materialer, som hverken endrer fasadeuttrykket eller vernestatusen i særlig grad. Nyere tilføyelser, som eksempel nye vinduer i dårlig stand, er anbefalt erstattet med nye kopier av eldre vinduer. Løsningene er basert på reparasjoner og reversible løsninger i stedet for store utskiftninger.

Fordi flere av bygningene er like i byggemåte, er det beskrevet generelle løsninger for isolering, tetting og vinduer. I de tilfeller der enten eier har spesifikke ønsker, eller der det kreves spesiell tilpassing til den enkelte bygnings særpreg og byggemåte, er det beskrevet egne spesifikke tiltaksløsninger.

Det er ikke gjort vurderinger av kulturhistorisk eller arkitektonisk verdi for bygg der oppgraderingstiltak allerede er gjennomført eller planlagt, ettersom tiltakene for disse byggene allerede er fastsatt.

3.2. Energioppgraderingstiltak i lys av kulturminnehensyn

Ønsket om oppgradering av en eldre bygning rommer gjerne behov for bedre komfort, reduserte energikostnader og opprettholdelse av konstruksjonsmessige kvaliteter for å forlenge levetiden. For yrkesbygninger kan krav i relevante forskrifter gjøre det nødvendig å for eksempel installere ventilasjonsanlegg.

Materialene i eldre bygninger er i all hovedsak naturlige og kortleistede. Bruken av helse- og miljøfarlige stoffer i produkter og materialer gjorde først sin inntreden i maling og laker fra 1930-tallet og utover. Men det var først på 1970-tallet at det tok av.

For at bygninger med vernehensyn skal bli så klimavennlige, energieffektive og komfortable som mulig, er det flere grep som kan gjøres. Hoveddelen av energibruken er knyttet til oppvarming, og da er det hensiktsmessig å se etter tiltak som adresser varmetap og luftlekkasjer gjennom klimaskallet. Etter at mineralull ble vanlig å bruke fra midten av 50-tallet, ble man observant på at man ved å endre varmegjennomgangen i bygningenes klimaskall utløste et behov for å håndtere fuktbelastning både inn- og utvendig.

Innvendig overflatebehandling som interiørmaling og tapet, vil i praksis fungere som en dampspærre, men dette var som regel ikke gjort som del av en uttenkt strategi. Uønskede luftlekkasjer i overganger mellom konstruksjonsdeler (gulv, vegg, karm/vindu, tak), og høy andel hygroskopiske materialer, sørget som regel for at fuktbelastningen holdt seg under kritiske nivåer. Der varmetapet i uisolerte bygningselementer tidligere har bidratt til å tørke ut og bevare konstruksjon vil den ved tettere og bedre isolert klimaskall kunne hope seg opp og gi gode forhold for muggsopp og råte. Dette har ført til bruken av innvendig dampspærre av plast, luftet utvendig kledning og veggventiler. .

Det er altså vidt forskjellige bygningsfysiske forutsetninger som ligger til grunn for at gamle og nye bygninger skal ha et godt innemiljø for brukerne og lang levetid. For å legge til rette for lavere energibruk

og bedre inneklima i eldre bygg, må dette tas hensyn til i valg av løsninger og produkter, spesielt for å redusere risikoen for, fuktproblematikk.

Bevaringshensynet påvirker, spesielt, muligheten til å endre eksteriør og fasader. Tiltak på bygningskroppen som bidrar til å endre eksteriøret er søknadspliktig i henhold til Plan- og bygningsloven. Dette er ikke nødvendigvis fordi noe er verneverdig. Det berører spesielt bygningsfysiske problemstillinger i den spesifikke bygningen, men også visuell og estetisk helhet i nærmiljøet. Det er også en rekke fallgruver for fukt, sopp og råteproblematikk som henger direkte sammen med etterisolering av eldre bygninger.

For bygningseiere kan dette virke avskrekkende, og som en hemske. Det må likevel understrekes at det er en rekke positive sider ved dette for den som ønsker å bo i et eldre hus. Mengden materialer og omfanget kan reduseres, noe som kan gjøre en skånsom oppgradering mer tilgjengelig for bygningseiere.

Evnen og kompetansen til å vurdere verdien i estetikk, håndverker- og materialløsninger er ikke noe alle innehar. Men, den originale utformingen og valg av løsninger ble som oftest gjort med et øye for kvalitet og helhet, som man sjelden ser i dag. Høyder, bredder, dybder og materialer ble nøye valgt for at det skulle være vakkert og varig. Det de eldre bygningene mangler i forhold til moderne krav til komfort, kan utbedres. Men, det er viktig å knytte til seg riktig kompetanse og erfaring. Å velge de billigste løsningene vil kunne resultere i behov for enda dyrere utbedringer og et bygg som estetisk sett ikke henger sammen.

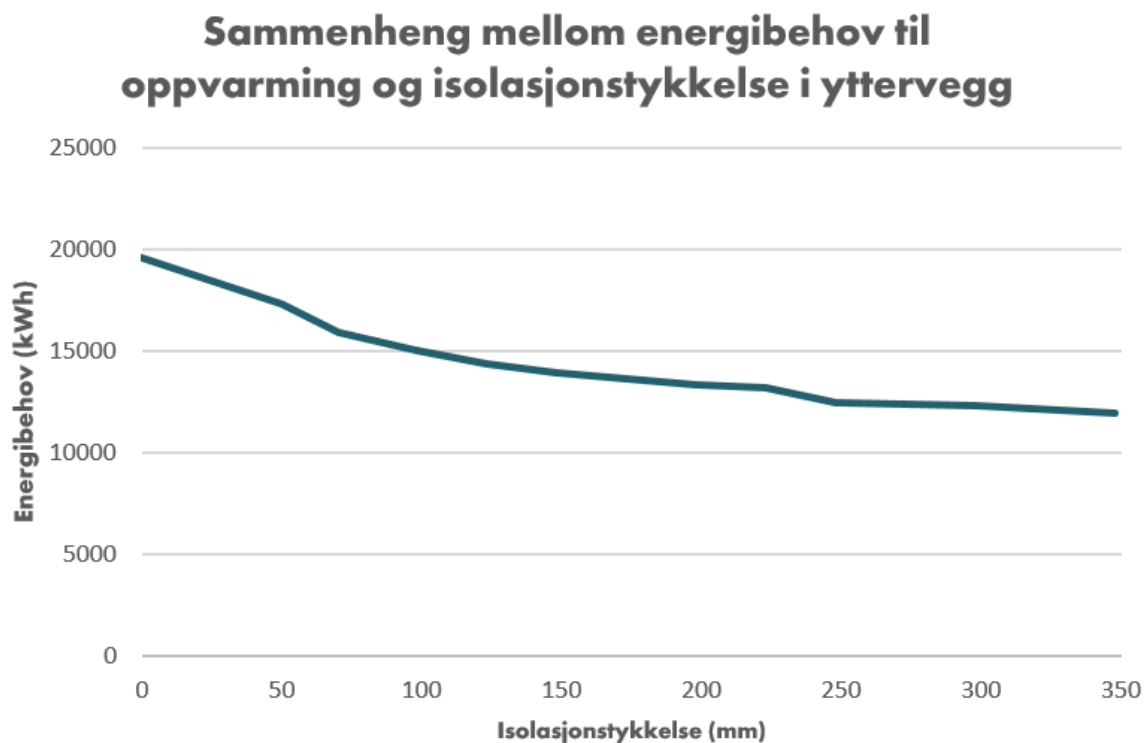
Ved utforming av oppgraderingstiltak for de enkelte bygningene, har vi forsøkt å unngå etterisolering av yttervegger. I enkelte tilfeller der eier har ønsket det, er det beskrevet etterisolering som alternativt tiltak. I stedet for etterisolering av yttervegger er det foreslått etterisolering av etasjeskillere og tetting av utsatte punkter i overganger og rundt vinduer. Det er foreslått å bevare originale vinduer i god stand, og supplere disse med varevinduer.

Størst utfordring er knyttet til Storgata 35 og sommerfjøsset på Setton gård. Disse er kalde bygninger som krever tiltak som vil endre bygningens funksjon og dermed eksteriør. For disse har vi gitt tilpassede råd, og en anbefaling om kontakt med Innlandet fylkeskommune (IFK) for videre rådføring. Det trengs også avklaringer med kommunene angående endring av funksjon og brannkrav. Vi har også gjort noen spesialtilpassinger for enkelte av de andre bygningene, som f.eks. Lena vgs der tre bygninger er med, og rekka i Våler som har et «knapt» fasadeuttrykk.

3.2.1. Etterisolering

Etterisolering bidrar til å redusere varmetapet, men bør utføres av noen med kompetanse og erfaring til å vurdere bygningsfysiske problemstillinger som kan oppstå når varmestrømmen i bygningsdelen endres.

Man skal også være observant på at varmetapet ikke reduseres proporsjonalt med tykkelsen på isolasjonen. Figur 3-1 viser hvordan energibehov til oppvarming reduseres for en uisolert reisverksvegg med en økende tykkelse isolering. 75% av besparelsen vil være knyttet til de første 12cm, deretter flater besparelsen ut. Beregningen er utført for eneboligen Villa Dammen, bygget i 1936, med klimadata for Moss.



Figur 3-1 Sammenheng mellom energibehov til oppvarming og isolasjonstykkelse i yttervegg for Villa Dammen

En undersøkelse gjennomført av Norsk Treteknisk Institutt⁴⁴ viser at man ved statisk beregning av U-verdi ved NS-EN 12664:2001 og NS-EN ISO 6946 for laft kan ha overvurdert varmetapet. Statisk beregning for 8" (200mm) gir en U-verdi på ca. $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$, mens nye målinger viser reell U-verdi nærmere $0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$. I undersøkelsen har man tatt hensyn til at laftet gir fra seg varmestråling til rommet når vann i gassform kondenserer, og blir tatt opp av treverket (hygrotermisk effekt). En bindingsverksvegg med 10cm isolasjon har en U-verdi på ca. $0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$. Effekten ved å legge på mer isolasjon er ikke stor sammenlignet med kostnadene knyttet til tiltaket, og påvirkningen det har på bygningens estetiske uttrykk. Dette kan være et argument for å legge vekt på tetting av luftlekkasjer med en særlig dampåpen vindspærre ($S_d\text{-verdi} < 0,5 \text{ m}$) ved utskifting av utvendig panel. Vindspærren vil tillate veggen og tørke utover, men hindre uønskede luftlekkasjer. Slike lekkasjer trekker fuktig luft inn i konstruksjonen, og bidrar også til å øke oppvarmingsbehovet. Innvendig tildekking av laftestokkene med gips eller behandlet panel vil kortslutte den hygrotermiske effekten mellom treverket og luften. Resultatene i undersøkelsen er foreløpige, og basert på nyoppførte testbygg, og vil nok ikke være direkte overførbart til eldre laftekonstruksjoner.

I Innlandet har det vært brukt mye flis som isolasjonsmateriale, spesielt i etasjeskillere mot kjeller og kaldt loft. Dette utgjør en fare ved brann, og kan være grunn til å fjerne gammel flis og etterisolere med moderne isolasjonsprodukter tilsatt brannhemmende stoffer.

3.2.1.1. Etterisolering av fasader

Etterisolering av fasader på utsiden er sjelden akseptert for bygninger der vernehensyn trer inn. Tradisjonelle konstruksjonstyper som laft, reisverk og teglsteinsvegger har lite eller ikke noe tomrom å fylle med isolasjon. For utvendig isolering vil den økte tykkelsen bidra til flere tekniske og estetiske problemstillinger. Ytterpanel, listverk, hjørnekasser og gesimser vil byttes med nye materialer, og detaljer vil

⁴⁴ <http://www.treteknisk.no/aktuelt/energibruk-i-laftebygg>

gå tapt. Det arkitektoniske uttrykket vil også påvirkes. Ytterveggen vil henge utover grunnmuren, og takutstikket vil reduseres. Dette bidrar til at bygningen kan se "oppblåst" ut, og inntrykket kan forsterkes hvis vinduene ikke flyttes ut i vegglivet.

Legger man isolasjon på innvendig vegg senkes temperaturen i konstruksjonen, slik at fukt kan kondensere og fryse. Dette er spesielt en utfordring for mur- og teglsteinsvegger der det kan lede til frostsprengning. Dette må også ses i sammenheng med en forventning om mer fuktig vær og slagregn i fremtiden som vil gi mer oppfuktning av fasader. Innvendig isolering vil stjele av areal og volum, noe som kan oppleves negativt av brukerne, og kan påvirke verdien.

3.2.1.2. Isolering av etasjeskiller mot kjeller/loft

Etasjeskillere er som skapt for å fylles med isolasjon, og arbeidsprosessen er ofte lite krevende. Høyden på bjelkene er tradisjonelt 8" (200mm for skurlast), og man har derfor plass til å legge isolasjon mellom bjelkene.

Ved bruk av stubbeloftsleire eller flis i etasjeskillere vil sjelden hele tomrommet mellom bjelkene være fylt opp. Dette gir et luftrom på undersiden av gulvbordene der kald luft kan sirkulere fra yttervegg. For etasjeskiller mot kjeller vil dette bidra til følelsen av at det er gulvkaldt på varm side. For kaldt loft har ikke dette noen stor betydning, men det bidrar uansett til å lede varme ut av bygningen. For bjelkelag mellom etasjer som holder samme temperatur, vil fullisolering være unødvendig. Da kan randsoneisolering være et alternativ. Kun områdene ut mot yttervegg (ca. 1 m) fylles med blåseisolasjon for å stoppe trekken fra yttervegg. Dette kan utbedres ved å fylle tomrommet med blåseisolasjon eller isolasjonsplater/matter. Man kan komme til hulrommet ved å borre hull fra under- eller oversiden som blåseslangen kan stikkes inn gjennom. Dermed kan man unngå ekstra arbeid og kostnader knyttet til å legge nytt gulv. Hvis gulvplankene skal fjernes, kan stubbeloftsfyllet suges ut. Dette gir plass til mer isolasjon, og man unngår at flis/leire drysser ned mellom sprekker i takpanelet.

For bygningene i prosjektet var det utelukkende brukt flis som isolasjon. Dette utgjør en særlig fare ved brann både i lukkede konstruksjoner (etasjeskiller mot kjeller), og i åpne bjelkelag som man kan finne på loft.

Ved etterisolering mot kjeller og loft bør man nøye vurdere utluftingsmulighetene på kald side av isolasjonslaget. Dårlig luftskifte vil kunne føre til opphoping av fuktig luft som i kombinasjon med redusert temperatur kan føre til gode vekstvilkår for råte- og muggsopp.

3.2.1.3. Tetting av luftlekkasjer i overganger

Uønskede luftbevegelser gjennom utettheter i klimaskallet (infiltrasjon, i motsetning til ønskede luftbevegelser, ventilasjon) oppstår på grunn av trykkforskjeller mellom innvendige volum og utenfor. Trykkforskjeller skyldes vindpåvirkning utenfra, eller temperaturforskjeller inne og ute. Slike luftbevegelser er uheldige. Kald luft i bevegelse, eller trekk, er ubehagelig, øker oppvarmingsbehovet og kan føre fuktighet inn i konstruksjonen.

Utettheter finner man gjerne i overganger mellom konstruksjonsdeler; grunnmur/vegg, vegg/karm, karm/vindu eller dør og vegg/etasjeskiller. For nye bygninger stilles det i dag krav til at lekkasjene skal måles med en trykktest, og at de samlede lekkasjene ikke skal overstige et gitt nivå. Dette nivået har gradvis blitt lavere etter hvert som det har blitt lagt mer vekt på tetting i moderne byggeri. For TEK97 var kravet til lekkasjetallet for småhus 4, i TEK07 og TEK10 ble det satt til 2,5 og i TEK17 er det 0,6. Benevnningen for luftlekkasjetallet er luftomsetninger per time (oms/h). Lekkasjetallet måles ved at en vifte monteres i en døråpning, og alle ventiler, pipeløp, etc. stenges. Viften setter bygningen under henholdsvis over- og undertrykk på 50 Pa (Pascal). Lufta som trekkes gjennom viften tilsvarer gjennomstrømningen via

uttettheter i klimaskallet. Denne luftmengden divideres på bygningens volum, og tilsvarer antall utskiftninger per time ved 50 Pa.

I dagens bygninger bruker vi damp- og vindsperrer for å sikre lufttetthet av klimaskallet. I gamle dager brukte man gjerne flere lag med papp både på innvendig og utvendig vegg, og mose i laftekonstruksjoner. Ved utskifting av ut- eller innvendig kledning i eldre bygg, anbefales det å bruke en dampåpen vindsperre ($S_d\text{-verdi} < 0,5\text{m}$). Dette hindrer luftlekkasje og reduserer samtidig risiko for kondens når det er kaldt ute, ved å la fukten tørke ut når det er varmt.

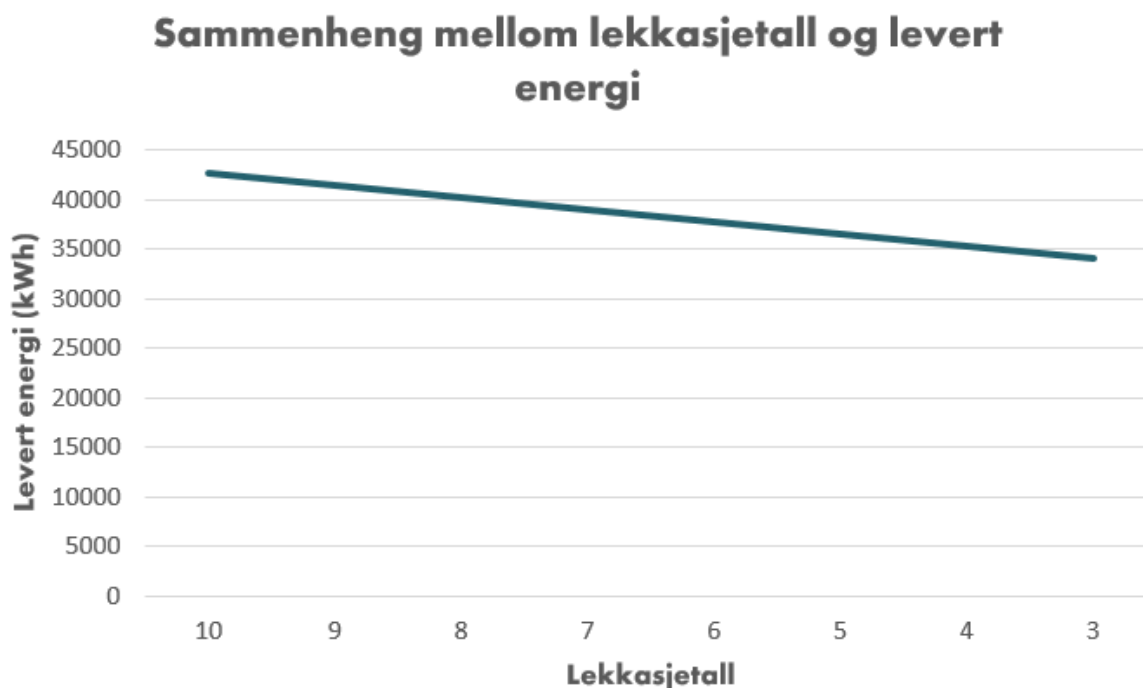


Figur 3-2 Eksempel på tetting i laftevegg fra Setton Gård

Etterisolering av etasjeskillere, enten fullisolering eller randsoneisolering, vil bidra til å redusere luftlekkasjer fra yttervegg og inn i bjelkelag. Fullisolering av etasjeskillere vil også hindre innvendige luftlekkasjer fra kjeller og loft inn til oppvarmede rom.

Ved å ta av lister, kan man dytte isolasjon inn i åpninger i overgangene innvendig. Man får også kjøpt remser med vindsperrereduk som kan stiftes fast over overgangene før listene monteres på igjen. Trekk fra vinduer og dører kan stoppes med tettelister i silikon. Disse kan i mange tilfeller være for tykke, og gjøre det vanskelig å lukke varevinduer. Tykk ulltråd vil da kunne passe.

Er man nøye vil slik tetting kunne redusere luftlekkasjene betraktelig. Villa Dammen, bygd i 1936, ble lekkasjetestet før og etter oppgradering. Med fullisolering og montering av vindsperre på etasjeskiller mot kjeller, blåseisolering på loft, dytteisolasjon, og vindsperre på alle overganger innvendig og tettelister på innvendige varevinduer, ble lekkasjetallet redusert fra 7,8 oms/h til 4,1 oms/h. Kravet i byggeforskriften var 4 oms/h frem til 2007.



Figur 3-3 Sammenheng mellom lekkasjetall og levert energi

I Figur 3-3 ser man forholdet mellom energibruk og tetthet i en bolig med reisverksvegger, etasjeskillere mot kald kjeller og loft med stubbeloftsfyll, vinduer med innvendige varerammer. Denne bygningen er helt eller delvis representativ for de aller fleste av boligbygningene i prosjektet. Diagrammet viser energibruk for et spenn i lekkasjetall fra 10 oms/h til 3 oms/h. Dette kan variere veldig fra bygning til bygning, men henger naturligvis sammen med tilstanden til bygningen. For Breie ble det for eksempel målt et lekkasjetall på 24 oms/h.

3.2.2. Utbedring/oppgradering av vinduer

Vinduer utgjør et element i eldre bygninger der kombinasjonen av estetikk, håndverk og materialvalg gjør seg spesielt gjeldende. Frem til 1920-tallet ble de laget for hånd, og tilvirket med den spesifikke bygningen som utgangspunkt. Dette kom til uttrykk i større detaljrikdom i utformingen, som man ikke ser i moderne vinduer. På 1960-tallet begynte produksjonen å ligne den vi har i dag, der vinduer leveres ferdigmalt med karmen og beslag. Utviklingen har gått mot kraftigere karmen og rammer i moderne vinduer, noe som kan endre balansen i det visuelle uttrykket for bygningens fasader.

Trematerialene i eldre vinduer er ofte av god kvalitet, og består av få og enkle deler. Det er derfor en mulighet for å forlenge levetiden ved rutinemessig vedlikehold. For moderne vinduer har man en forventet levetid på 20-30 år. Vinduer har en stor påvirkning på hvordan vi oppfatter innneklima. Varmetapet er, også for nye vinduer, mye høyere enn for veggene de er montert i. Effekten blir forsterket av at når varm inneluft blir nedkjølt ved glassflaten så blir den tyngre og faller nedover. Denne luftbevegelsen kalles kulderas, og vil når luften får fart på blomsterbrettet eller langs gulvet, oppleves som trekk. Dette vil ofte påvirke hvordan vi møblerer, og at vi monterer panelovner under vinduer.

Vinduer slipper mye varme ut, men tillater også sol og dagslys å skinne inn. Dette gir et vesentlig varmetilskudd i begrensede perioder. Gamle vinduer har ofte et større glassareal enn nye vinduer av tilsvarende bredde og høyde. Dette bidrar til høyere dagslysnivåer i rom.

For et eldre vindu med enkle glass og varmerammer vil U-verdien ligge rundt $2,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mot kravet i dagens byggeforskrift på $<1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. U-verdien til karm og vindusrammer er bedre i vinduer med varerammer enn for vindu med vanlige rammer. I SINTEF-rapporten «Energieffektive bevaringsverdige vinduer»⁴⁵ (Homb & Uvsløkk, 2012) kommenteres det at «Årsaken til denne positive karm-/ramme-effekten er at avstanden mellom innvendig og utvendig glassflate blir større i et vindu med vareramme enn i et nytt vindu med vanlig, enkel ramme». I rapporten vises det også at ved å sette inn glass med lavemitterende belegg i varerammen, kan U-verdien reduseres fra 2,1 til 1,5-1,6 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Kostnaden for å skifte eller oppgradere gamle vinduer kan være høye. Terskelen for å vedlikeholde og legge til rette for lavere varmetap kan være tilsvarende lavt. Luftlekkasjer mellom karm og ramme kan enkelt tettes med dytteisolasjon. Man kan også feste en strimmel med vindsperre mellom innvendig karm og vegg før listen settes tilbake. For å hindre at innvendig, varm luft trekker med seg fukt ut i mellomrommet mellom vindusrammene, bør tettelister eller ulltråd monteres på anslaget mellom varerammen og karm.

Hvis man ønsker å bytte til nye vinduer bør man se etter typer der tykkelsen på karm og ramme gir det samme glassarealet som de originale vinduene. Det finnes dessuten muligheter for å spesialbestille kopier av eldre vinduer etter mål hos flere vindusprodusenter på landsbasis.

3.2.3. Energiløsninger

3.2.3.1. Installere nye rentbrennende, og varmelagrende vedovner

I Innlandet er det lange tradisjoner for å ta i bruk vedovner og åpne ildsteder. Veien til skogen er kort, og tilgangen på billig ved stor. Åpne peiser fungerer best til å frakte varme ut av en bygning fordi kun ca. 10% av energien i veden blir igjen som varme i rommet. Lukkede vedovner kan med riktig fyringsteknikk komme opp i 60-70%. Resten er tap i form av uforbrente partikler og røykgass som forsvinner opp i pipen. Det er dermed den minst effektive og mest forurensende varmekilden vi har.

Vedovnen har likevel noen gode egenskaper. Vedovnen kan avgi veldig mye varmeeffekt på kort tid. Den kan dermed raskt bidra til å endre romtemperatur fra ubehagelig kaldt til komfort-temperatur. Med litt innsats kan komforttemperaturen opprettholdes over lengre tid. Dette gjør den uten å kreve tilkobling til strømmettet. Vedfyring er effektivt, og kan dermed bidra til at forsyningsnettene ikke bryter ned ved lave utetemperaturer.

En problemstilling med gamle bygninger er at varmen forsvinner fort ut gjennom klimaskallet. Et kjent fenomen er at innetemperaturen endrer seg fra kaldt om morgenen til varmt om kvelden. Det gjør det til et poeng å holde på varmen så lenge som mulig, for eksempel ved å lukke dører og trekke for gardiner om natten. Varmelagrende ovner med kleberstein bidrar til at energieffektiviteten til vedovnen øker. Dette skjer ved at varmeenergien kan lagres, og tappes over tid.

3.2.3.2. Varmepumper

Vanligvis skiller vi mellom ulike typer av varmpumper på bakgrunn av hva de henter varme fra, og hva de varmer opp. Til oppvarming av bygninger brukes vanligvis:

- Luft-luft varmpumper som bruker uteluften som varmekilde, og overfører varme til inneluft. Kan også brukes til kjøling. Har lavest investeringskostnad. Er mindre effektiv ved lave utetemperaturer, men som regel mer effektiv enn direkte elektrisk oppvarming.
- Luft-vann varmpumper overfører varme fra uteluft til vannbåren varme og varmt vann. Siden varmen kan fordeles uavhengig av varmepumpens plassering, og varme kan lagres i akkumulator/bereder, er besparelsen større.

⁴⁵ <https://www.byggogbevar.no/media/7901/energieffektive-bevaringsverdige-vinduer.pdf>

- Væske- vann varmepumper tar varme fra energibrønn via en frostsikker væske som sirkulerer gjennom energibrønn til varmepumpen. Varmen overføres så til vannbåren varme. Har høyest investeringskostnad, men gir størst besparelse. Siden temperaturnivået i grunnen er jevnt høyere enn utetemperaturen, har den mer stabile arbeidsforhold.

Varmepumper har en ekstremt effektiv omdanning av elektrisitet til varme. Man kan forvente at for hver kWh elektrisitet man tilfører varmepumpen så får man 2-4 ganger varme tilbake. Den viktigste faktoren som påvirker effektiviteten til varmepumpen er hvilke temperaturforhold den jobber under. Varmepumper defineres som lavtemperatur varmekilder, i motsetning til olje/elkjeler og vedovner. Varmepumper som lever varme til vannbårne anlegg skal helst levere temperaturer opp til 45°C, men kjeler arbeider opp til 80°C. Det er stor forskjell i mengden varmeeffekt som kan tilføres et bygg, noe som kan være krevende når utfordringen er høyt varmetap i bygningen. Dette er viktig å ta med i vurderingen av varmepumper som varmekilde, i dimensjoneringen og behovet for andre varmekilder å spille på.

3.2.4. Styring av energibruk

Ofte vil byggeiere forholde seg praktisk i forhold til drift og vedlikehold av tekniske anlegg. Filtere i ventilasjonsanlegg blir skiftet i henhold til serviceavtaler, og mekaniske komponenter blir byttet ved havari. En helhetlig oppfølging som skal legge grunnlag for energieffektiv og optimalisert drift vil bidra til å redusere energibruk, legge til rette for bedre inneklima og lengre levetid for komponenter og anlegg. Dette vil innebære en systematisk oppfølging av energibruk og kontroll på korrekt vannkvalitet, riktige vannmengder i vannbårne anlegg og riktige temperaturnivåer i varmeanlegg. Avvik fra optimale forhold vil føre til dårligere virkningsgrad, redusert varme- og kjøleavgivelse, økt korrosjon, redusert levetid og unødvendig høyt energiforbruk.

Med økt kompleksitet i varme-, kjøle- og ventilasjonsanlegg er kompetansen til byggeiere og driftspersonell helt avgjørende for hensiktsmessig drift og styring. Overvåking av energibruken kan gjøres manuelt ved å logge inn på elhub.no eller på strøm- eller fjernvarmeleverandørens nettsider og sammenligne relevante driftsintervaller (time, dag, uke, etc.). Man kan også investere i Energi Overvåkings Systemer (EOS), men dette er ikke vanlig hos små og mellomstore bedrifter.

Ved å føre kontroll på når energi brukes, og i hvilke mengder, kan man oppdage driftsavvik. Det kan være at anlegg står på utenfor virksomhetens åpningstider eller at kjøling og varme står på samtidig. Bygg med et forbruk over en viss størrelse vil også faktureres for forbruk av effekt (kW) for å dekke netteiers utgifter til utbygging og dimensjonering av nettkapasitet. Dette kan utgjøre en betydelig del av virksomhetens energikutgifter. Siden startstrøm er mer effektkrevende enn driftsstrøm, kan man redusere effekttopper ved å fordele oppstart av tekniske anlegg til forskjellige tidspunkt.

3.3. Oppsummering av tiltak

En oppsummering av tiltak som er lagt til grunn for analysen, per bygg, er gitt i Tabell 3-1 og Tabell 3-2:

Tabell 3-1 Oppsummering av oppgraderingstiltak for kontor, skole og industrilokaler

Kontor, skole og industrilokaler	Energiløsning	Vinduer		Etterisolering (cm)						
	Ny/oppgradert ventilasjon	Nye vinduer	Nye vare-rammer	Mot loft	I skrå tak	Vegg mot knekott	Tak mot knekott (randsone-isolering)	Mot kjeller	Gulv mot friluft/ grunn	Yttervegg
Søndre Land Rådhus	x	x		35					25	
Anders Sandvigsgt. 30	x		x	20						
Melkefabrikken på Kapp	x		x	20						
Melkefabrikken på Hamar		x			30				15	20
Bankbygget på Heggenes		x			25	25	25			20-35
Søndre Land Næringshage		x			35					25
Gamle Snekkerverkstedet			x	20						
Gamlesmia			x	20				5		
Toten Montesorriskole			x	20						
Setton gård		x		20						10
Storgata 35		x			20					15

Tabell 3-2 Oppsummering av oppgraderingstiltak for boligbygg, inkludert hotell

Boligbygg	Energiløsning	Vinduer		Etterisolering (cm)						
	Grunnvarme-pumpe	Nye vinduer	Nye vare-rammer	Mot loft	I skrå tak	Vegg mot knekott	Tak mot knekott (randsone-isolering)	Mot kjeller	Gulv mot friluft/ grunn	Yttervegg
Vestsidvegen 1126		x		40	10			15		15
Ringelien Gård	x		x	40		10	20	15		
Granum gård		x (tilbygg)		40	15 og 20	10	10	5		10 (tilbygg)
Nerby gård	x	x	x	20				5		
Rekka i Våler		x			30			20		15
Breie		x		20	20			5		
Jorderik	x		x	40				20		
Hytte / gjenbruksprosjekt				20					20	
Grøna hovedbygg	x		x		20			20		
Grøna stabbur	x		x		20				20	

3.4. Tilleggsvurderinger for Søndre Land Rådhus og Rekka i Våler

Som beskrevet over, har vi tatt utgangspunkt i en fast tiltakspakke for oppgradering av hvert bygg, som tar utgangspunkt i byggets verneverdi og byggeiernes ønsker. Analysen av energibruk og klimagassutslipp er gjennomført med dette som utgangspunkt, og beskriver dermed effekten av foreslåtte tiltak. Vi har ikke gjort revurderinger av omfang for tiltak eller vurdert ulike tiltak opp mot hverandre for hvert bygg i lys av resultatene. En slik iterativ prosess hadde vært ideelt dersom målet var å finne den mest klimaoptimale oppgraderingspakken for hvert bygg. Med 24 bygg og 5 scenarioer per bygg omfatter analysen totalt

120 ulike alternativer, og det har derfor ikke latt seg gjøre å gjennomføre flere analyser innenfor oppdragets rammer.

Vi har likevel gjort noen tilleggsvurderinger for bygg som står i en særstilling med hensyn til hvilke tiltak som vurderes, hvor interessen for å vurdere konkrete alternative tiltak har vært spesielt høy. Dette har vært avtalt i samråd med oppdragsgiver.

Resultater for tilleggsvurderingene er presentert i kapittel 4.4.3.

3.4.1. Energiløsning for Søndre Land Rådhus

Hovedalternativet for oppgradering av Søndre Land Rådhus forutsetter å beholde dagens energiforsyningsløsning, dvs. direkte elektrisk oppvarming.

Kommunen har gjennomført en mulighetsstudie for fjernvarme i området, der det forutsettes at rådhuset knyttes til. Vi har derfor i tillegg vurdert et alternativ der det installeres vannbåren varme og bygget knyttes til fjernvarmenett.

3.4.2. Grad av oppgradering for Rekka i Våler

For Rekka i Våler la vi opprinnelig til grunn en skånsom oppgradering som omfattet utskifting av vinduer, etterisolering mot kjeller og i yttervegg. Ettersom dette viste seg å gi en relativt moderat energigevinst, og det foreligger et arkitektforslag for en mer omfattende oppgradering til TEK17-nivå, valgte vi å inkludere ytterligere 2 alternativer. Vi har vurdert en noe mer omfattende oppgradering enn den som ble foreslått, der det legges til grunn noe mer isolasjon i yttervegg (15cm totalt), samt utskifting av taket, som gir mulighet for mer isolasjon (30 cm totalt). Vi har valgt å presentere det noe mer omfattende alternativet som hovedalternativ i resultatene, fordi dette ligger et sted mellom de to øvrige. En oppsummering av alternativene er gitt i Tabell 3-3:

Tabell 3-3 Vurderte alternativer for oppgradering av Rekka i Våler

Skånsom	Omfattende	Arkitektforslag
- Utskifting av gammel isolasjon 100mm, ny vindsperre - Nye vinduer med U-verdi 0,8W/(m²K) og dør med U-verdi 1,2W/(m²K). - Etasjeskiller mot kjeller isoleres med 200mm isolasjon. - Reduksjon i lekkasjetall fra 6 luftskifter/h til 4 luftskifter/h.	- Utskifting av gammel isolasjon 100mm og utforing 50mm (totalt 150mm isolasjon), ny vindsperre. - Nytt tak med 300mm isolasjon - Nye vinduer med U-verdi 0,8W/(m²K) og dør med U-verdi 1,2W/m²K. - Etasjeskiller mot kjeller isoleres med 200mm isolasjon. - Reduksjon i lekkasjetall fra 6 luftskifter/h til 3 luftskifter/h.	- Ny utvendig kledning med 20cm isolasjon i yttervegg - 10cm EPS under grunn, og 20cm over - 20cm EPS i kjellergulv - 25cm i tak original bygg og 40cm i tilbygg - Balansert ventilasjon - U-verdi 0,8 vindu og dør

4. Presentasjon av resultater

I dette kapitlet presenterer vi resultatene av energiberegningene og beregnede klimagassutslipp for objektene. Drøfting av betydningen av resultatene, samt hovedfunn, er gitt i kapittel 5.

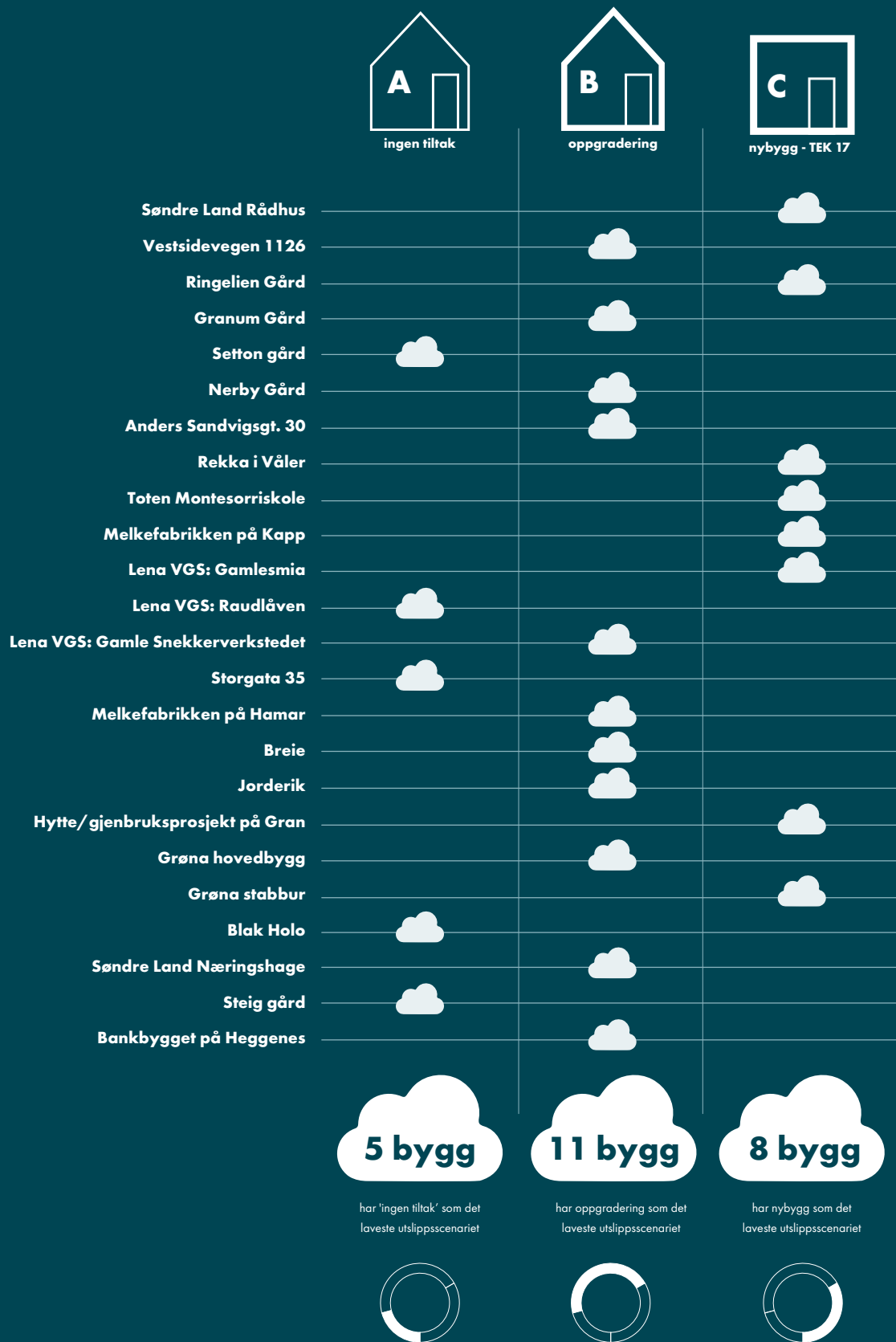
Beregnet energibruk, klimagassutslipp og kostnader for alle bygninger og scenarier er presentert grafisk, sammen med nøkkelinformasjon om hvert bygg i Vedlegg 1 og 2. I tillegg er beregnede utslipp for alle bygg og scenarier presentert tabellarisk i Vedlegg 3.

4.1. Overordnede resultater

På neste side har vi vist en oversikt over hvilket av scenario A (nåtilstand, ingen tiltak), B (oppgradert bygg) og C (riving og oppføring av nytt TEK17-bygg) som gir lavest klimagassutslipp for bygningene som er vurdert i analysen.

Våre beregninger viser at oppgradering gir lavere utslipp enn å oppføre et nytt bygg som oppfyller dagens forskriftskrav for 12 av de 24 bygningene. For 7 bygninger viser resultatene at standard nybygg gir lavest utslipp. For 5 av bygningene er beregnede utslipp lavest i scenario A, men dette skyldes at disse bygningene per i dag ikke er oppvarmet, og dermed ikke har noen energibruk i nåtilstand. Hvis vi ser bort fra disse, er konklusjonen dermed at oppgradering gir lavest utslipp for 63 % av bygningene i analysen.

TOTALE UTSLIPP PER AREAL, 60 ÅR



På neste side vises beregnede klimagassutslipp per m² (BRA) for de byggene i analysen som er oppvarmet i nåtilstand, for alle fem beregningsscenarioer. Søyletettene på figuren viser utslipp per m² for scenario A, og relativ endring fra scenario A før øvrige scenarioer. Resultater for bygg som er kalde i nåtilstand er presentert i kapittel 4.4.

Figuren viser at utslippene for bygg i nåtilstand (scenario A) er betydelig høyere enn oppgradert bygg (scenario B) og nybygg (scenario C-E) for 10 av 19 bygg. For de samme byggene ser vi også en betydelig reduksjon i utslipp som følge av oppgradering. I gjennomsnitt er reduksjonen i utslipp som følge av oppgradering, sammenliknet med fortsatt drift i nåtilstand, 38 %. For de byggene der oppgradering gir lavere utslipp enn standard nybygg (utslipp er lavere i scenario B enn i scenario C), er differansen mellom scenario B og C i snitt 21 %. For de byggene der nybygg gir lavest utslipp (utslipp er lavere i scenario C enn i scenario B), er differansen mellom B og C i snitt 33 %. Altså er det større forskjell i utslipp mellom oppgradering og nåtilstand enn mellom oppgradering og nybygg, når man ser alle byggene under ett.

Som nevnt over, gir oppgradering lavere beregnede utslipp enn et nytt standardbygg for 12 av byggene. For tre av de 12 bygningene hvor standard nybygg (TEK17) gir høyere utslipp enn oppgradering, ville det å rive og bygge nytt passivhus imidlertid gi lavere utslipp enn oppgradering. For Anders Sandvigs gate og Grøna Stabbur vil også et nybygg med spesielt klimavennlige materialer gi lavere levetidsutslipp enn oppgradert bygg.

KLIMAGASSUTSLIPP PER KVADRATMETER (BRA), 60 ÅR



ingen tiltak



oppgradering



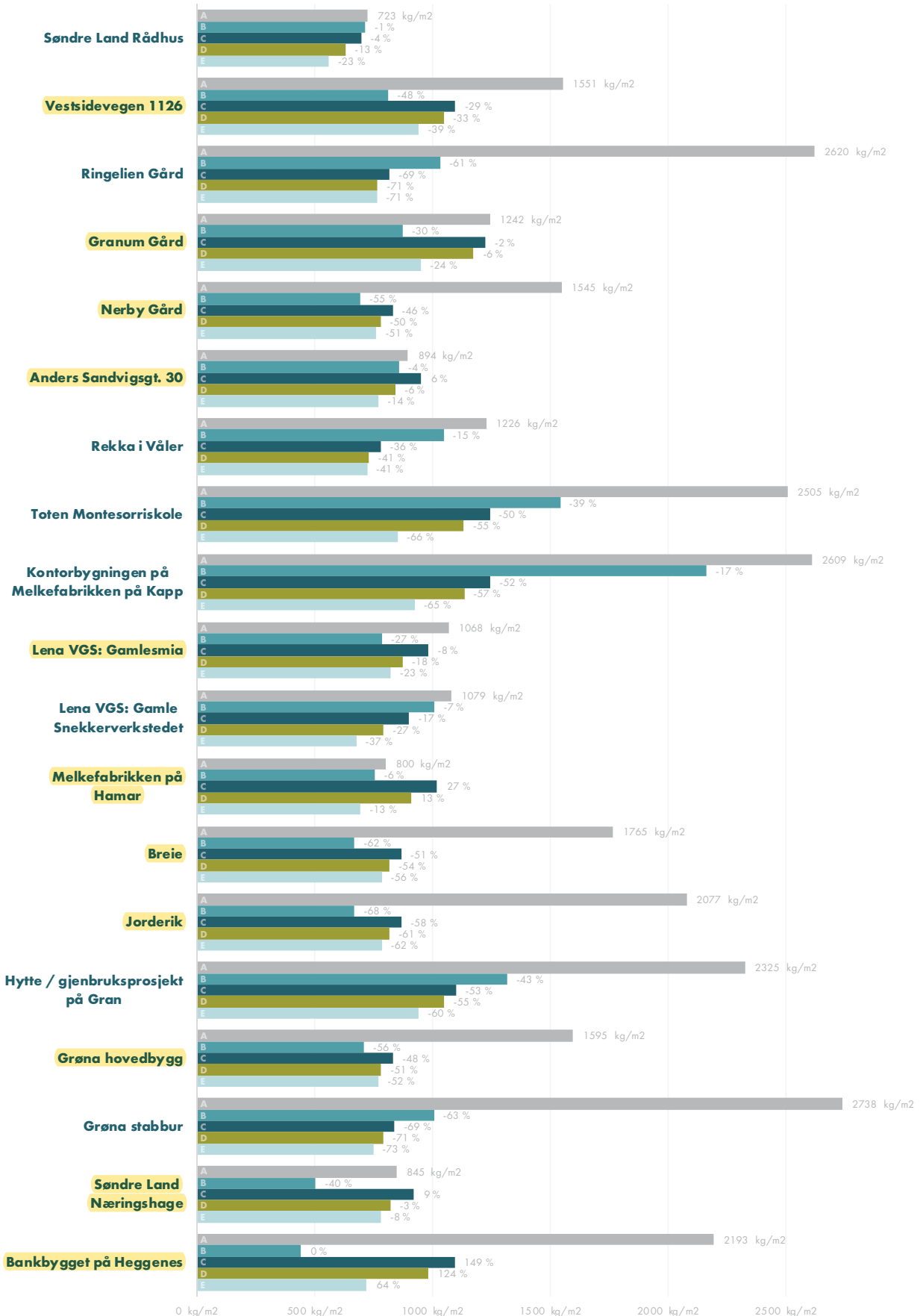
nybygg - TEK 17



nybygg - TEK 17,
klimavennlige
materialer

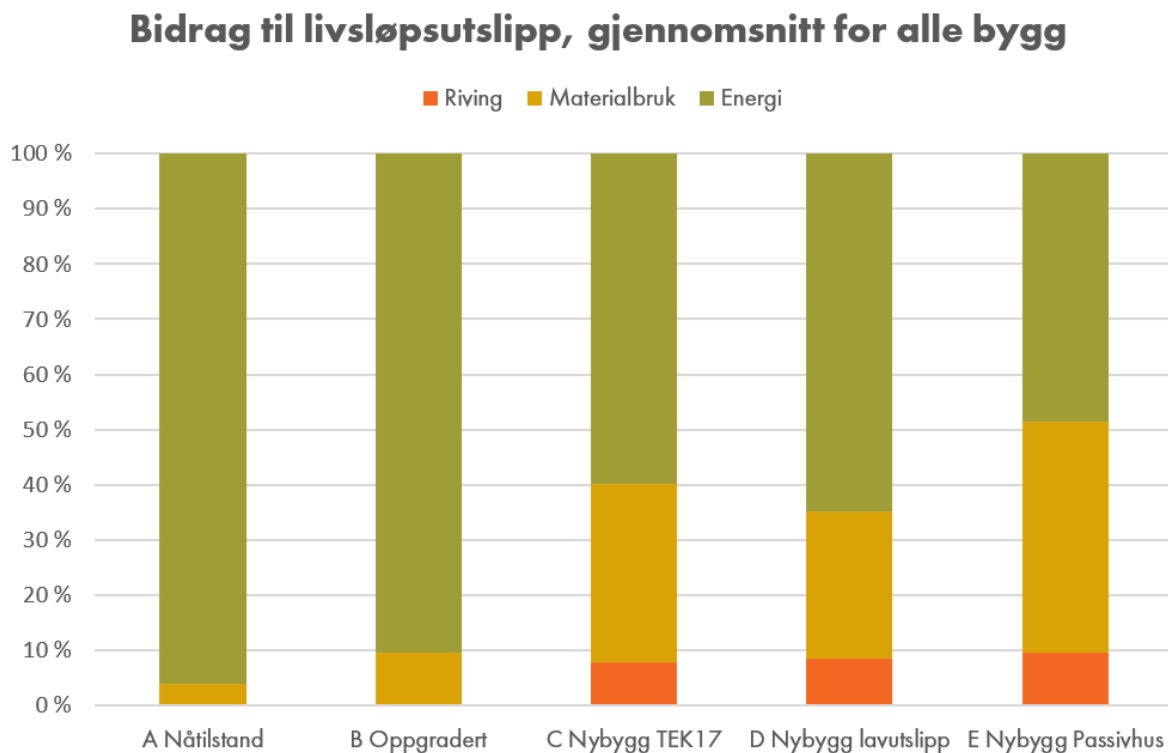


nybygg -
passivhus



4.1.1. Bidrag til utslipp fra materialbruk, riving og energibruk i drift

Et kjernespørsmål når vi skal vurdere hvilken strategi som er den mest klimavennlige av å bevare/oppgraderer eller å rive og bygge nytt, er hvordan klimagassutslipp i begge tilfelle fordeler seg mellom bidrag fra materialer og energibruk i drift. Figur 4-1 viser fordeling av totale livsløpsutslipp på bidrag fra riving, materialbruk og energi for hvert av beregningsscenarioene, i gjennomsnitt de vurderte bygningene (her ser vi bort fra de fem bygningene som ikke er oppvarmede i nåtilstand):



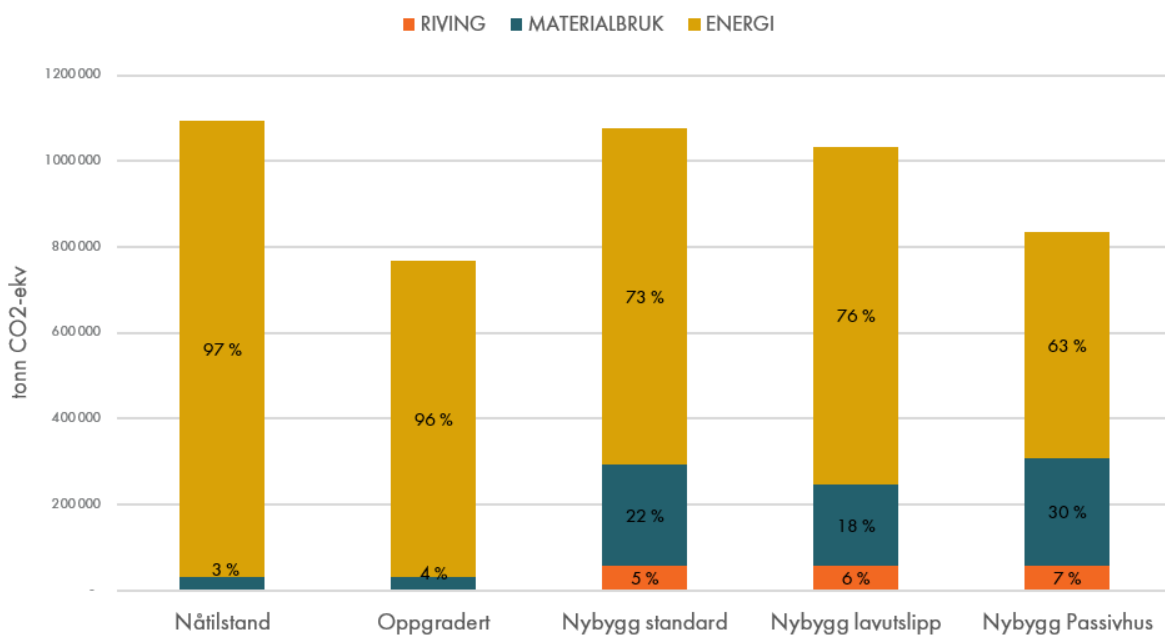
Figur 4-1 Bidrag til totale livsløpsutslipp fra riving, materialbruk og energibruk i drift for hvert beregningsscenario. Gjennomsnittsverdier på tvers av oppvarmede bygninger i analysen.

For bygg i nåtilstand (scenario A), hvor det kun er inkludert materialbruk til vedlikehold, står energibruk i drift for 96 % av levetidsutslipp i snitt. For oppgraderte bygg har materialer noe større betydning, men fortsatt kun 9 % i gjennomsnitt.

For nybyggscenarioene fører materialforbruk i oppføringen til at den relative betydningen av energibruk blir noe mindre. For standard nybygg iht. dagens forskriftsnivå bidrar materialbruk til ca. 32 % av livsløpsutslipp, mens for et nybygg med spesielt klimavennlige materialer og samme energibruk, synker bidraget fra materialene til ca. 27 %. Ettersom passivhusscenarioet forutsetter det laveste energiforbruket, er bidraget fra materialbruk for dette scenarioet høyest av alle scenarioene, med ca. 42 % i snitt. Rivingsfasen står for i underkant av 10 % av livsløpsutslipp i snitt for alle tre nybyggscenarioer.

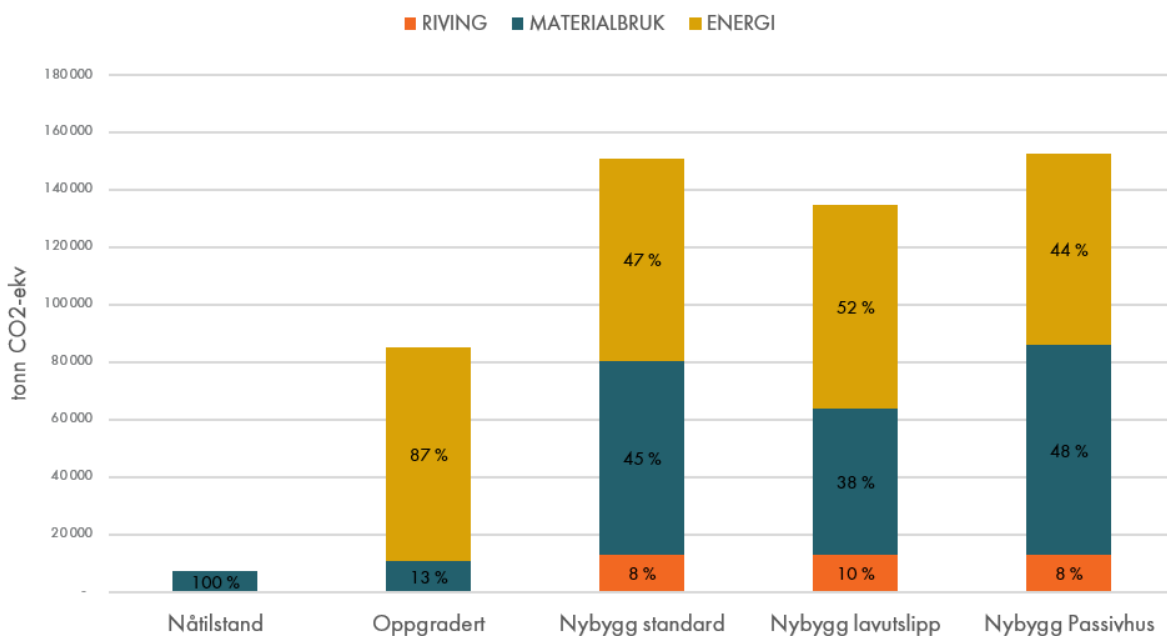
Det er likevel stor variasjon mellom de vurderte bygningene. Et eksempel på en bygning hvor energirelaterte utslipp utgjøre en stor andel av totalen, er Granum gård, som vist i Figur 4-2, mens et eksempel på et bygg hvor materialbruk har større betydning, er Setton gård, som vist i Figur 4-3:

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, GRANUM GÅRD



Figur 4-2 Beregnede klimagassutslipp over 60 års beregningsperiode for Granum gård, fordelt på bidrag fra riving, materialbruk og energibruk i drift. Prosentverdier angir andel av totale utslipp per bygg.

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, SETTON GÅRD



Figur 4-3 Beregnede klimagassutslipp over 60 års beregningsperiode for Setton gård, fordelt på bidrag fra riving, materialbruk og energibruk i drift. Prosentverdier angir andel av totale utslipp per bygg.

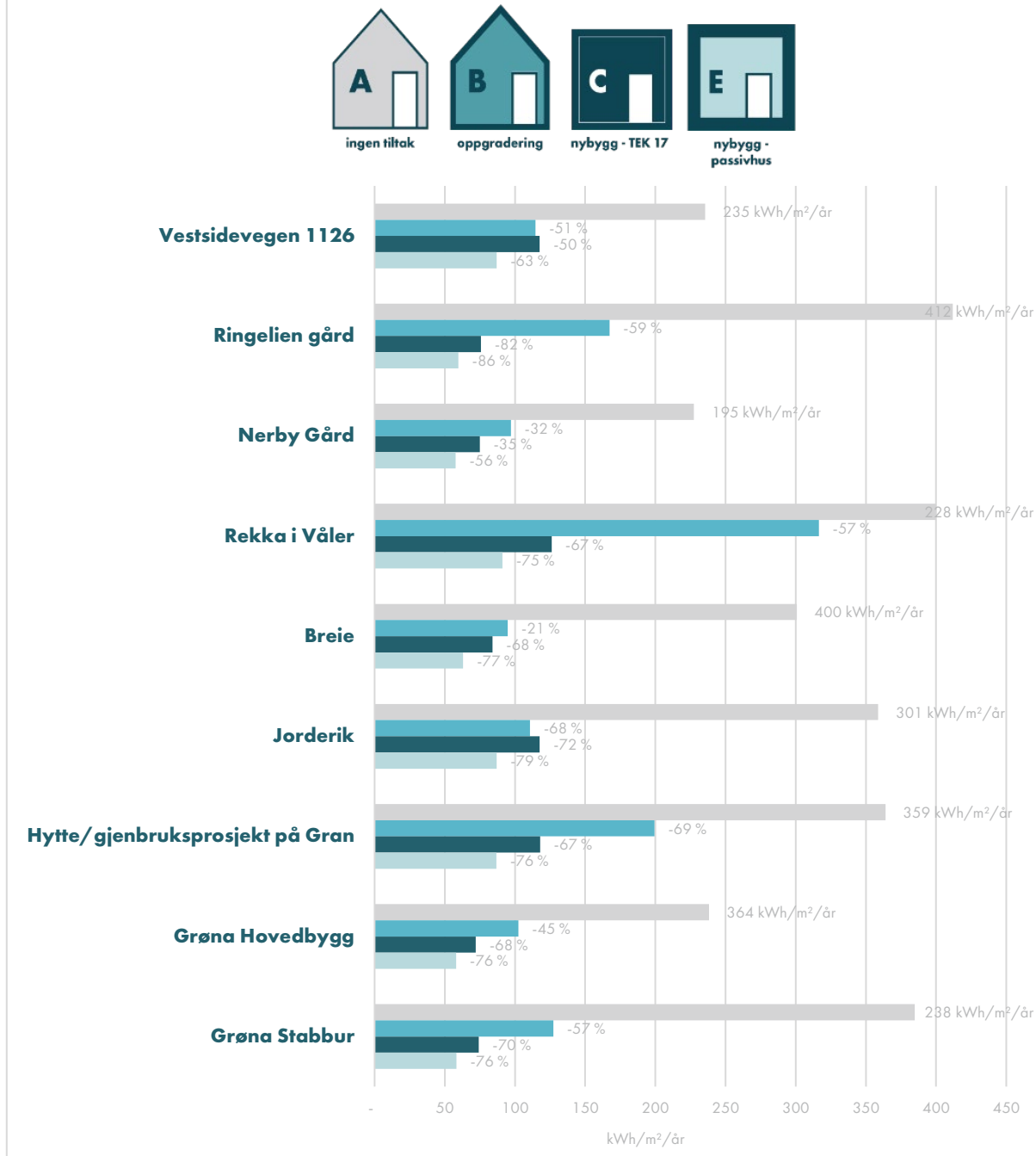
4.2. Boligbygg

4.2.1. Beregnet energibruk

Fordi klimagassutslipp henger tett sammen med energibruk, er det relevant å se nærmere på beregnet energibruk for bygningene.

Beregnet årlig energibruk per areal for boligbyggene er vist i Figur 4-4. Figuren viser scenario A, B, C og E. Scenario D (klimavennlig materialbruk) medfører samme energibruk som scenario C, ettersom forskjellen mellom de to kun er knyttet til utslipp fra materialbruk.

ÅRLIG LEVERT ENERGI PER KVADRATMETER (BRA), BOLIGBYGG



Figur 4-4 Levert energi per kvadratmeter og år for boligbygg, scenario A, B og C. Søyleetiketter viser energibruk per m² for scenario A, og endring fra scenario A for øvrige scenarioer.

Reduksjon i energibruk som følge av oppgradering (differanse mellom scenario A og B) varierer mellom - 21 % og -69 %, med -55 % i gjennomsnitt. For samtlige boligbygg vil et nytt TEK17-bygg oppnå et lavere energibehov enn det som er mulig å få til gjennom skånsom oppgradering. Beregnet energibruk i TEK17 nybygg varierer mellom 6 % høyere og 60 % lavere enn oppgradert bygg, i snitt 29 % lavere. Dette peker

likevel på at oppgradering gir en svært stor energibesparelse, sammenliknet med nåtilstand, mens energigevinsten ved å rive og bygge nytt, sammenliknet med oppgradering ikke er tilsvarende stor.

Hvilken energikilde som forsyner byggene, og hvorvidt oppgradering omfatter overgang til en mer effektiv energiløsning, har stor betydning for resultatene. Betydningen av energiløsning for beregnet energibruk er drøftet i kapittel 5.1.

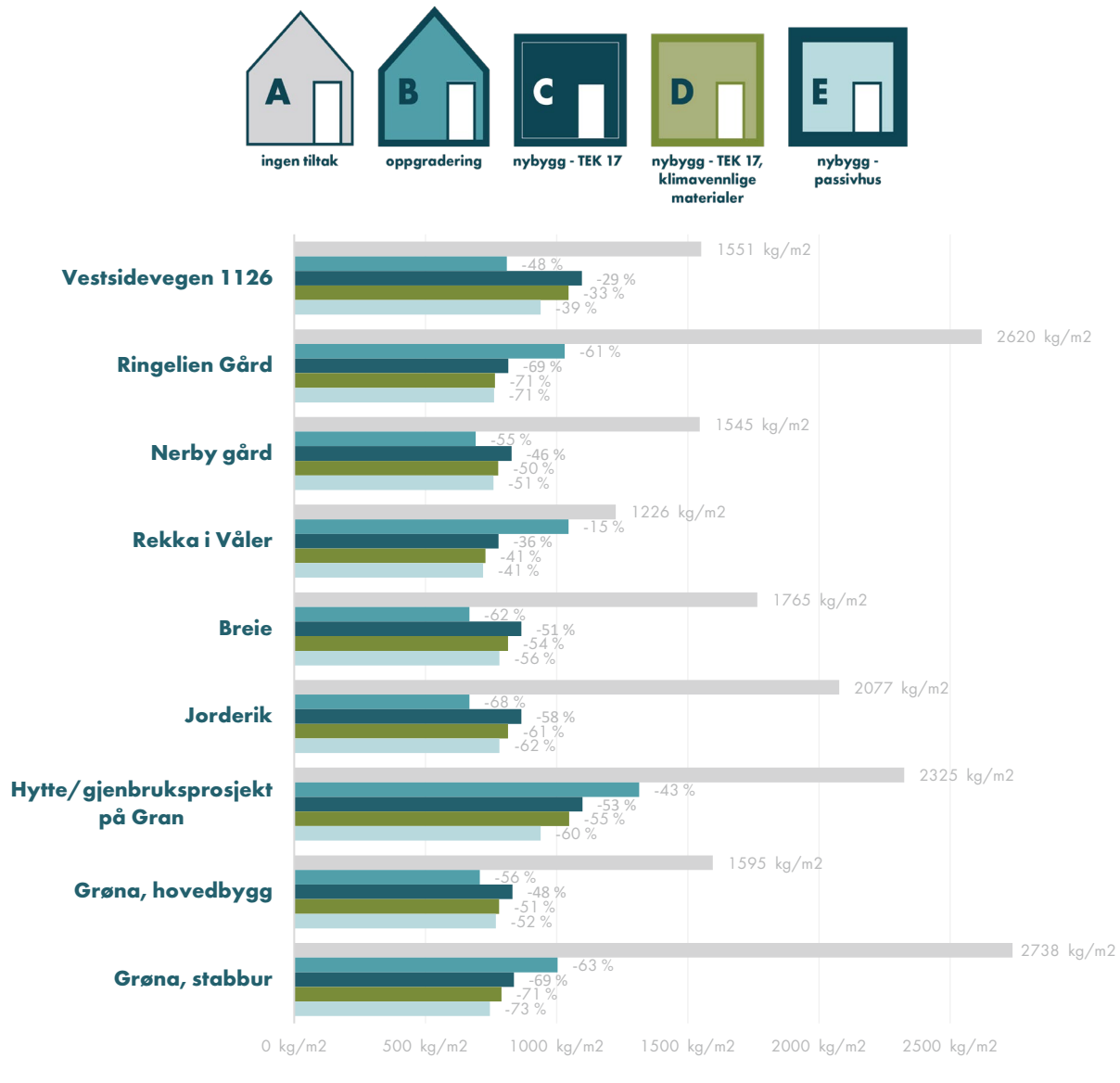
4.2.2. Beregnede klimagassutslipp

Beregnete klimagassutslipp, per kvadratmeter for 60 års beregningsperiode, for boligbygg er vist i Figur 4-5. For boligbyggene gir oppgradering lavest beregnede levetidsutslipp for fem av ni bygg, uavhengig av hvilket av de tre nybyggscenariene man sammenlikner med.

For boligbyggene varierer reduksjon i klimagassutslipp som følge av oppgradering (differanse mellom scenario A og B) mellom 9 % og 68 %, med 47 % i gjennomsnitt.

Beregnete levetidsutslipp for TEK17 nybygg varierer mellom å ligge 35 % høyere og 26 % lavere enn oppgradert bygg, i snitt 4 % høyere. For boligbyggene er altså forskjellen i utslipp mellom nåtilstand og oppgradert bygg betydelig større enn forskjellen mellom oppgradert bygg og standard nybygg. Dette fremgår også tydelig av Figur 4-5.

KLIMAGASSUTSLIPP PER KVADRATMETER (BRA), 60 ÅR



Figur 4-5 Beregnede klimagassutslipp per kvadratmeter (BRA) for boligbygg, for 60 års analyseperiode. Søyleetiketter viser utslipp per m² for scenario A, og endring fra scenario A for øvrige scenarioer.

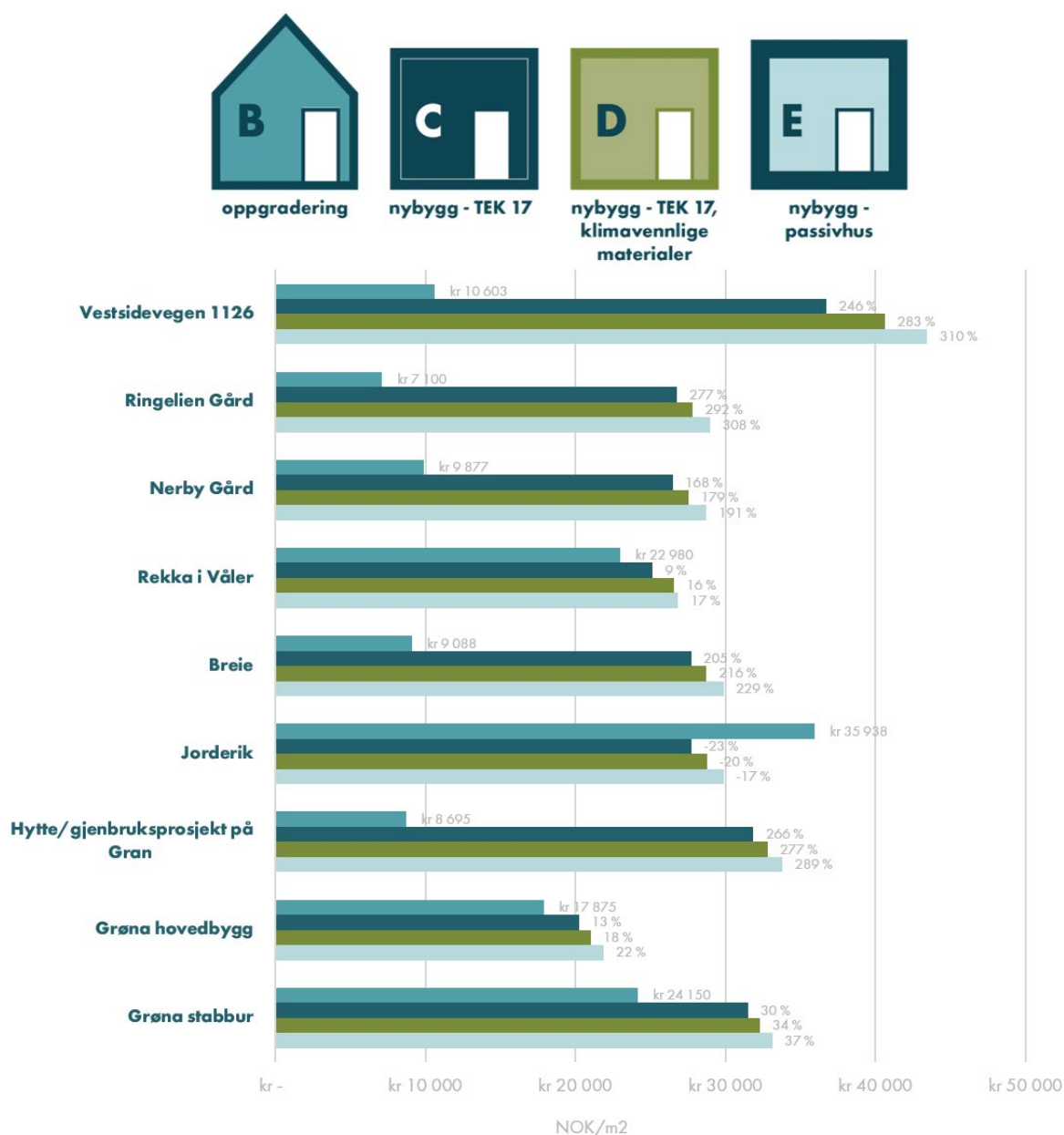
4.2.3. Kostnader

Beregnete investeringskostnader per m² BRA for boligbyggene er presentert i Figur 4-6. Ettersom investeringskostnad i nåtilstand vil være null, viser figuren scenario B-E. Beregnet investeringskostnad for komplett bygg er gitt for samtlige bygg i Vedlegg 1 og 2.

Sammenlikning av investeringskostnad per m² viser at oppgradering medfører lavere investeringskostnad enn å oppføre et nytt bygg for åtte av ni boligbygg. For fem av disse åtte er beregnet investeringskostnad for oppgradering vesentlig lavere enn for nybygg. For ett av byggene, Jorderik, er det beregnet av investeringskostnaden ved oppgradering vil være høyere enn å erstatte bygget med et nytt. Her må det

bemerket at Jorderik er et veldig spesielt og omfattende restaureringsprosjekt. Kunstnerboligen Jorderik er del av Fortidsminneforeningens pilotprosjekt Husbruk, der intensjonen er at videre bruk sikrer bevaring. Målet er å sette i stand bygninger med lokal og nasjonal kulturhistorisk verdi for videresalg. Oppgraderingen har et stort omfang, og detaljnivået i valg av løsninger, materialvalg og arbeid er høyt.

BEREGNET INVESTERINGSKOSTNAD PER KVADRATMETER (BRA), BOLIGBYGG



Figur 4-6 Beregnede investeringskostnader i kroner per kvadratmeter (BRA) for boligbygg. Kun scenario B-E er vist, ettersom beregnede investeringskostnader i nåtilstand (scenario A) er null. Søyleetiketter viser kostnad per m² for scenario B, og endring fra scenario B for øvrige scenarioer.

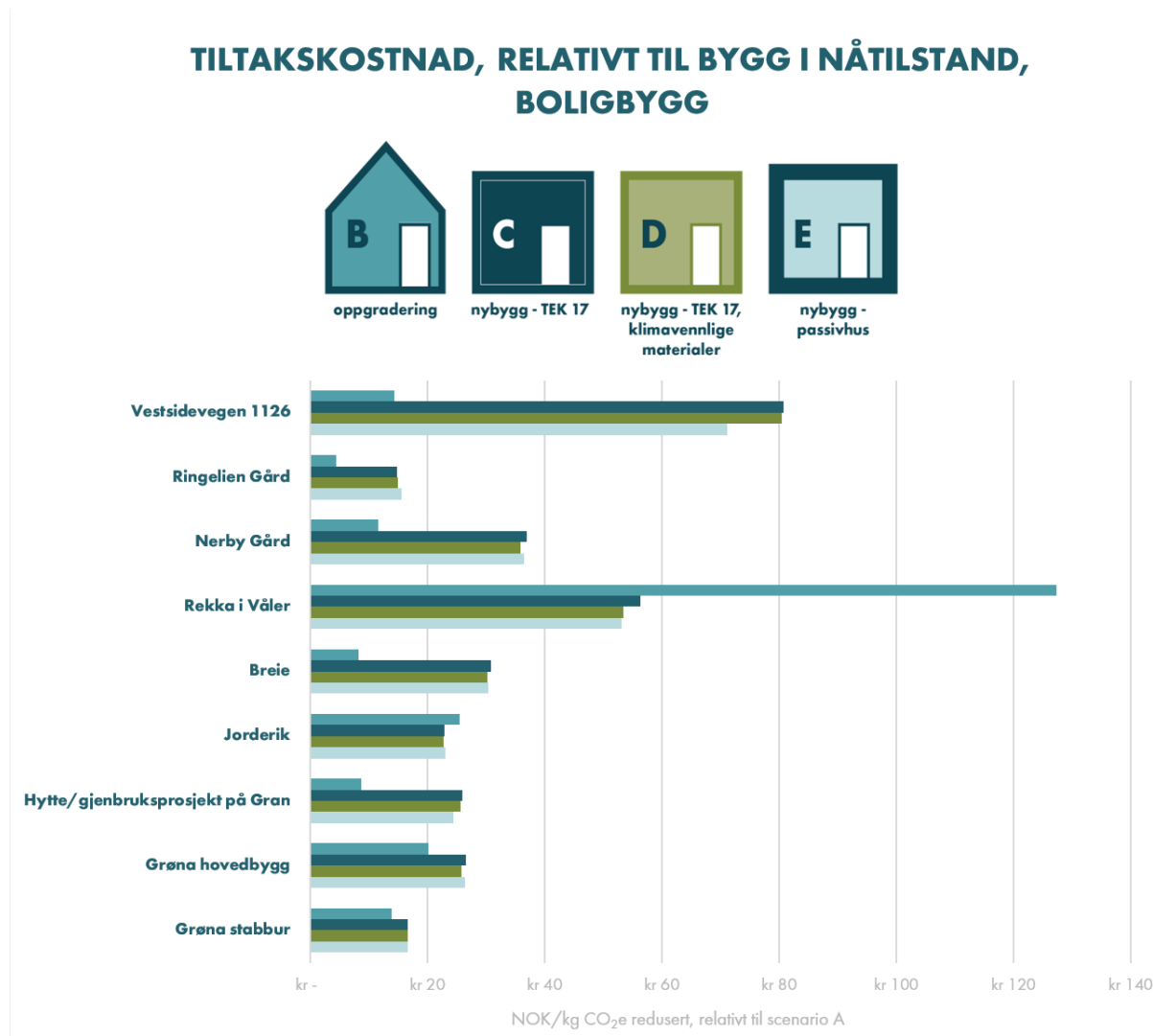
For å sette kostnader i sammenheng med beregnede utslippsreduksjoner har vi beregnet tiltakskostnaden for å oppgradere, vs. å rive og bygge nytt, sammenliknet med nåtilstand (der investeringskostnaden er

null). Tiltakskostnaden er beregnet ved å dele investeringskostnaden for scenario B-E på utslippsreduksjonen man oppnår, sammenliknet med utslipp i scenario A. Dette gir en indikasjon på hvor mye utslippskutt man oppnår per krone investert for de ulike scenarioene. Lav tiltakskostnad betegner stor utslippsgevinst per krone investert.

Det er viktig å bemerke at kostnader og klimagassutslipp for nybyggscenarioene beregnet med utgangspunkt i nøkkeltall per areal, og at nøkkeltallene kommer fra ulike kilder. Nøkkeltall for utslipp er beregnet av Asplan Viak i forbindelse med en utredning for Enova (se kapittel 2.5.3.2), og gir utslipp over en beregningsperiode på 60 år. Nøkkeltall for kostnader angir kun investeringskostnad (se kapittel 2.6.4 for beskrivelse av forutsetninger for kostnadsberegninger). Fordi vi kun har beregnet investeringskostnader, og ikke livssyklus kostnader, gjenspeiler resultatene ikke ulikheter knyttet til energikostnader over byggenes levetid.

Dette betyr at usikkerheten knyttet til beregnet tiltakskostnad for nybyggscenarioene (C-E) er høy, og at resultatene må ansees som indikasjoner på sannsynlig størrelsesorden, og ikke spesifikke kostnader per bygg. Dette betyr at små forskjeller i beregnet tiltakskostnad mellom scenarioene ikke kan betraktes som signifikante funn.

Beregnete tiltakskostnader for scenario B-E er gitt i Figur 4-7.



Figur 4-7 Beregnet tiltakskostnad (NOK/kg CO₂ spart) for scenario B-E. Beregnet som investeringskostnad per scenario, delt på differansen i beregnede levetidsutslipp for det aktuelle scenarioet, sammenliknet med scenario A.

Som nevnt over, kan vi ikke trekke konklusjoner basert på små forskjeller i Figur 4-7. For Ringelien gård ser vi for eksempel at forskjellene i tiltakskostnad mellom nybyggscenariene er små, slik at vi ikke kan si noe sikkert om hvilket nybyggscenario som er det mest kostnadseffektive. Forskjellen i beregnet tiltakskostnad mellom oppgradering og nybygg er derimot relativt stor, som indikerer at man oppnår større utslippskutt per krone investert i oppgradering, sammenliknet med nybygg for Ringelien gård. Tilsvarende konklusjoner kan trekkes for Nerby gård, Breie og Hytte/gjenbruksprosjekt på Gran.

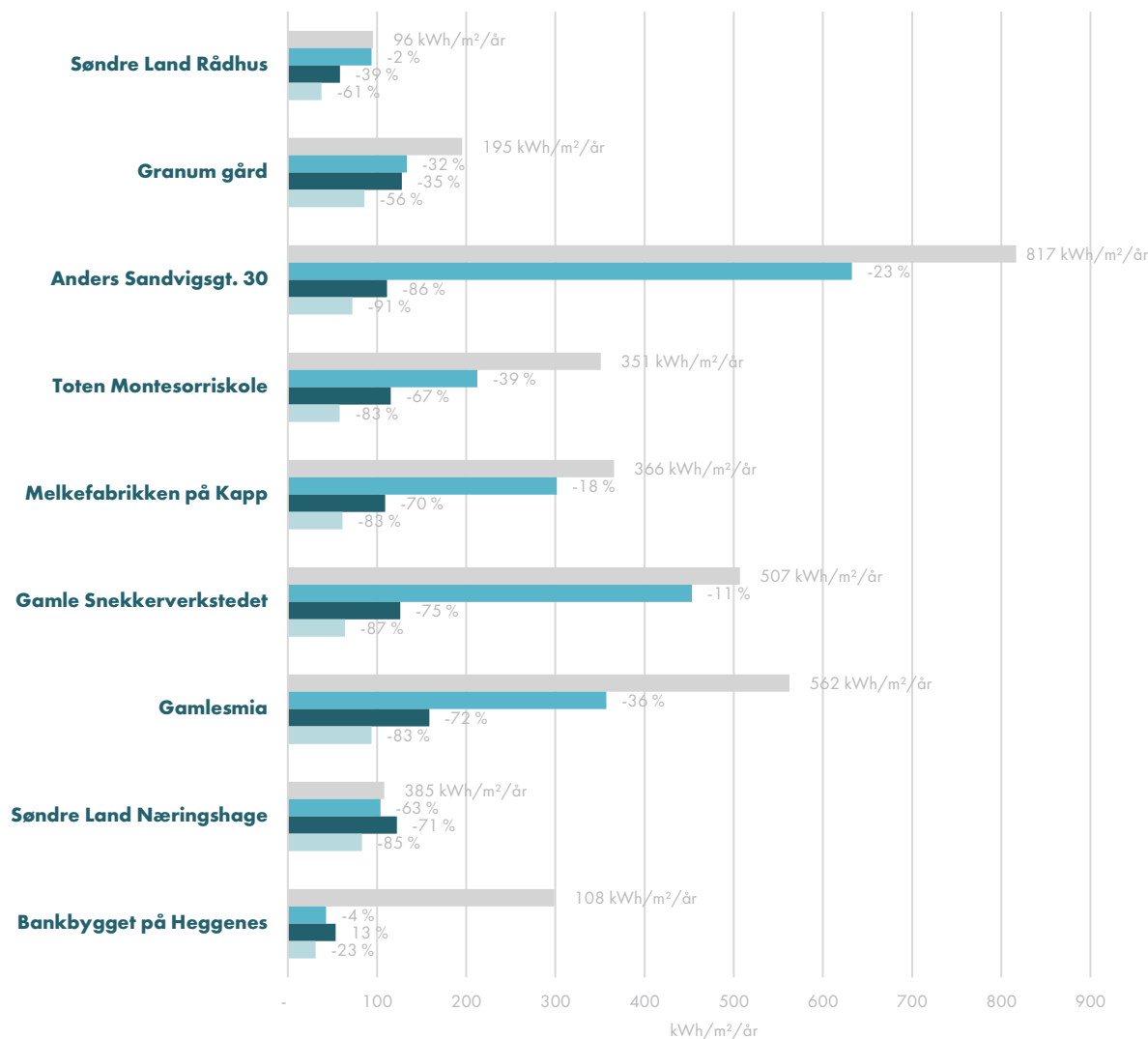
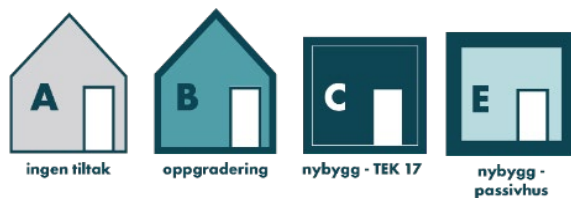
Beregnet tiltakskostnad er lavere for oppgradering enn for nybygg for syv av ni boligbygg, og betydelig lavere for fem av disse syv. At tiltakskostnaden for oppgradering av Jorderik er høyere enn tiltakskostnaden ved å bygge nytt reflekterer at investeringskostnaden ved oppgradering er høyere, som vist i Figur 4-6. For Rekka i Våler er tiltakskostnaden betydelig høyere for oppgradering enn nybygg. Dette skyldes kombinasjonen av at oppgraderingen er beregnet å gi en relativt moderat utslippsreduksjon, og at beregnet kostnad for oppgradering ligger tett opptil investeringskostnad for et nytt bygg.

4.3. Næringsbygg

4.3.1. Beregnet energibruk

Beregnet årlig energibruk per areal for næringsbyggene er vist i Figur 4-8. Som for boligbygg, viser figuren scenario A, B, C og E. Scenario D (klimavennlig materialbruk) medfører samme energibruk som scenario C, ettersom forskjellen mellom de to kun er knyttet til utslipp fra materialbruk.

ÅRLIG LEVERT ENERGI PER KVADRATMETER (BRA), NÆRINGSBYGG



Figur 4-8 Levert energi per kvadratmeter og år for næringsbygg. Søyleetiketter viser energibruk per m² for scenario A, og endring fra scenario A for øvrige scenarioer.

Reduksjon i energibruk som følge av oppgradering (differanse mellom scenario A og B) varierer mellom 2 % og 86 %, med 31 % i gjennomsnitt. **Det er større variasjon i energieresultatene for næringsbyggene, sammenliknet med boligbyggene.** Dette har bl.a. sammenheng med at næringsbyggene omfatter flere ulike bygningstyper, og således er mer ulike hverandre i bruksmønster.

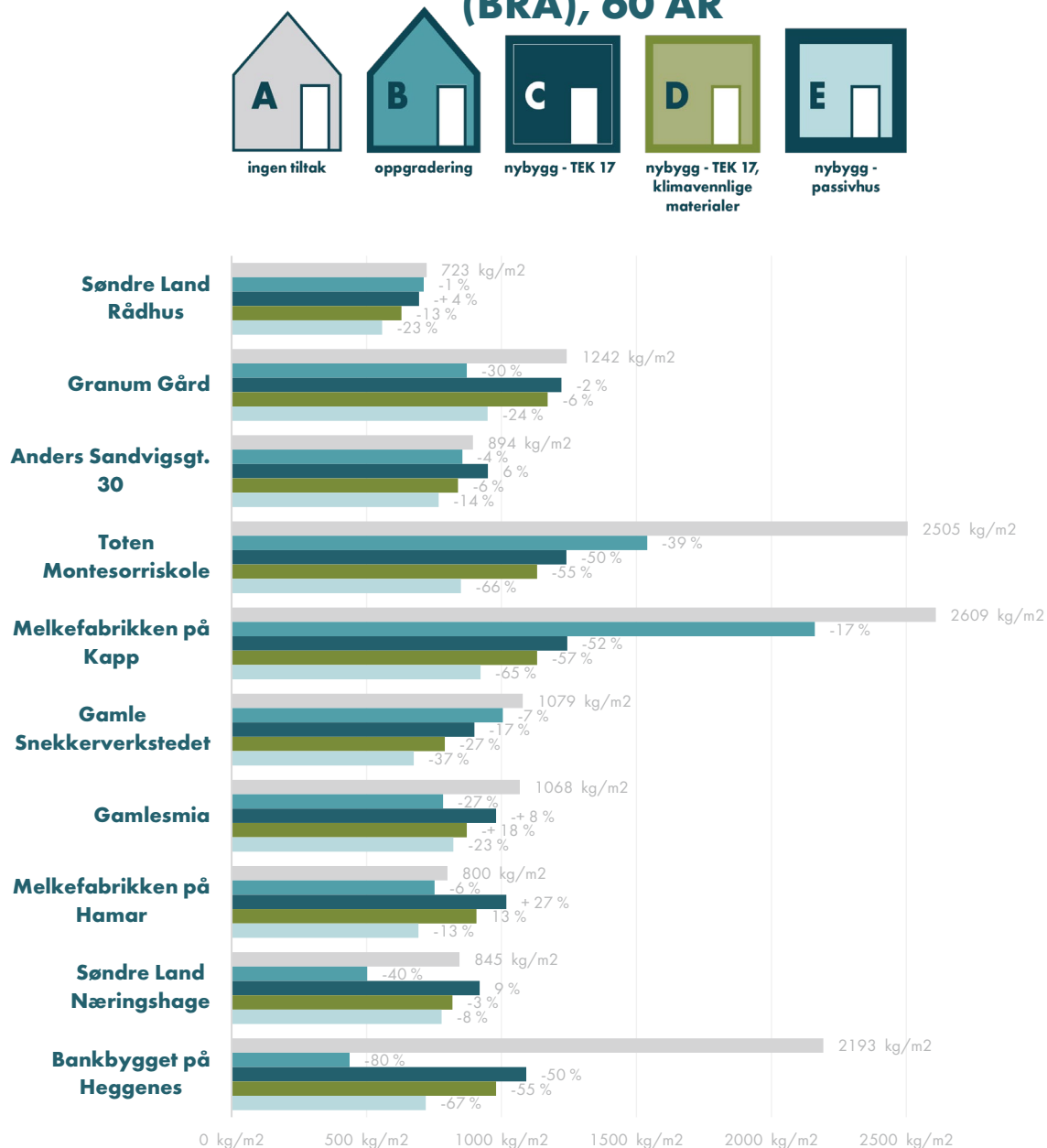
Differanse i energibruk mellom oppgradert bygg og TEK17 nybygg varierer mellom at scenario C ligger 82 % lavere, til 112 % høyere enn scenario B. For Søndre Land næringshage og bankbygget på

Heggenes er det beregnet at det oppgraderte bygget vil ha lavere energibruk i drift enn et nybygg som oppfyller kravene i TEK17. Dette skyldes at oppgraderingsalternativet har et høyere ambisjonsnivå enn det som ligger til grunn for kravene i TEK17. For de øvrige 10 næringsbyggene vil oppgradering gi høyere energibruk i drift enn et nytt standardbygg. Hvis vi ser bort fra Søndre Land næringshage og bankbygget på Heggenes, ligger energibruk i scenario C i snitt 48 % lavere enn i scenario B.

4.3.2. Beregnede klimagassutslipp

Beregnete klimagassutslipp, per kvadratmeter for 60 års beregningsperiode, for næringsbygg er vist i Figur 4-9.

KLIMAGASSUTSLIPP PER KVADRATMETER (BRA), 60 ÅR



Figur 4-9 Beregnede klimagassutslipp per kvadratmeter (BRA) for næringsbygg, for 60 års analyseperiode. Søyleetiketter viser utslipp per m² for scenario A, og endring fra scenario A for øvrige scenarioer.

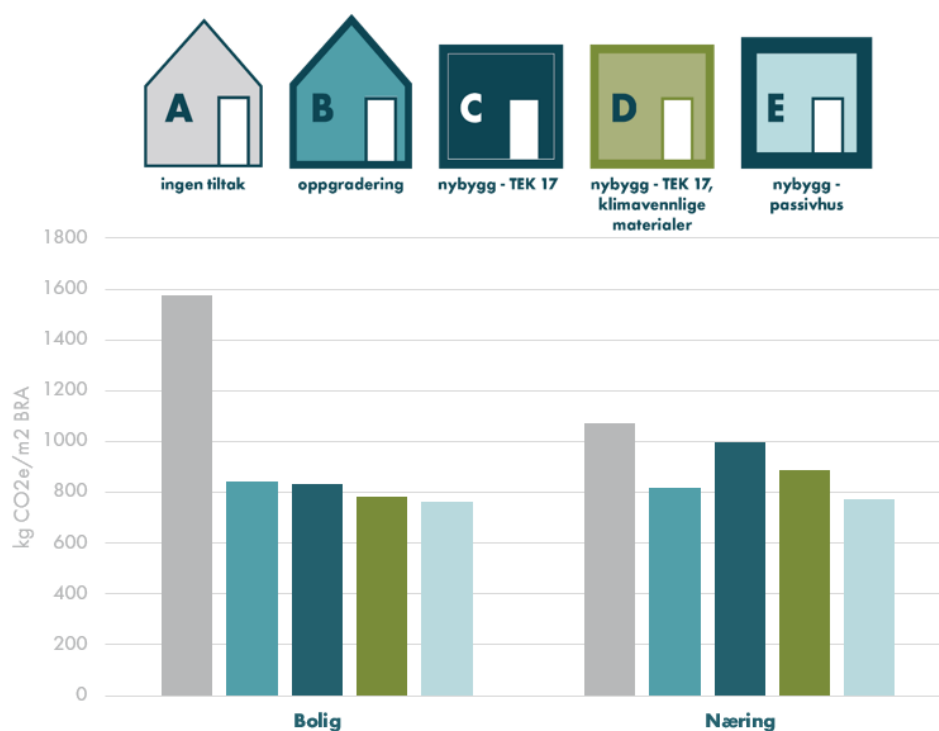
For næringsbyggene gir oppgradering lavere beregnede levetidsutslipp enn TEK17 nybygg (scenario C) for fem av ni bygg. Dersom vi sammenlikner oppgradering med nybygg med klimavennlige materialer (scenario D) og nytt passivhus (scenario E), gir oppgradering lavest utslipp for tre av de ni byggene.

Som for energibruk, er det større variasjon i beregnede utslipp for næringsbyggene enn for boligbyggene, og det er mindre tydelige tendenser å trekke ut av resultatene, enn det som er tilfelle for boligbyggene. Reduksjon i klimagassutslipp som følge av oppgradering av næringsbyggene (differanse mellom scenario

A og B) varierer mellom 1 % og 80 %, med 25 % i gjennomsnitt. Beregnede levetidsutslipp for TEK17 nybygg varierer mellom å ligge 149 % høyere og 42 % lavere enn oppgradert bygg, i snitt 27 % høyere. Altså er forskjellene i utslipp mellom nåtilstand vs. oppgradering og oppgradering vs. nybygg mindre for næringsbyggene enn for boligbyggene. Generelt tyder dette på at det er noe mer utfordrende å konkludere på hva som er det mest klimavennlige scenarioet for næringsbygg.

Hvis vi ser på medianverdi⁴⁶ for utslipp for hvert scenario, fordelt på bolig- og næringsbygg, kommer det tydelig frem at forskjellen mellom scenario A og de øvrige er stor for boligbygg, mens for det for næringsbyggene er en mindre entydig tendens. Dette kan delvis forklares med at boligene har relativt større oppvarmingsbehov enn næringsbyggene, og at det er dette energibehovet som først og fremst adresseres av oppgraderingstiltak og nybygg.

KLIMAGASSUTSLIPP PER KVADRATMETER (BRA), MEDIAN PER SCENARIO



Figur 4-10 Klimagassutslipp, median per scenario, for boligbygg og næringsbygg

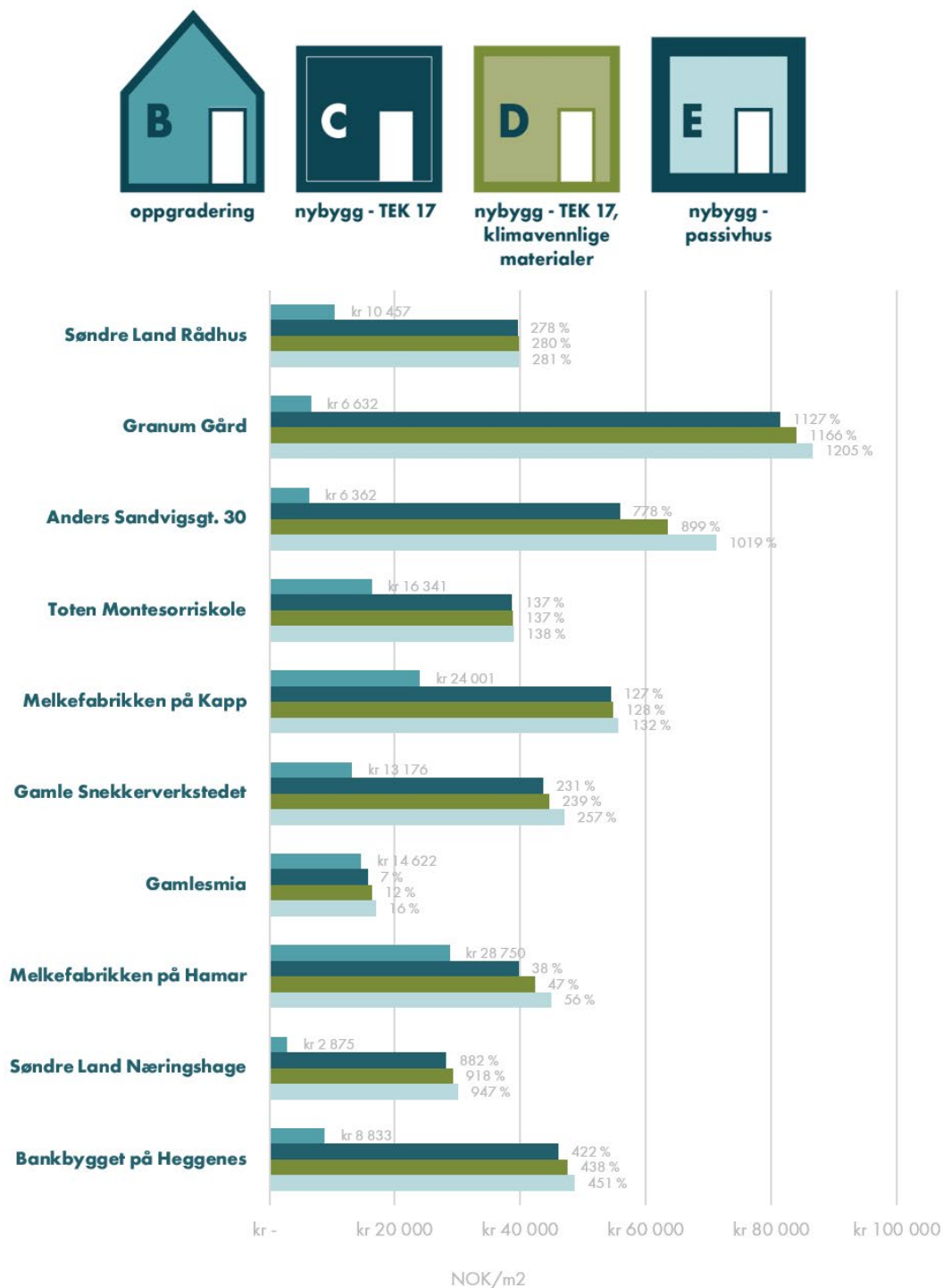
4.3.3. Kostnader

Beregnete investeringskostnader per m² BRA for boligbyggene er presentert i Figur 4-11. Ettersom investeringskostnad i nåtilstand vil være null, viser figuren scenario B-E.

Sammenlikningen viser en betydelig lavere beregnet kostnad for oppgradering, sammenliknet med å bygge nytt for, samtlige næringsbygg. For åtte av ti næringsbygg er investeringskostnaden for oppgradering betydelig lavere enn for nybygg.

⁴⁶ Medianen angir verdien som ligger midt i et utvalg av tall, det vil si at det er like stor andel av utvalget som har verdier over medianen som under den. Vi har her valgt å vise medianverdi, fremfor gjennomsnitt, fordi resultatene inneholder noen ekstremverdier, som slår kraftig ut på gjennomsnittsverdien.

BEREGNET INVESTERINGSKOSTNAD PER KVADRATMETER (BRA), NÆRINGSBYGG



Figur 4-11 Beregnede investeringskostnader i kroner per kvadratmeter (BRA) for næringsbygg. Kun scenario B-E er vist, ettersom beregnede investeringskostnader i nåtilstand (scenario A) er null. Søyleetiketter viser kostnad per m² for scenario B, og endring fra scenario B for øvrige scenarioer.

Beregnete tiltakskostnader for scenario B-E er vist i Figur 4-12. Som nevnt for boligbygg, er det viktig å bemerke at kostnader og klimagassutslipp for nybyggscenariene er beregnet med utgangspunkt i nøkkeltall per areal, at beregnede utslipp er levetidsutslipp, mens kostnadene er investeringskostnader.

Sammenlikningen av tiltakskostnad gjenspeiler resultatene for beregnede utslipp ved at det er stor variasjon på tvers av bygg og scenarioer. Beregnet tiltakskostnad ved oppgradering er lavere enn ved oppføring av nytt standardbygg for syv av ti næringsbygg. For to av disse syv har oppføring av nytt bygg med klimavennlige materialer eller passivhus lavere beregnet tiltakskostnad enn oppgradering.

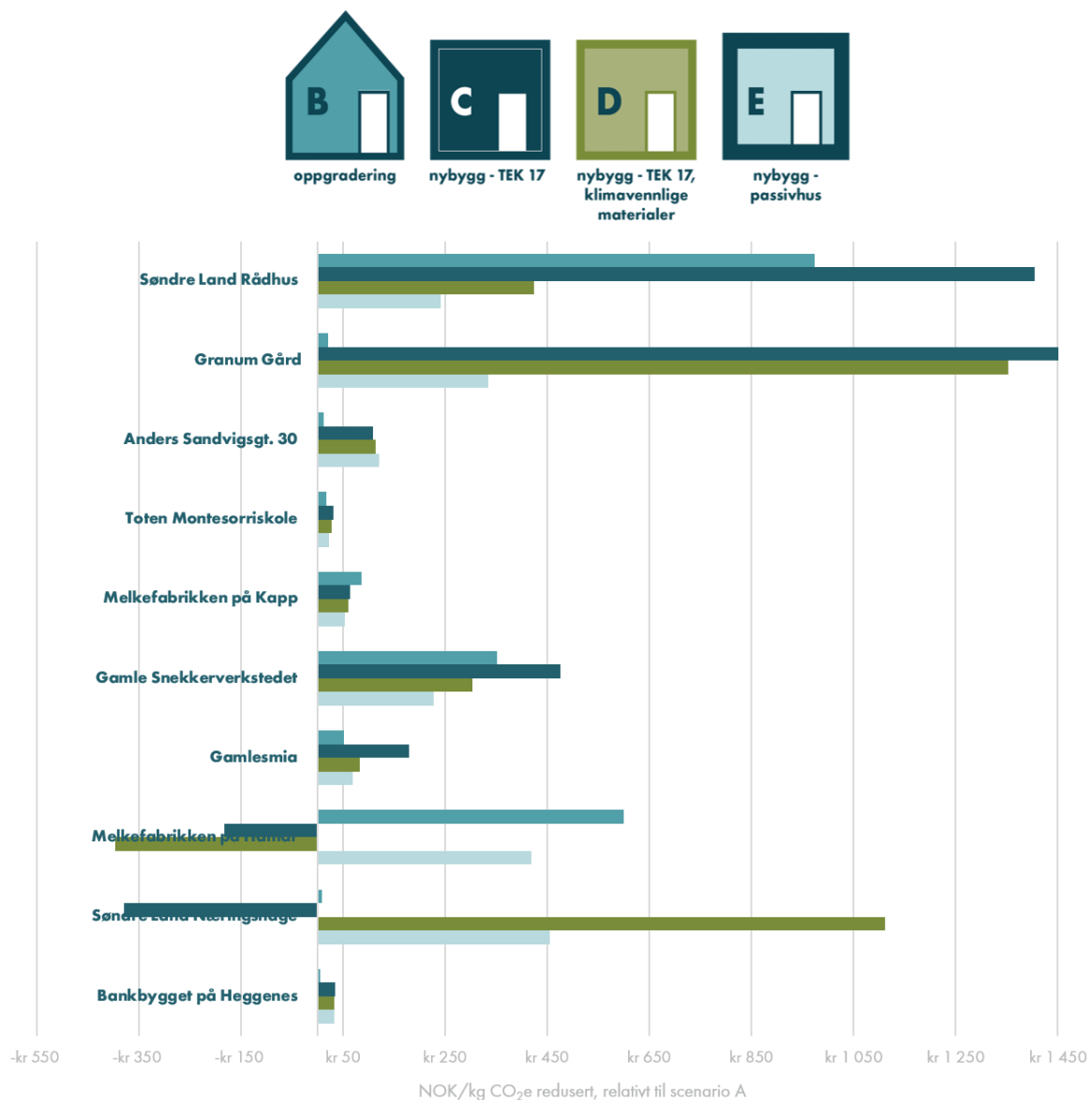
Årsaken til at tiltakskostnaden for oppgradering av Søndre Land Rådhus er vesentlig høyere enn for de øvrige byggene og scenarioene, er at beregnet utslippsreduksjon som følge av oppgradering er svært liten (1 %). Investeringskostnaden for å erstatte Søndre Land Rådhus med et nytt standardbygg er betydelig høyere enn for oppgradering, og gir heller ikke vesentlig reduserte utslipp, sammenliknet med nåtilstand. Derfor er tiltakskostnaden for scenario C dermed svært høy for Søndre Land Rådhus, sammenliknet med de øvrige byggene. Det samme gjelder for Granum gård, der utslipp i scenario C er beregnet å være tett opptil dagens nivå. For Granum er imidlertid tiltakskostnaden ved oppgradering svært lav.

For Melkefabrikken på Kapp er tiltakskostnaden for oppgradering høyere enn for nybygg. Dette skyldes at oppgradering er beregnet å gi en vesentlig lavere utslippsreduksjon fra nåtilstand enn å oppføre et nytt bygg.

For to av byggene, Melkefabrikken på Hamar, og Søndre Land næringshage, ser vi negative beregnede tiltakskostnader. Dette skyldes at beregnede klimagassutslipp er høyere enn i scenario A. Beregnede tiltakskostnader for Granum gård er så små at de ikke vises på figuren (hhv. -0.006, 0.2, -0.3 og 1.9 kr/m² for scenario B, C, D og E).

For de øvrige byggene er tiltakskostnaden for oppgradering lavere enn for oppføring av et standard nybygg.

TILTAKSKOSTNAD, RELATIVT TIL BYGG I NÅTILSTAND, NÆRINGSBYGG



Figur 4-12 Beregnet tiltakskostnad (NOK/kg CO₂e spart) for scenario B-E. Beregnet som investeringskostnad per scenario, delt på differansen i beregnede levetidsutslipp for det aktuelle scenarioet, sammenliknet med scenario A.

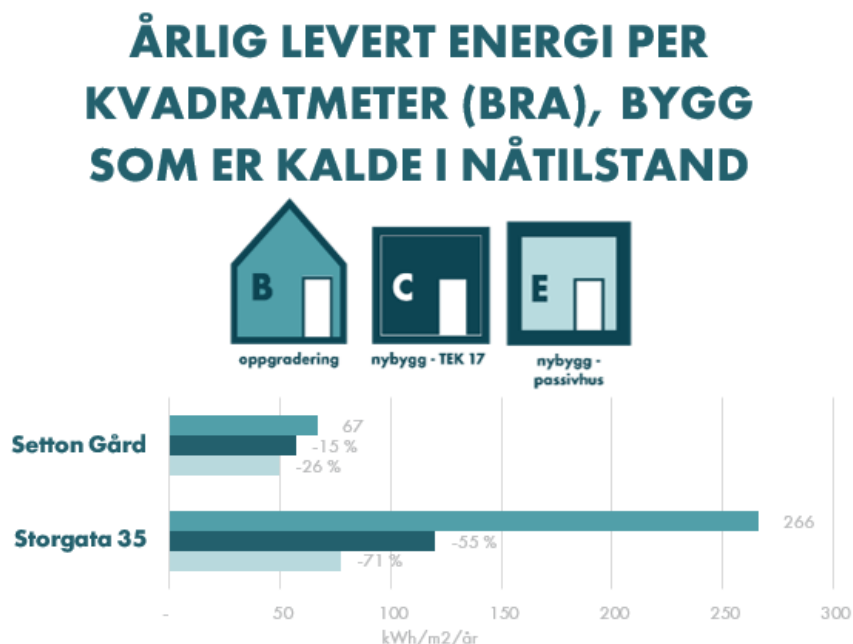
4.4. Bygg som er kalde i nåtilstand

De fem bygningene som er uoppvarmede i nåtilstand (Storgata 35, Lena vgs Raudlåven, Setton gård, Blak Holo og Steig gård) skiller seg fra de øvrige ved at beregnede utslipp er lavest i nåtilstand (scenario A), som følge av at det ikke medregnes noen utslipp knyttet til energibruk. Vi har derfor valgt å vise beregningsresultater for disse byggene adskilt fra resten.

To av de kalde byggene (Storgata 35 og Setton gård) forutsettes å oppgraderes til oppvarmede bygg, mens de øvrige tre forblir kalde også etter oppgradering.

4.4.1. Beregnet energibruk i oppgradert bygg

Ettersom det kun er for Setton gård og Storgata 35 hvor det forutsettes at bygg skal være oppvarmede etter oppgradering, viser Figur 4-13 årlig beregnet energibruk kun for disse to byggene.



Figur 4-13 Levert energi per kvadratmeter og år for kalde bygg. Søyleetiketter viser energibruk per m² for scenario B, og endring fra scenario B for øvrige scenarioer.

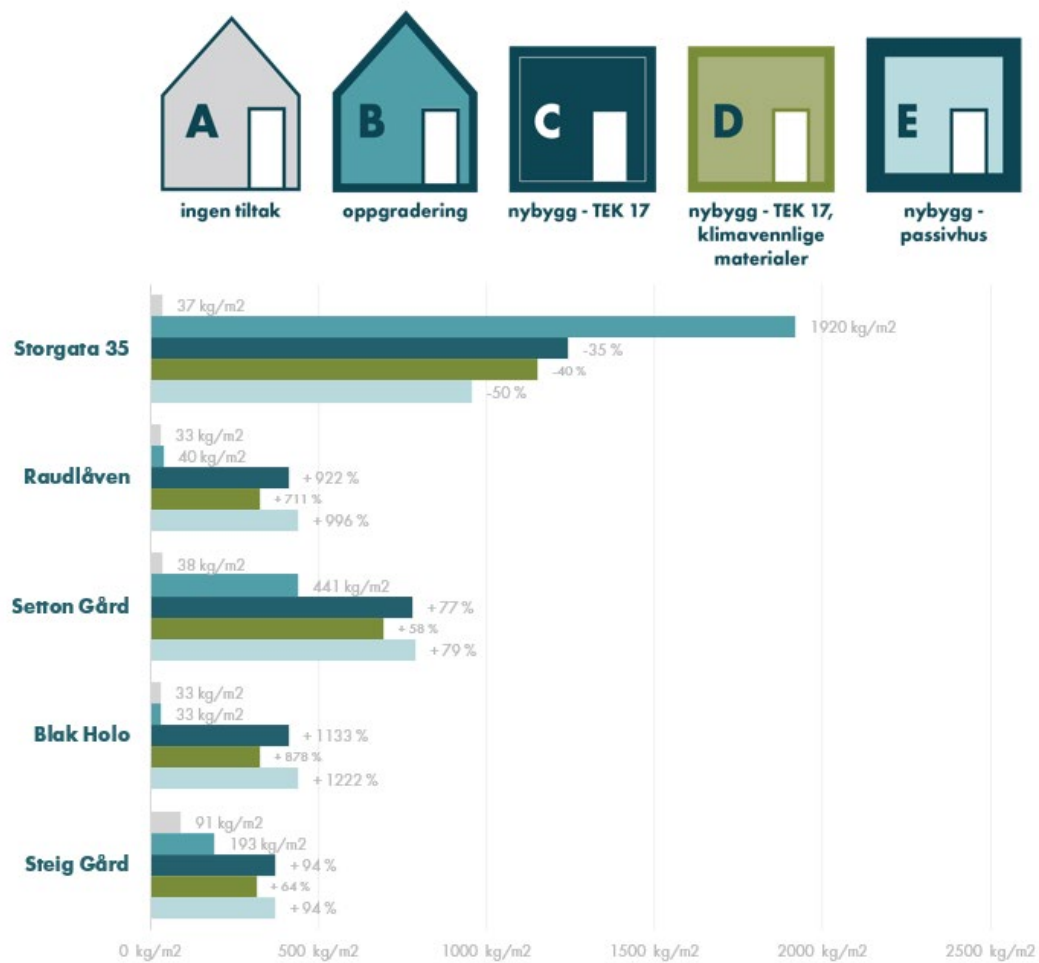
Av figuren kan vi se at det er stor forskjell på beregnet energibruk etter oppgradering. Dette gjenspeiler de ulike bruksmønstrene som er forutsatt for de to byggene. Låven på Setton Gård ønskes brukt til sporadisk kursvirksomhet og ateliér, mens Storgata 35 er i bygningskategorien Lett industri, verksteder med forutsetning om drift 5 dager i uken. Forskjellen mellom energibruk i oppgradert bygg og nybygg varierer tilsvarende. For begge bygg er beregnet energibruk høyest for oppgradert bygg, men for Setton gård er forskjellene relativt små.

4.4.2. Beregnede klimagassutslipp

Beregnete klimagassutslipp per kvadratmeter for 60 års beregningsperiode for bygg som er kalde i nåtilstand, er vist i Figur 4-14. Ettersom ingen av disse byggene har energibruk i scenario A, er utslippene i scenario A kun forbundet med nødvendig materialutskifting over analyseperioden, og derfor svært lave.

For alle de tre byggene som forblir uoppvarmede etter oppgradering gir scenario B lavere beregnede utslipp enn nybygg, ettersom utslipp kun er knyttet til materialbruk. I tillegg gir oppgraderingsscenarioet lavest utslipp for Setton gård. Dette henger sammen med at forskjellen i beregnet energibruk for oppgradert bygg og nybygg var relativt liten, og at utslipp knyttet til å rive og oppføre et nytt bygg derfor gir størst utslag for totale livsløpsutslipp. For Storgata 3 er beregnet energibruk for oppgradert bygg vesentlig høyere enn energibruk i nybygg, som fører til at nybyggscenarioene gir lavest utslipp.

KLIMAGASSUTSLIPP PER KVADRATMETER (BRA), 60 ÅR



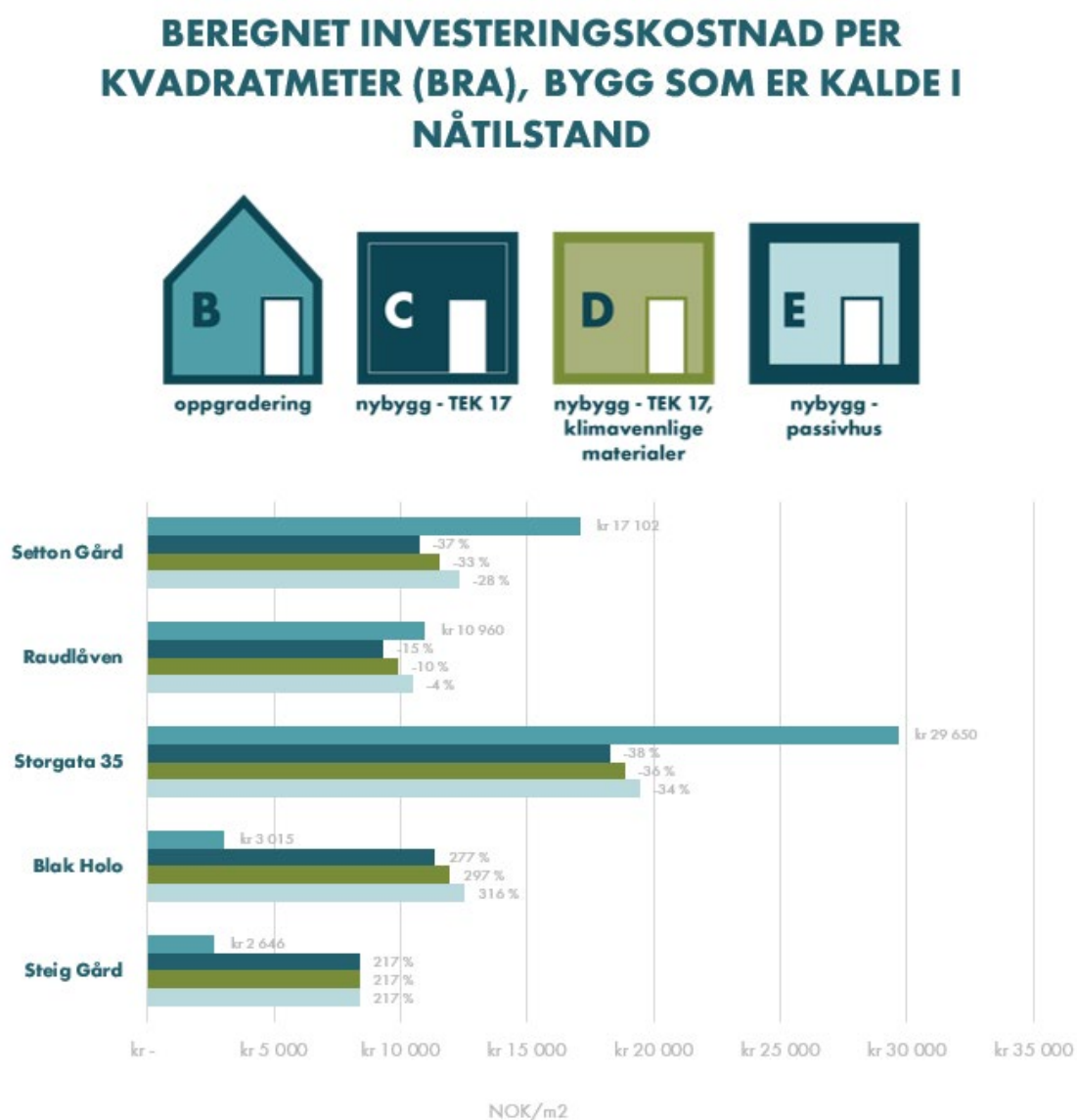
Figur 4-14 Totale utslipp per kvadratmeter for bygg som er kalde i nåtilstand, over analyseperioden på 60 år. Søyleetiketter viser utslipp per m² for scenario A og B, og endring fra scenario B for øvrige scenarioer.

4.4.3. Kostnader

Beregnete investeringskostnader per m² BRA for bygg som er kalde i nåtilstand er presentert i Figur 4-15. Ettersom investeringskostnad i nåtilstand vil være null, viser figuren scenario B-E.

For 2 av 5 bygg er investeringskostnaden for oppgradering beregnet å være lavere enn for å oppføre et nytt bygg.

Det er ikke beregnet tiltakskostnader for bygg som er kalde i nåtilstand.



Figur 4-15 Beregnede investeringskostnader i kroner per kvadratmeter (BRA) for bygg som er kalde i nåtilstand. Kun scenario B-E er vist, ettersom beregnede investeringskostnader i nåtilstand (scenario A) er null. Søyleetiketter viser kostnad per m² for scenario B, og endring fra scenario B for øvrige scenarioer.

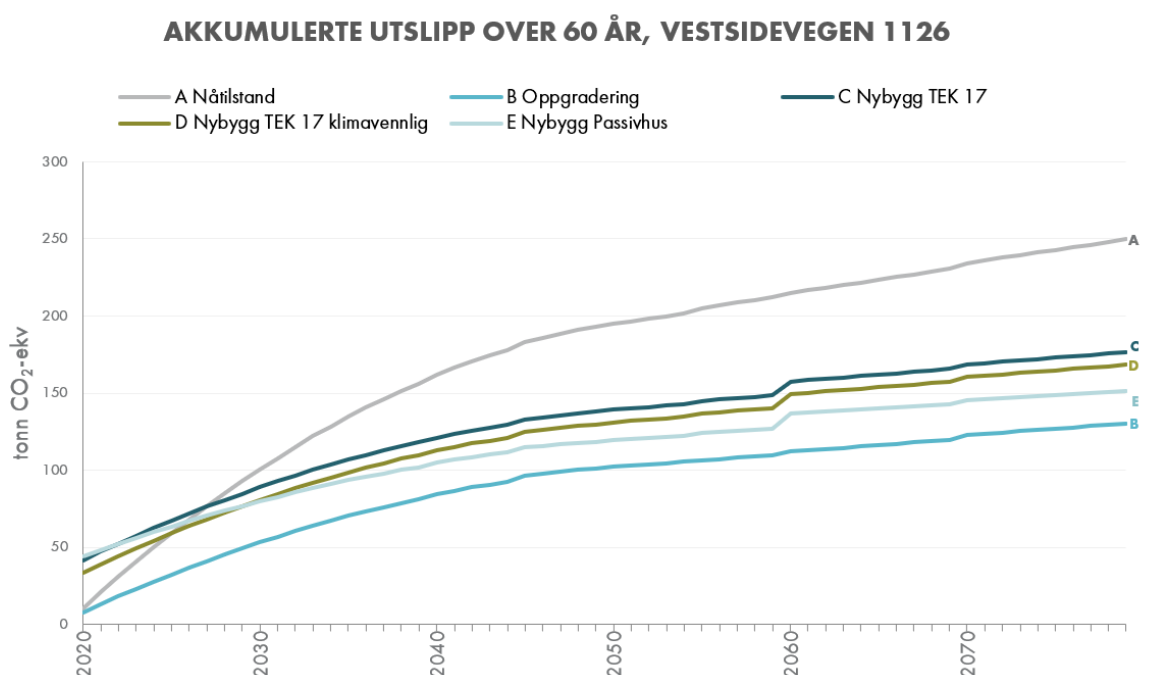
4.5. Tilbakebetalingstid for utslipp

I denne analysen har vi gjort beregninger av «tilbakebetalingstiden» for utslipp fra oppgradering/nybygg, som grunnlag for drøfting av hvorvidt bevaring kan ansees som klimatiltak med rask effekt.

Tilbakebetalingstid er hvor lang tid det tar før effekten (reduksjon i klimagassutslipp) av et tiltak veier opp

for 'kostnaden' i form av utslipp som tiltaket fører til. For eksempel fører isolasjon til et utslipp når det blir produsert, men kan føre til en reduksjon i utslipp i form av en energibesparelse når man etterisolerer.

I Figur 4-16 vises akkumulerte utslipp over 60 år for Vestsidvegen 1126. Her kan man se hvor mye utslipp hvert scenario har ført til etter en bestemt tid. En brattere kurve er som et resultat av høyere utslipp gjennom levetiden til bygget, da gjerne på grunn av en høyere energibruk. Man kan se at scenario A og B er de som har lavest utslipp i år 0 (lite materialbruk), mens de tre andre (C-E) har et mye høyere utslipp i år 0 (på grunn av riving og materialer til nytt bygg). Derimot har scenario C-E slakere kurver enn scenario A slik at de ved ca. år 2025-2027 har lavere akkumulerte utslipp enn scenario A. Det vil si at frem til år 2025-2027 så har scenario A ført til mindre klimagassutslipp enn scenario C-E, mens det er motsatt etter disse årene. Scenario B kan man se fører til lavest utslipp gjennom alle de 60 årene. Scenario E har noe høyere utslipp fra startår til ca. 2030 sammenlignet med scenario C, men på grunn av en lavere energibruk fører scenario E til lavere akkumulerte utslipp fra år 2030 og ut sammenlignet med scenario C.



Figur 4-16 Akkumulerte klimagassutslipp over 60 års beregningsperiode for Vestsidvegen 1126, for alle scenarioer.

Tabell 4-1 viser tilbakebetalingstiden for å rive dagens bygg og oppføre et nytt, sammenliknet med oppgradering av eksisterende bygg. For bygninger hvor oppgradering er beregnet å gi lavest utslipp i et 60-årsperspektiv, er tilbakebetalingstiden oppgitt å være mer enn 60 år (> 60 år). For bygninger hvor differansen mellom oppgradert bygg og nybygg er spesielt stor, er tilbakebetalingstiden oppgitt å være vesentlig mer enn 60 år (>> 60 år).

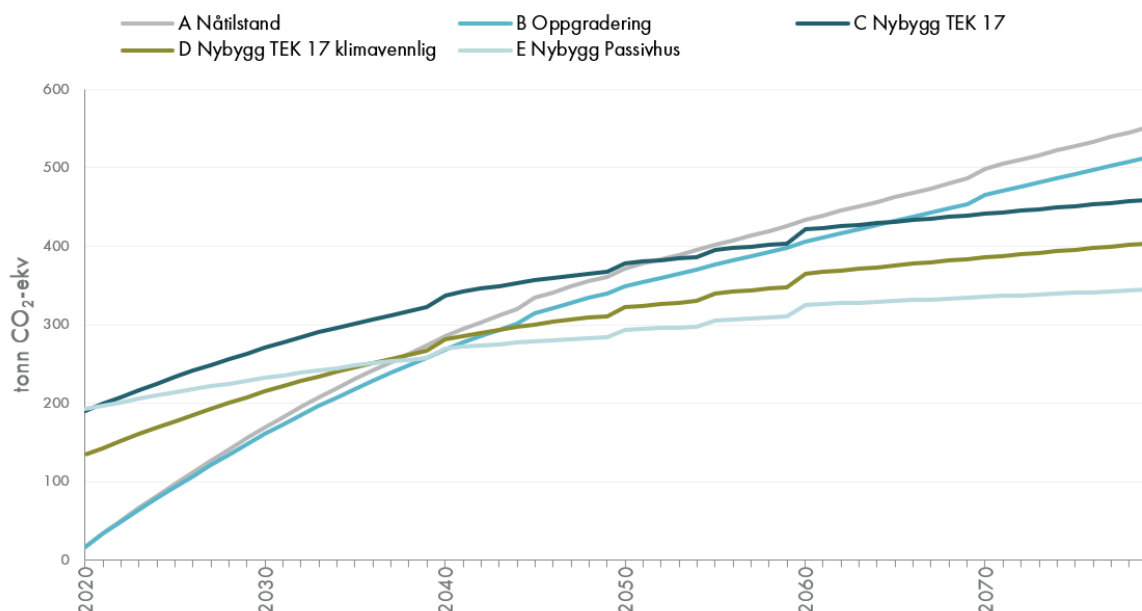
Tabell 4-1 Tilbakebetalingstid for å rive dagens bygg og oppføre et nytt, sammenliknet med oppgradering av eksisterende bygg.

Objekt	Tilbakebetalingstid for oppføring av nytt bygg, sammenliknet med oppgradering (scenario C-E vs. Scenario B)
Søndre Land Rådhus	16-52 år
Vestsidvegen 1126	> 60 år

Objekt	Tilbakebetalingstid for oppføring av nytt bygg, sammenliknet med oppgradering (scenario C-E vs. Scenario B)
Ringelien Gård	7-13 år
Granum gård	> 60 år
Setton gård	>> 60 år
Nerby gård	> 60 år
Anders Sandvigsgt. 30	> 60 år
Rekka i Våler	6-9 år
Toten Montessorriskole	17-23 år
Melkefabrikken på Kapp	4-6 år
Gamle Snekkerverkstedet	19-46 år
Raudlåven	kaldt bygg, ikke relevant
Gamlesmia	ca 60 år (sc. E)
Storgata 35	4-6 år
Melkefabrikken på Hamar	39-44 år (kun sc. E)
Breie	> 60 år
Jorderik	> 60 år
Hytte/gjenbruksprosjekt på Gran	8-13 år
Grøna, hovedbygg	> 60 år
Grøna, stabbur	7-15 år
Blak Holo	kaldt bygg, ikke relevant
Søndre Land Næringshage	>> 60 år
Steig gård	kaldt bygg, ikke relevant
Bankbygget på Heggenes	>> 60 år

Eksempler på bygninger hvor oppgradering ikke gir lavere utslipp enn å rive og bygge nytt over 60 års analyseperiode, men hvor tilbakebetalingstiden er lang, er Søndre Land Rådhus (16-52 år), Melkefabrikken på Hamar (39-44 år), og Gamle Snekkerverkstedet (19-44 år).

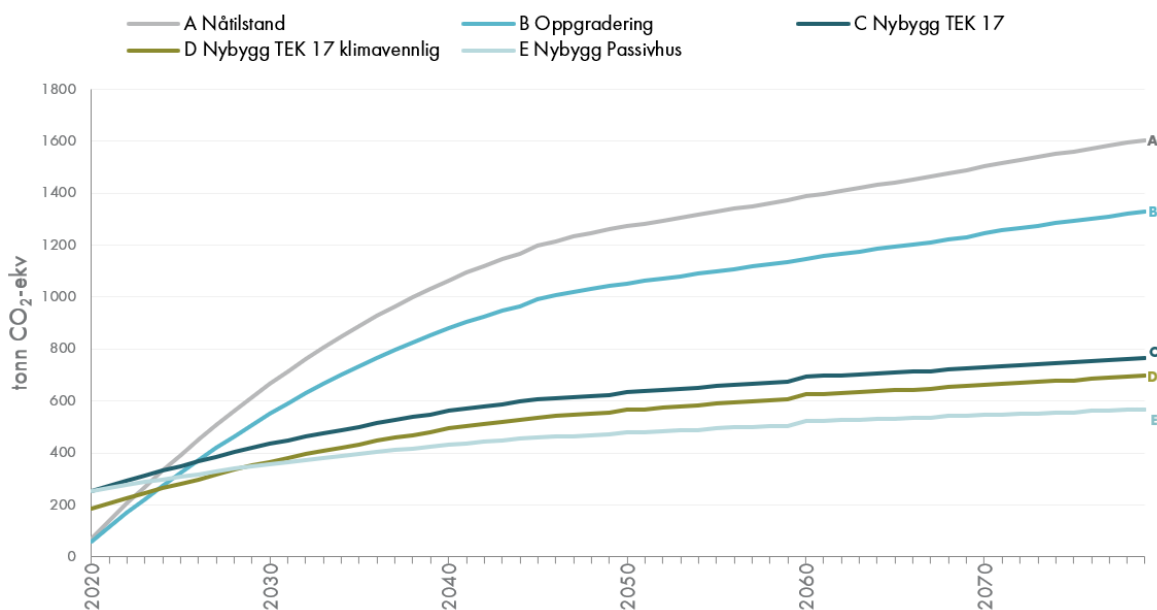
AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, GAMLE SNEKKERVERKSTEDET



Figur 4-17 Akkumulerte klimagassutslipp over 60 års beregningsperiode for Gamle Snekkerverkstedet på Lena videregående skole, for alle scenarioer.

Bygninger hvor tilbakebetalingstiden for å rive og bygge nytt er kort, er Melkefabrikken på Kapp (4-6 år), Rekka i Våler (6-9 år) og Storgata 35 (4-6 år).

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, MELKEFABRIKKEN PÅ KAPP



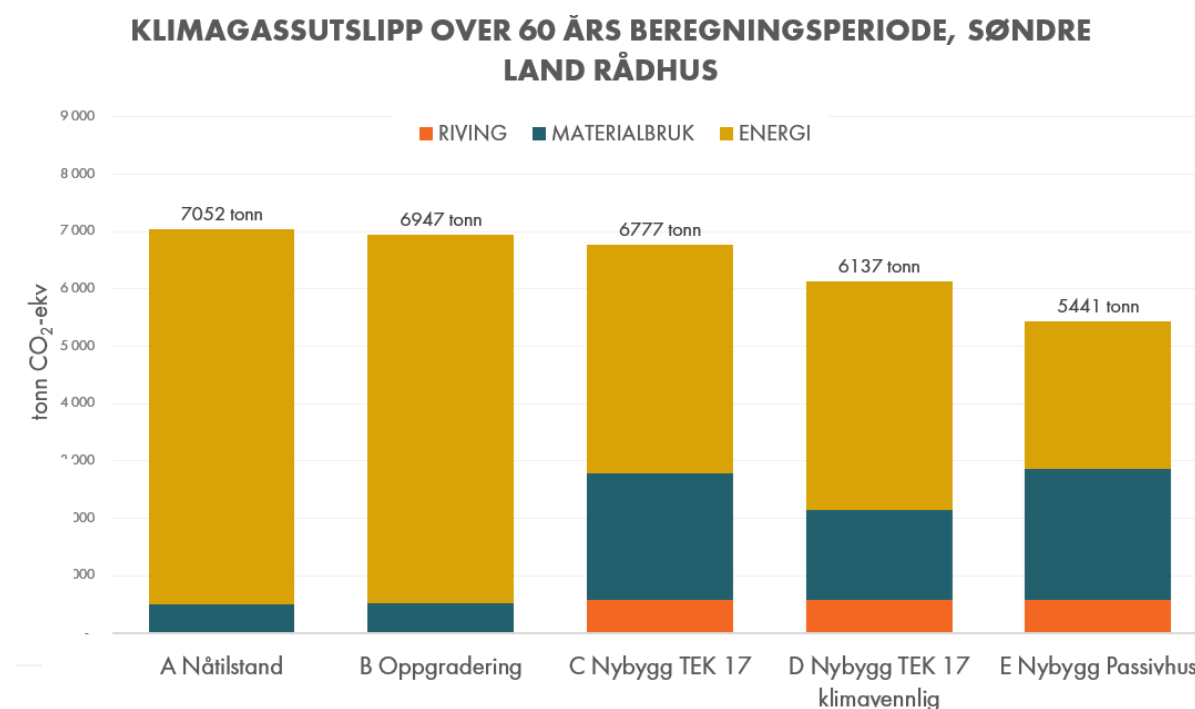
Figur 4-18 Akkumulerte klimagassutslipp over 60 års beregningsperiode for kontorbygningen på Melkefabrikken på Kapp, for alle scenarioer.

4.6. Tilleggsvurderinger for enkeltbygg

4.6.1. Energiløsning for Søndre Land Rådhus

I hovedberegningene har vi lagt til grunn at dagens energiløsning (direkte elektrisk oppvarming) videreføres i oppgraderingen av Søndre Land Rådhus. Som beskrevet i kapittel 3.4.1, har vi også vurdert et alternativ der oppgraderingen omfatter installasjon av vannbåren varme, og bygget knyttes til fjernvarmenett.

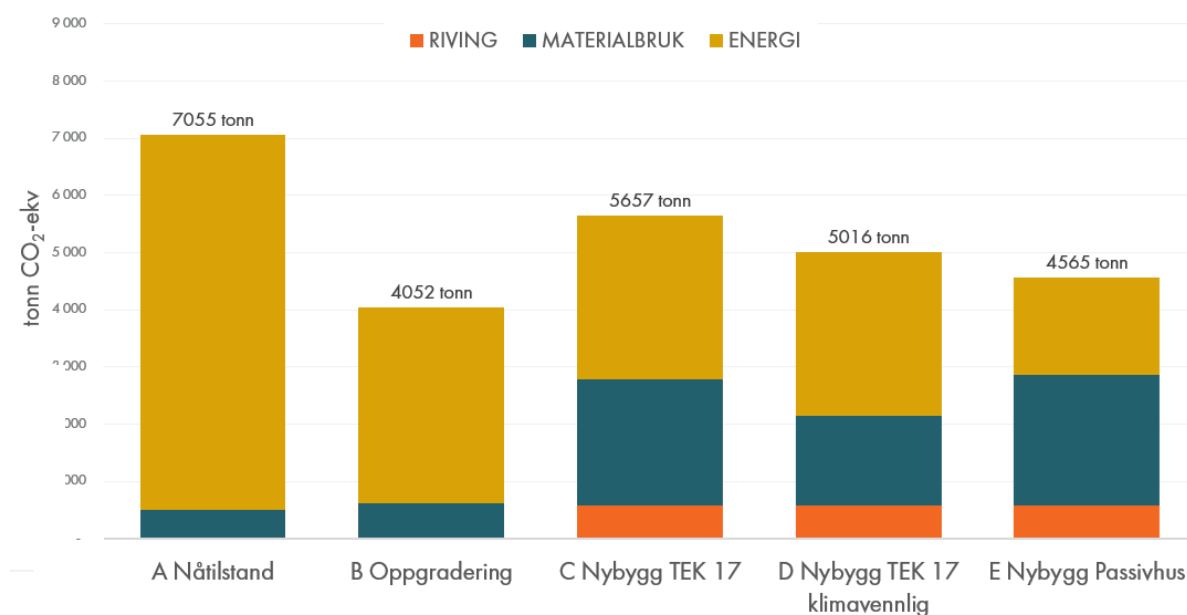
Resultatene i Figur 4-8 (se kapittel 4.3.1) viser at forskjellen i energibruk som følge av oppgraderingstiltak for Søndre Land Rådhus er svært liten, kun 2 %. Dette gir en tilsvarende moderat utslippsbesparelse (1 %), som vist i Figur 4-19. Dette er knyttet til oppgradering av ventilasjonssystemet, der vi har forutsatt at man bytter ut, blant annet, et relativt gammelt avtrekksanlegg med moderne balansert ventilasjon med høyere luftskifte. Dette fører betydelig økt energibruk til ventilasjon, men også til et vesentlig forbedret inneklima. Betydningen av ventilasjonssystem er drøftet i detalj i kapittel 5.1.2.



Figur 4-19 Klimagassutslipp over en 60 års beregningsperiode for Søndre Land Rådhus når det er lagt til grunn direkte elektrisitet som oppvarming i alle scenarier.

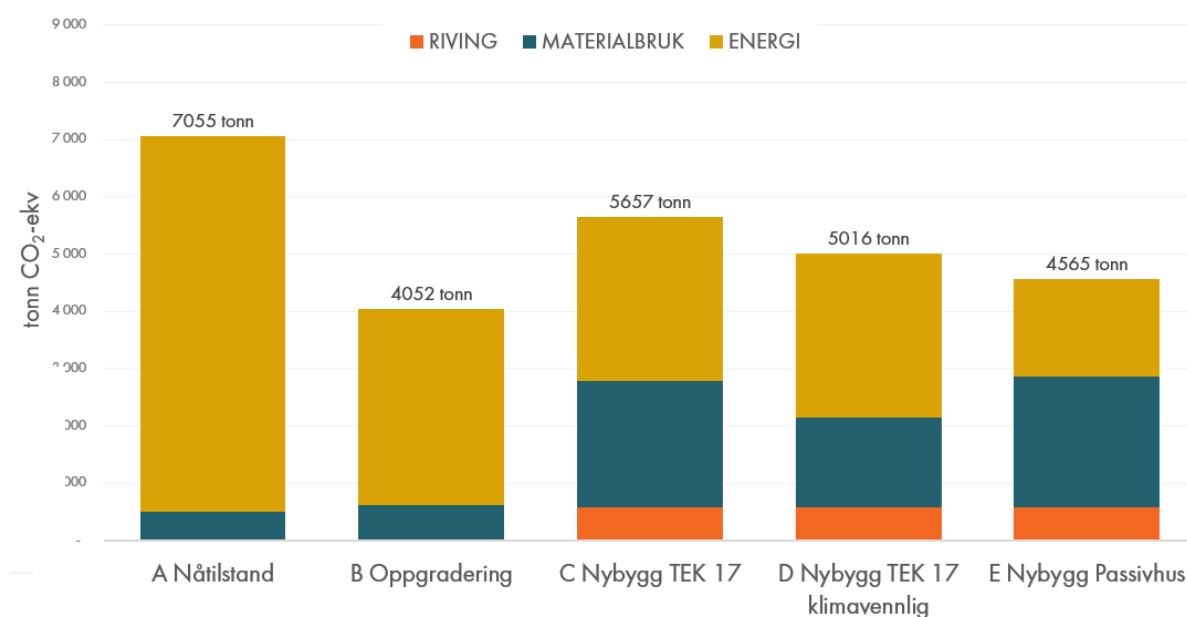
Beregnete klimagassutslipp for en alternativ oppgradering av Søndre Land Rådhus med fjernvarme er vist i

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, SØNDRE LAND RÅDHUS FJERNVARME



Figur 4-20:

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, SØNDRE LAND RÅDHUS FJERNVARME

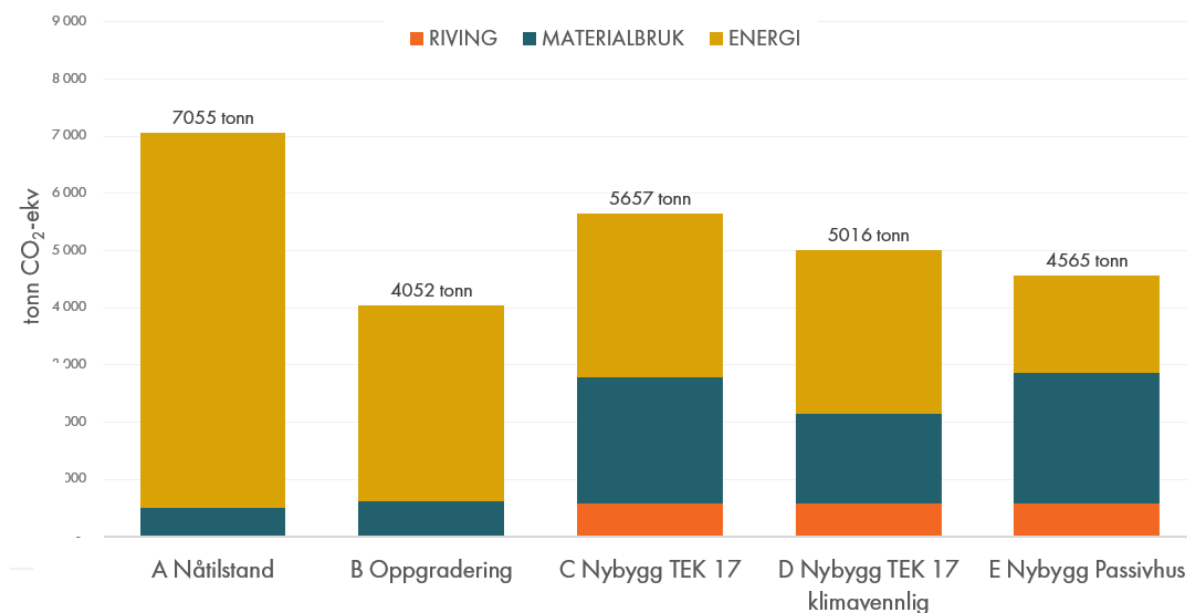


Figur 4-20 Klimagassutslipp over en 60 års beregningsperiode for Søndre Land Rådhus når det er lagt til grunn fjernvarme som oppvarming i scenario B-E.

Dersom det installeres vannbåren varme og bygget knyttes til fjernvarmenett vil systemvirkningsgraden for varmforsyningsløsningen bli noe lavere enn med direkte elektrisk oppvarming. Dette, i kombinasjon med økt energibehov til ventilasjon, fører til at beregnet energibruk blir noe høyere (+ 0.35 %) for oppgradert bygg, sammenliknet med nåtilstand. Imidlertid forutsetter vi at fjernvarmen vil ha en svært lav utslippsfaktor per kWh (23 g CO₂-ekv./kWh, se Tabell 2-1 i kapittel 2.5.2), sammenliknet med strøm. Dette gjør at

overgang fra direkte elektrisk oppvarming til fjernvarme reduserer utslipp selv om differansen i energibruk er neglisjerbar. Beregnede utslipp for oppgradert bygg (scenario B) er 42 % lavere enn bygg i nåtilstand (scenario A) for fjernvarmealternativet. I sammenlikningen med nybygg har vi forutsatt at nybygg også vil få installert fjernvarme. Dermed vil utslippene i nybygg-scenariene også reduseres, som vist i

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, SØNDRE LAND RÅDHUS FJERNVARME



Figur 4-20. Betydningen av utslipp knyttet til materialbruk blir dermed større, og fører til at oppgraderingsscenariet kommer lavest ut, totalt sett. Differansen i utslipp mellom standard nybygg og oppgradert bygg for Søndre Land Rådhus med fjernvarme er 39 %.

4.6.2. Omfang av oppgradering for Rekka i Våler

Som beskrevet i kapittel 3.4.2, har vi vurdert tre alternative tiltakspakker for oppgradering av Rekka i Våler:

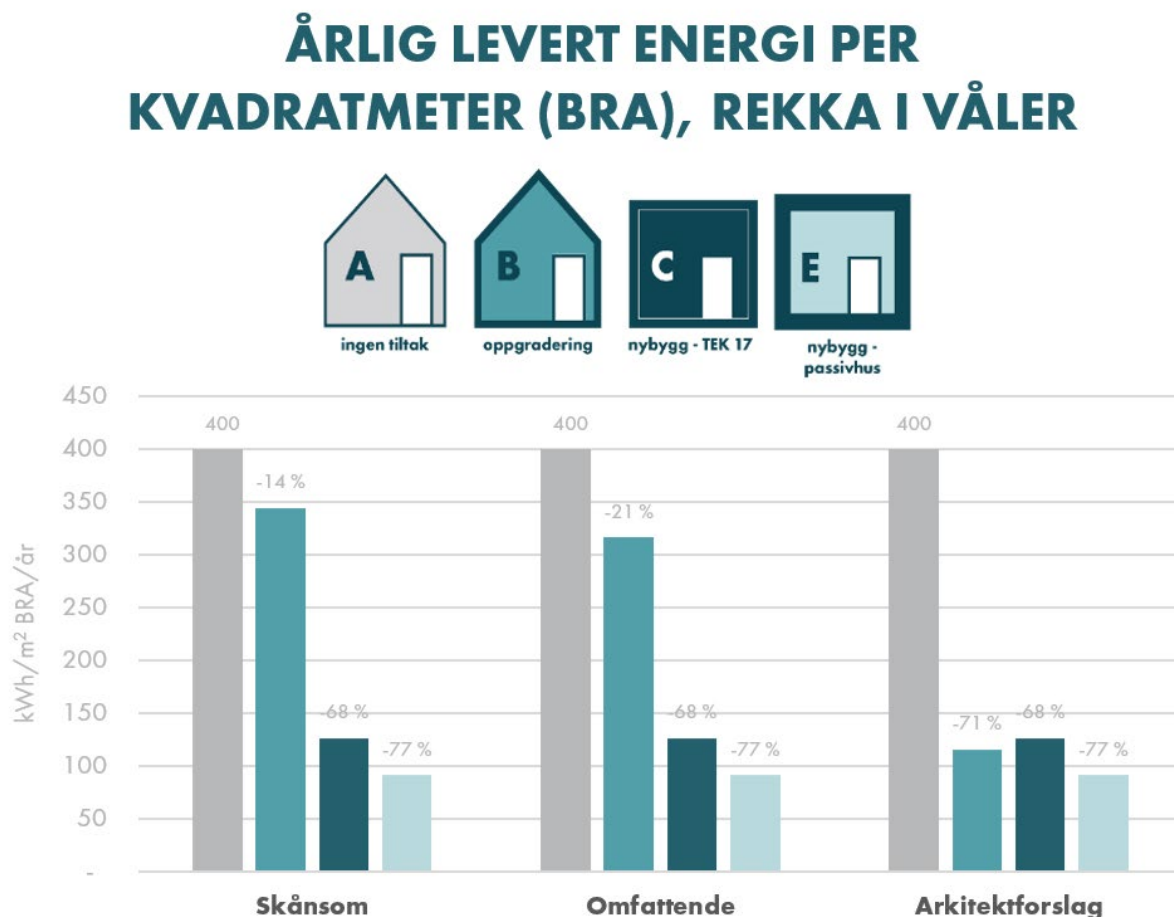
- Skånsom oppgradering, med utskifting av vinduer, etterisolering mot kjeller og i yttervegg
- Mer omfattende oppgradering, der det legges til grunn noe mer isolasjon i yttervegg (15cm totalt), samt utskifting av taket, som gir mulighet for mer isolasjon (30 cm totalt)
- Oppgradering iht. arkitektforslag, som i praksis tilsvarer oppgradering til TEK17-nivå.

Se Tabell 3-3 i kapittel 3.4.2 for detaljert beskrivelse av tiltak i de ulike alternativene.

Dagens boliger har garasje i umiddelbar tilknytning til hver boenhet. Disse tilfredsstiller imidlertid ikke dagens krav til garasje, og benyttes som bod. Oppgraderingstiltakene vi har anbefalt inkluderer ikke oppføring av nytt garasjeanlegg som tilfredsstiller dagens parkeringsnorm, ettersom det nye anlegget ikke vil lokaliseres på samme sted, og dermed ikke påvirker bygningskroppen. Oppgraderingen iht. arkitektforslag forutsetter imidlertid at dagens garasjer oppgraderes til utvidet boareal. Dette gjør at BRA er noe større for arkitektforslag-alternativet, sammenliket med de to øvrige (158 m² vs. 139 m² BRA). For å gi en mest mulig rettferdig sammenlikning, har vi derfor lagt til grunn at sammenlikningen av oppgradering iht. arkitektforslag forutsetter at nybyggscenariene også har et større boareal. Dette påvirker ikke bygningens funksjon som bolig i vesentlig grad, men ettersom det har betydning for den økonomiske verdien at boarealet økes, har vi valgt å vise sammenlikning av resultatene mellom de ulike alternativene per m², i stedet for som totalverdier. Ettersom arealutvidelsen kun påvirker scenario B-E, medfører dette at

sammenlikningen for arkitektforslag-alternativet gjøres på grunnlag av ulikt areal i scenario A, relativt til B-E.

Beregnet energibruk for de tre alternativene er vist i Figur 4-21:



Figur 4-21 Beregnet årlig levert energi per kvadratmeter (BRA) for alternative oppgraderingsscenarioer for Rekka i Våler. Scenario D (TEK 17 klimavennlig) er ikke vist, ettersom energibruk tilsvarer scenario C. For oppgradering iht. arkitektforslag er det hensyntatt at dagens boareal utvides noe, som gjør at beregnet energibruk er fordelt på et noe større areal i scenario B, C og E enn i scenario A.

I alternativet med skånsom oppgradering, er det beregnet en relativt moderat reduksjon i årlig energibruk som følge av oppgradering (14 %). Dette skyldes at tiltakene i hovedsak omfatter oppgradering av materialbruk, inkludert utskifting av dagens isolasjonsmengde, men i mindre grad tiltak som påvirker energibruk.

Ettersom tiltakene som er lagt til grunn for skånsom oppgradering omfatter relativt små materialmengder, er reduksjonen i utslipp som følge av oppgraderingen ganske tilsvarende energireduksjonen (9 %). Differansen mellom oppgradert bygg og et standard nybygg er relativt stor (30 %).

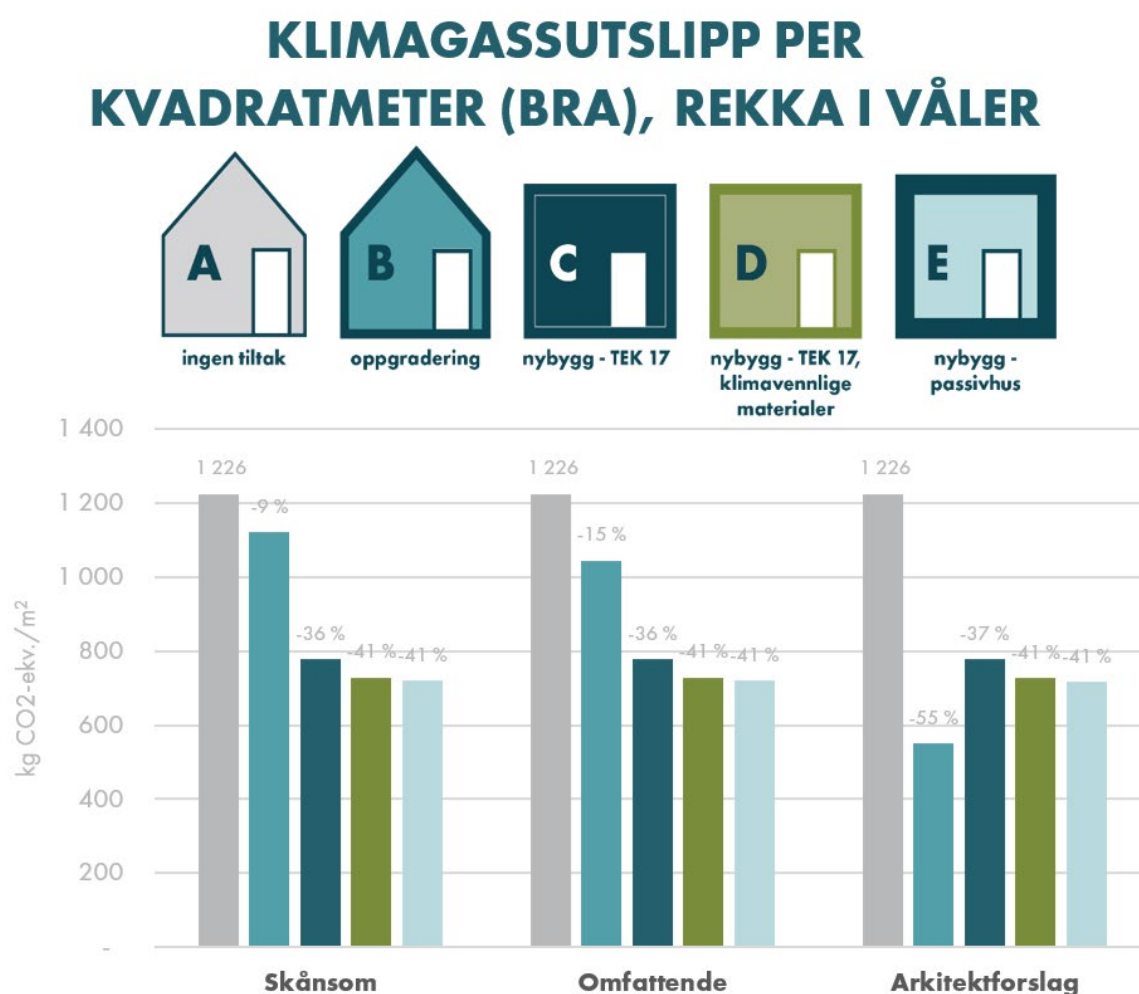
En mer omfattende oppgradering, der man tilfører mer isolasjon, vil gi en større beregnet energibesparelse (21 %), uten at materialutslippene øker nevneverdig. Dette gir en høyere utslippsbesparelse som følge av oppgradering (15 %). Forskjellen til et nytt standardbygg vil imidlertid fortsatt være stor (29 %).

En viktig årsak til at tiltakene ikke gir en større energibesparelse er at varmesentralen er plassert i en kjeller som er felles for alle bygg, men ikke tilstøtende til byggene. Denne løsningen har et relativt høyt systemtap med spillvarme som ingen av byggene får nyttiggjort seg i form av indirekte oppvarming (i motsetning til

om hver bolig for eksempel hadde hatt en energiproduserende enhet i egen kjeller). Betydningen av energiløsning på beregningsresultatene er drøftet videre i kapittel 5.1.

Oppgradering iht. arkitektforslag er som nevnt i praksis en oppgradering til dagens standard (TEK17). Følgelig gir dette en stor beregnet energireduksjon (71 %, regnet per m²), og fører til at beregnet energibruk blir noe lavere enn det vi har lagt til grunn for et standard nybygg. Dette gir 55 % utslippsreduksjon sammenliknet med nåtilstand, som gjør at oppgraderingsscenarioet kommer betydelig lavere ut enn nybygg (41 % lavere enn standard TEK17 nybygg).

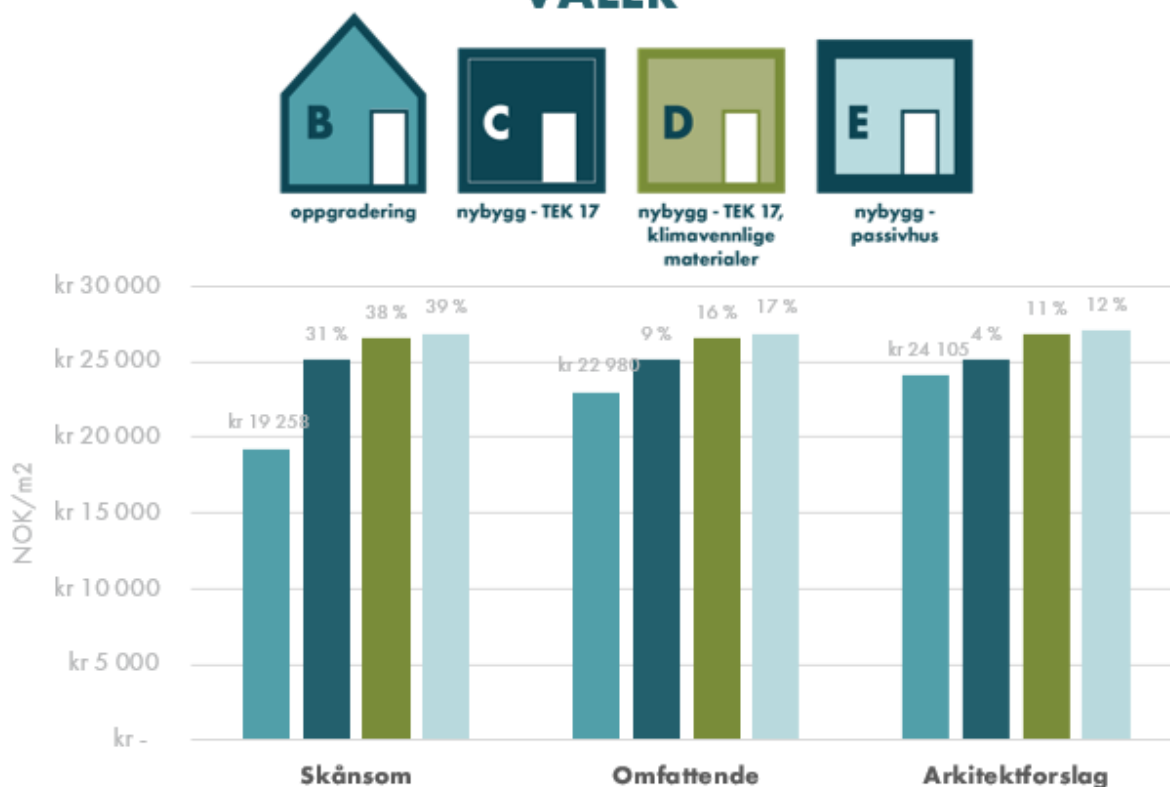
Beregnete klimagassutslipp for de tre alternative oppgraderingsstrategiene, for alle scenarioer, er vist i Figur 4-22.



Figur 4-22 Sammenlikning av beregnede klimagassutslipp for 60 års beregningsperiode for Rekkha i Våler, for alternative oppgraderingsstrategier

En sammenlikning av investeringskostnad for de alternative oppgraderingsscenarioene, sammenliknet med nybygg, er vist i Figur 4-23. Kostnad er gitt per m², fordi BRA i arkitektforslaget er noe høyere enn dagens areal, som nevnt over. Generelt er differansen i beregnet investeringskostnad for oppgradering av Rekkha i Våler nærmere kostnadene for et nytt bygg enn for de øvrige byggene i analysen, som vist i kapittel 4.2.3. Kostnaden er økende med økende omfang, og investeringskostnad for oppgradering til TEK17-nivå vil ifølge våre beregninger nærme seg investeringen ved å oppføre et nytt bygg.

BEREGNET INVESTERINGSKOSTNAD PER KVADRATMETER (BRA), REKKA I VÅLER



Figur 4-23 Beregnet investeringskostnad, alternative tiltakspakker for oppgradering av Rekka i Våler

4.7. Følsomhetsvurderinger og usikkerhet

4.7.1. Utslippsfaktorer for energibærere

Hvilke utslippsfaktorer for energibærerne elektrisitet, fjernvarme og biobrensel som legges til grunn for analysen har stor betydning for størrelsesforholdet mellom utslipp fra materialer og energibruk i drift. En høyere utslippsfaktor vil føre til at energibruk i drift får større relativ betydning for totale utslipp, mens en lavere faktor vil føre til at materialutslipp blir mer fremtredende.

4.7.1.1. Utslippsfaktor for elektrisitet

Utslippsfaktor for elektrisitet er den enkeltparameteren som har størst betydning for analyseresultatene. I henhold til NS 3720 skal det derfor alltid presenteres resultater for minst 2 scenarioer for utslipp fra elektrisitet: en norsk-europeisk miks (NO+EU28) og en helnorsk miks (NO).

Vi har valgt å bruke norsk-europeisk strømmiks i hovedresultatene våre av flere årsaker. Norge er en del av et integrert kraftmarked, vi utveksler strøm med resten av Europa. Fremskrivning av utslippsfaktor i tråd med EUs målsetting om nullutslipp fra kraftproduksjon i 2050 betinger et stadig mer integrert kraftmarked, for å kunne utnytte fornybare energikilder som vind, sol og vann mest mulig optimalt. Derfor mener vi at det

er mer realistisk å benytte den norsk-europeiske strømmiksen i hovedberegningene, enn den rent norske miksen.

For å illustrere effekten av hvilken strømmiks som brukes har vi i Tabell 4-2 vist hvilket scenario som kommer best ut for hvert bygg, når vi varierer utslippsfaktoren på strøm. Utslippsfaktorene vi har benyttet, som et gjennomsnitt over 60 år, er:

- Null: Nullutslipp fra strøm, 0 gram CO₂-ekv/kWh
- Vann: 100 % vannkraft, gram 9 CO₂-ekv/kWh⁴⁷
- NO: Norsk strømmiks, 16 gram CO₂-ekv/kWh
- Sens 1: Sensitivitet 1, 40 gram CO₂-ekv/kWh
- Sens 2: Sensitivitet 2, 60 gram CO₂-ekv/kWh
- Sens 3: Sensitivitet 3, 80 gram CO₂-ekv/kWh
- NO + EU28: Norsk-europeisk strømmiks, 117 gram CO₂-ekv/kWh

Den utslippsfaktoren vi har brukt i analysene er den med den høyeste verdien i listen over. Dette betyr ikke at vi har lagt oss på en maksverdi, men at det er dette vi besitter tall på. Snittet for norsk-europeisk elektrisitet over de kommende 60 årene, som vi har brukt, er betydelig lavere enn verdien for den norsk-europeiske miksen per i dag.

I Tabell 4-2 er det illustrert hvilket scenario som kommer best ut for hver av strømmiksene for hvert bygg. Vi har brukt følgende forkortelser for å angi scenarioene:

- Nts: Nåtilstand, Scenario A
- R.hab: Rehabilitering, Scenario B
- T17.n: TEK 17, Scenario C
- T17.k: TEK 17 klimavennlig, Scenario D
- PH: Passivhus, Scenario E

⁴⁷ https://www.epd-norge.no/getfile.php/1310666-1559908334/EPDer/Energi/NEPD-1685-676_Hydroelectricity-from-Trollheim-Power-Station.pdf

Tabell 4-2 Sensitivitetsanalyse av strømmiks for hvert enkelt bygg. Ulike strømmikser viser hvilket scenario som kommer best ut. Nts er nåtilstand (Scenario A), R.hab er rehabilitert (Scenario B), T17.k er TEK 17 klimavennlig (Scenario D) og PH er passivhus (PH).

	Null	Vann	NO	Sens. 1	Sens. 2	Sens. 3	NO+ EU28
Utslippsfaktor [g CO ₂ - ekv/kWh]	0 g	9 g	16 g	40 g	60 g	80 g	117 g
Søndre Land Rådhus	Nts	Nts	Nts	R.hab	R.hab	PH	PH
Søndre Land Rådhus, FV	Nts	Nts	Nts	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Vestsidevegen 1126	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Ringelien Gård	Nts	R.hab	R.hab	R.hab	T17.k	T17.k	PH
Granum Gård	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Setton Gård	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Nerby Gård	Nts	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Anders Sandvigsgt. 30	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	PH	PH
Rekka i Våler Skånsom	Nts	R.hab	R.hab	R.hab	T17.k	T17.k	PH
Rekka i Våler Omfattende	Nts	Nts	R.hab	R.hab	T17.k	T17.k	PH
Rekka i Våler Arkitektforslag	Nts	Nts	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Toten Montesorryskole	Nts	R.hab	R.hab	R.hab	PH	PH	PH
Kontorbygningen på Melkefabrikken på Kapp	Nts	R.hab	R.hab	T17.k	PH	PH	PH
Gamle Snekkerverkstedet	T17.k	T17.k	T17.k	T17.k	PH	PH	PH
Raudlåven	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Gamlesmia	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Storgata 35	R.hab	R.hab	R.hab	T17.k	PH	PH	PH
Steig gård	Nts	Nts	Nts	Nts	Nts	Nts	Nts
Melkefabrikken på Hamar	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	PH
Breie	Nts	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Jorderik	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Hytte/gjenbruksprosjekt Gran	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	PH	PH	PH
Grøna Hovedbygg	Nts	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Blak Holo	Nts	Nts	Nts	Nts	Nts	Nts	Nts
Søndre Land Næringshage	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Øystre Slidre Bankbygget	Nts	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab	R.hab
Grøna Stabbur	Nts	R.hab	R.hab	R.hab	T17.k	PH	PH

Fra denne figuren er det mye interessant å trekke ut. Først og fremst kan man se at jo lavere utslippsfaktoren er, jo bedre kommer scenario A og B ut. Dette er naturlig da disse har en høyere energibruk og dermed påvirkes mer av en endring i utslippsfaktor.

Noe av det mest interessante er å se hvor mye utslippsfaktoren må senkes (fra vår forutsatte NO+EU28-faktor) for at konklusjonene skal endres. Ved å gå fra NO+EU28 til sensitivitet 3 (80 gram), som er en betydelig reduksjon, er det kun 3 av fra før 14 bygg som går fra at et nybygg er best til at rehabilitering er best. **Det betyr at konklusjonen for de fleste byggene er ganske robust for endring i utslippsfaktor.** Ved å nærmest halvere utslippsfaktoren til sensitivitet 2 (60 gram) er det kun ytterligere 2 bygg som endrer konklusjon. Utslippsfaktoren må helt ned til sensitivitet 1 (40 gram) for at de aller fleste bygg endrer konklusjon til at rehabilitering eller nåtilstand er det beste alternativet.

Som nevnt i kapittel 1.3.5, viste en liknende dansk analyse også at valg av utslippsfaktor for elektrisitet ville endret konklusjonen om hva som gir lavest levetidsutslipp av å oppgradere og rive og bygge nytt. I motsetning til vår analyse, har den danske analysen imidlertid lagt den laveste utslippsfaktoren til grunn i sine hovedresultater, som forutsetter utslipp tilsvarende dansk energimiks, fremskrevet til null i 2050. Dette gir en gjennomsnittlig utslippsfaktor over analyseperioden (50 år) på 65 g CO₂e/kWh, som bygger på en forutsetning om at man i 2020 har et utslipp fra elektrisitet i Danmark på 264 g CO₂e/kWh. Et integrert europeisk kraftmarked kan sies å være en forutsetning for en slik fremskrivning, ettersom en stadig økende andel fornybar kraft forutsetter fleksibilitet til å ta i bruk fornybar energi når den blir produsert, i alle fall frem til vi besitter løsninger for å lagre kraft i stor skala. Dersom vi ser på utslipp for dansk og norsk elektrisitet per i dag⁴⁸, ligger faktorene på 203-210 g CO₂-ekv/kWh for Danmark, og 47 g CO₂-ekv/kWh for Øst-Norge. Med dette som bakgrunn fremgår det at konklusjonen i den danske analysen om at oppgradering i alle tilfelle gir lavere klimagassutslipp enn å rive og bygge nytt, ikke står i motsetning til det vi har funnet i vår analyse, men snarere at den danske studien har nedtonet betydningen av utslipp fra elektrisitet for sine funn.

4.7.1.2. Utslippsfaktor for fjernvarme

Utslipp fra fjernvarme er beregnet spesifikt for de 5 objektene der fjernvarme benyttes i dag, eller er aktuelt å benytte i oppgradert bygg, basert på informasjon fra lokal fjernvarmeleverandør eller fra et høringsnotat om fjernvarme fra Søndre Land. Dette gir en variasjon i utslipp fra fjernvarme på 4-33 g CO₂-ekv./kWh. Hvilke energibærere som inngår i fjernvarmemiksen vil variere mellom ulike leverandører, og det er ikke grunnlag for å vurdere usikkerheten i beregnede utslipp fra fjernvarme, utover det som er gjort i forbindelse med følsomhetsvurderingen for utslippsfaktor for elektrisitet. Ettersom noen av fjernvarmemiksene inkluderer strøm som energibærer i sin miks, enten i form av varmepumper eller direkte elektrisitet, omfatter følsomhetsvurderingen for strøm også indirekte en følsomhetsvurdering for utslippsfaktor for fjernvarme.

Da utslippsfaktorene for de ulike fjernvarmemiksene er relativt lave (se kapittel 2.5.2), sammenlignet med strømmiksen (NO EU+28), vil ikke en prosentvis endring i utslippsfaktor for fjernvarme ha i nærheten like mye å si som den samme prosentvise endringen i utslippsfaktor for elektrisitet.

4.7.2. Vurdering av usikkerhet i beregnet energibruk

Som nevnt i kapittel 1.4, er det undersøkelser som viser at reell energibruk i eldre boligbygg vil ligge lavere enn det som beregnes med energiberegninger iht. NS3031, mens energibruk i nye boliger kan ligge høyere. Vi har forsøkt å korrigere for dette ved å legge til grunn SNB for boligbyggene, men sammenlikning med målt energibruk tyder på at også energiberegninger med SNB kan gi høyere verdier enn det som vil være reelt. For nybygg-scenarioene har vi lagt til grunn at energibehovet tilsvarer maksimale verdier av det som er maksimalt tillatt iht. TEK 17 standard. Om man i realiteten vil bruke mer

⁴⁸ <https://www.electricitymap.org/map>

eller mindre energi enn hva standarden sier, er vanskelig å si. Det vil variere med både bruksmønster til de som bor og bruker bygget, ønsket komfortnivå, og også hvor mange som bruker bygget.

For å se hvor avhengig det totale utslippet er av energibruken, og dermed vurdere hvordan usikkerheten i beregnet energibruk påvirker hvor robuste resultatene er, har vi utført en sensitivitetsanalyse av beregnet energibruk for hvert bygg. Vi har endret energibruken med en 10 % økning og reduksjon for hvert enkelt bygg i scenario B og C. Om de totale utslippene for hvert bygg er veldig avhengige av beregnet energibruk, vil man se en opp mot 10 % endring av totale utslipp når energibruken og endres med 10 %. Liten til ingen avhengighet vil vises ved en nær 0 % endring.

For scenario B er spennet i endrete utslipp på 7-10 % med et gjennomsnitt på 8,9 %. Dette betyr at de totale utslippene for scenario B er svært avhengige av energibruken. Dette er et forventet resultat, ettersom hoveddelen av utslippene i oppgraderingsscenarioene stammer fra energibruk, og kun en liten del av utslippene skyldes fra materialbruk.

For scenario C endres beregnede utslipp som følge av en 10 % endring i energibruk med 5-7 %, og i gjennomsnitt 6,0 %. Det betyr at de totale utslippene er ganske avhengige av energibruken, men ikke i like stor grad som for scenario B. Nybygg-scenariene er altså mindre følsomme for endringer i beregnet energibruk enn oppgraderte bygg. Dette skyldes at utslipp for nybyggene i større grad består av utslipp fra riving og materialbruk.

Samlet sett viser dette at resultatene er svært avhengige av beregnet energibruk. Dette peker på at det er viktig å sørge for at energiberegninger er så representative som mulig i analyser som sammenlikner det å bevare med å rive og bygge nytt. Vi har i vår analyse forsøkt å legge så godt til rette for dette som mulig, ved å basere energimodeller på befaringer og sammenligne beregnet energibruk opp mot målte verdier der dette har vært tilgjengelig, i tillegg til å benytte justerte faktorer for eldre boliger (SNB).

4.7.3. Utslipp fra riving av eksisterende bygg

Hittil har det vært relativt vanlig å utelate avhendingsfasen fra klimagassanalyser av bygninger. Dette begrunnes ofte med manglende datagrunnlag for energibruk til riveprosessen, og høy usikkerhet knyttet til fremtidig avfallshåndtering av materialer, i tillegg til høy usikkerhet rundt reell levetid og faktisk bruk etter analyseperiodens slutt.

Når vi sammenlikner det å bevare bygninger med å erstatte dem med nybygg, er det avgjørende å regne med utslipp fra riveprosessen for å få et komplett bilde av utslippskonsekvensen ved å bygge nytt. Vi vet at usikkerheten knyttet til erfaringstall for riving er høye. Når data har høy usikkerhet er det regnet som god praksis i LCA å legge til grunn en høy utslippsverdi, som et konservativt estimat. I denne analysen vil det å anta høye utslipp fra riving kunne sees som en favorisering av bevaring fremfor å bygge nytt.

På grunn av den store usikkerheten knyttet til utslipp fra avhending har vi gjort en sensitivitetsanalyse for utslippsfaktorene for riving. En endring i utslipp fra avhendingsfasen på 10 % fører til en endring i totale utslipp for nybyggscenarioene (C, D og E) på mellom 0,5 og 2,0 %, med et gjennomsnitt på 0,9 %. Det vil si at analyseresultatene i svært liten grad er avhengige av utslippsfaktorene som er benyttet for å modellere avhendingsfasen. Selv om utslippsfaktoren for riving er svært usikker, har denne liten betydning for analysen som helhet.

5. Hva er forutsetningene for klimavennlig oppgradering av eldre bygninger?

Resultatpresentasjonen i kapittel 4 viser at det er til dels store variasjoner i beregnede utslipp, både på tvers av byggene og mellom scenarioene. Dette gjør det utfordrende å trekke brede konklusjoner om hvordan oppgradering påvirker livsløpsutslipp. Vi kunne benyttet oss i større grad av statistisk analyse, og sett på resultatene mer aggregert for å forsøke å si noe om generelle tendenser. Imidlertid ser vi at det ikke vil hjelpe oss med å forstå hvilke faktorer som påvirker hvor stor utslippsreduksjon man oppnår ved å oppgradere hvert enkelt bygg.

Vår tilnærming til analysen har vært å hensynta alle de spesifikke forholdene som har betydning for hvert case-bygg. Dette skiller seg fra en del tidligere studier med samme tematikk, som for eksempel analysen for Vestfossen (se kapittel 1.3.2), og den danske studien (se kapittel 1.3.5), hvor man i større grad har sett på generelle, teoretiske tiltakspakker for oppgradering, og tatt utgangspunkt i at eldre bygg vil ha tilsvarende energistandard.

Dette betyr imidlertid ikke at det ikke er mulig å peke på gode strategier for klimavennlig oppgradering, eller undersøke hvilke forhold som gjør det mer utfordrende å få god klimagevinst. Men det krever at vi i større grad ser hvert enkelt bygg som et spesialtilfelle, og vurderer hvordan det enkelte byggets forutsetninger påvirker resultatet. I dette kapitlet forsøker vi å belyse og drøfte hvilke mekanismer som påvirker utslipp i de ulike scenarioene, og hva dette betyr for klimavennlig bygningsoppgradering.

5.1. Betydning av energiløsning og ventilasjonssystem

Analysen viser at energibruk i drift har stor betydning for klimagassutslipp for eldre bygninger. Bygningenes klimaprestasjon påvirkes dessuten både av oppvarmingsanleggets effektivitet og klimagassutslipp i omdanning av energi til varme.

For en panelovn eller et vannbårent anlegg med elektrisk kjel vil man for hver kilowatttime (kWh) man putter inn i systemet få 80 %-95 % igjen som varme. Resten er tap i regulering eller transport av varmen. For en åpen peis eller lukket vedovn så sitter man igjen 10%-70% anvendbar varme. Resten er tap i form av uforbrente partikler og varme som forsvinner opp pipen. En varmepumpe har en veldig effektiv omdanning av elektrisitet til varm luft eller varmt vann. Putter man inn en kWh elektrisitet i en varmepumpe så gir den typisk 2-4 ganger så mye varme tilbake. Effekten dette har på samlede klimagassutslipp er spesielt synlig i for Bankbygget på Heggenes (som forutsettes oppgradert med bergvarmepumpe) og hovedbygget på Grøna hovedbygg. For effekten av overgang til en energikilde med lavere utslipp, kan man se på resultatene for Søndre Land Rådhus med fjernvarme og direkte elektrisk oppvarming. Systemvirkningsgraden er lavere for vannbåren varme (0,85) enn for direkte elektrisk oppvarming med eldre panelovner (0,91). Dette gir et høyere forbruk av energi for fjernvarme enn direkte elektrisk, men likevel lavere totale utslipp av klimagasser.

EFFEKTEN AV OPPGRADERING PÅ UTSLIPP FRA ENERGIBRUK

Utslipp fra energibruk i drift av bygg er avhengig av både byggets energibehov og energikilden som brukes.

$$\begin{array}{ccccc}
 \text{energi} & & & & \text{energi} \\
 \text{bruk} & & & & \text{fra} \\
 \text{kWh} & \times & \text{utslipp per} & = & \text{energi} \\
 & & \text{energienhet} & & \\
 & & \text{g CO}_2\text{e / kWh} & & \text{g CO}_2\text{e}
 \end{array}$$

Utslipp per energienhet avhenger av energikilden. For eksempel vil en varmepumpe bruke mindre strøm til å produsere varme enn en panelovn. Varmepumpe gir derfor lavere utslipp for den samme mengden oppvarming. Dette betyr at de energirelaterte utslippene kan endre seg, selv om byggets energibehov er det samme, hvis man bytter til en annen energikilde.



utslipp for energikilder – eksempelverdier:

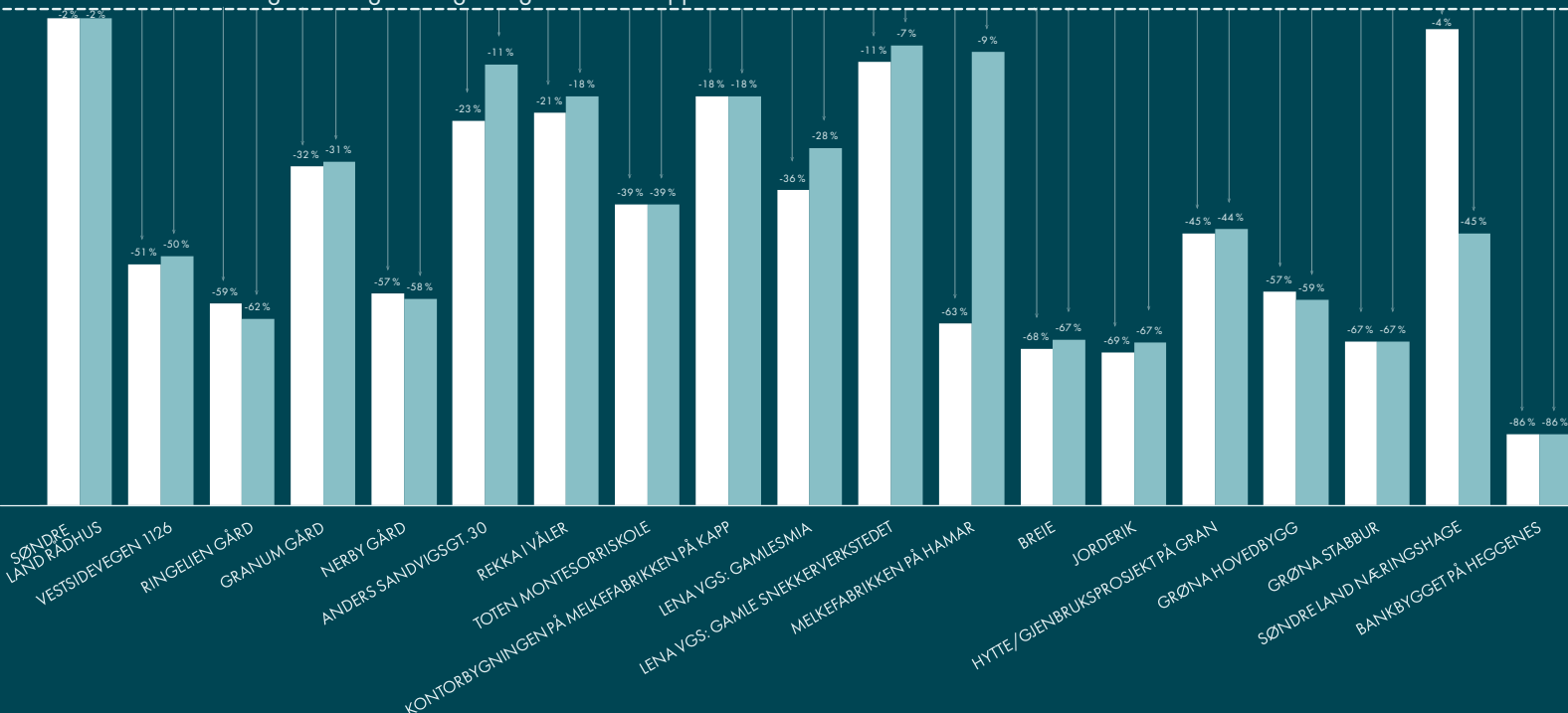
elektrisitet		117 g CO ₂ e / kWh
ved		14 g CO ₂ e / kWh
fjernvarme		4 - 33* g CO ₂ e / kWh

*avhengig av leverandør

Grafen under viser reduksjon av energibruk og utslipp knyttet til energibruk, som følge av oppgradering. Der prosentvise forskjeller er ulike, skyldes dette en endring av energikilde fra nåtilstand.

Energi **Utslipp fra energi**

100%: dagens energibruk og energirelaterte utslipp

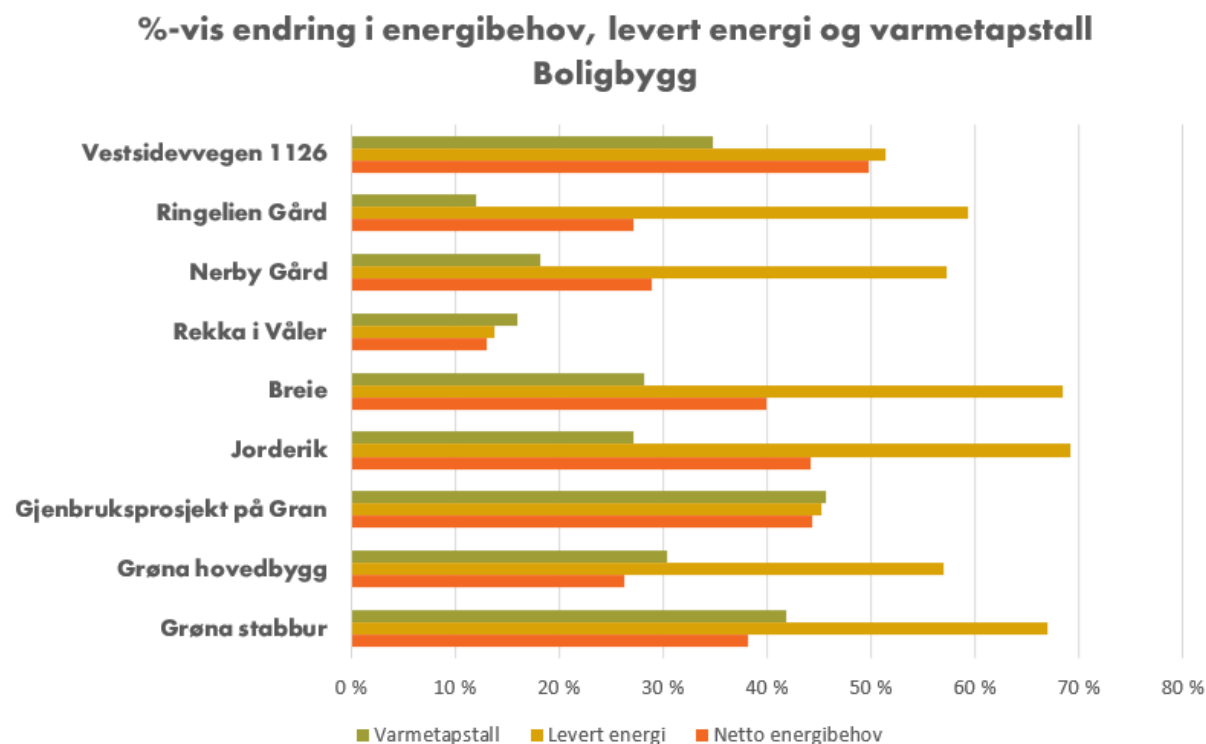


5.1.1. Installasjon av bergvarmepumpe

En varmepumpe er den teknologien med den mest effektive omdanningen av direkte elektrisitet til varm luft eller varmt vann som er tilgjengelig på markedet. For bygninger med et høyt oppvarmingsbehov vil en effektiv varmepumpe i mange tilfeller gi større besparelser til en lavere investeringskostnad enn andre tiltak på bygningskropp eller oppvarmingsanlegg.

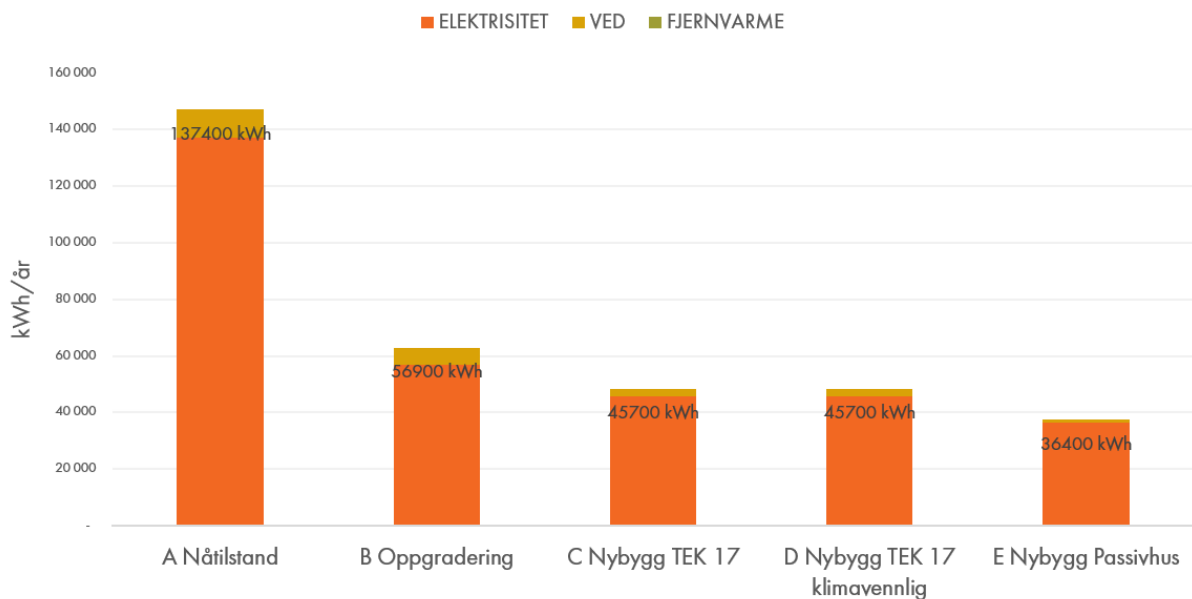
Svakheten er at teknologien fungerer best på lave temperaturer. Det man betaler for er temperaturløftet, og varmepumpen er mer effektiv jo mindre den må heve temperaturen. Derfor blir luft-luft varmepumper mer effektive i milde klima. Å løfte temperaturen 32 grader fra -10 °C ute til 22 °C gjøres ikke like effektivt som fra 5 °C til 22 °C. Høye temperaturløft vil også slite mer på mekaniske komponenter, og redusere levetiden til varmepumpen. At det gjennom året er en jevnt høy temperatur i grunnen er årsaken til at en bergvarmepumpe er mer effektiv enn en luft-vann varmepumpe. Men det kreves høye temperaturer for å varme opp hus med mye varmetap. Luft-vann og væske-vann varmepumper fungerer best når de kan varme opp vann til maks 35-45 °C. På kalde dager kan det være behov for opptil 80 °C i tur-temperatur på kjel-anlegg med radiatorfordeling. Det er dermed en forutsetning for bruk av varmepumper i eldre bygninger at man har tilgang på andre varmekilder med høy effektavgivelse for å ha tilgang på nok varme når det er ekstra kaldt ute. For boliger kan lukkede vedovner i kombinasjon med en varmepumpe være en god løsning. I næringsbygg vil en el-kjel til spisslast være hensiktsmessig.

Figur 5-1 viser hvordan endringen i energibehov følger endringen i varmetapet ved oppgradering fra scenario A til B. I de byggene der oppvarmingskildene har en virkningsgrad nær 1 (direkte elektrisitet og vedovner), er endringen i levert energi mer proporsjonal med reduksjonen i varmetapstall og energibehov. I de byggene der bergvarmepumper er med i beregningen, og virkningsgraden er høyere enn 1, vil endringen i levert energi være markant høyere. Dette vil igjen påvirke klimagassutslippene i større grad enn for byggene med mindre effektive oppvarmingskilder.

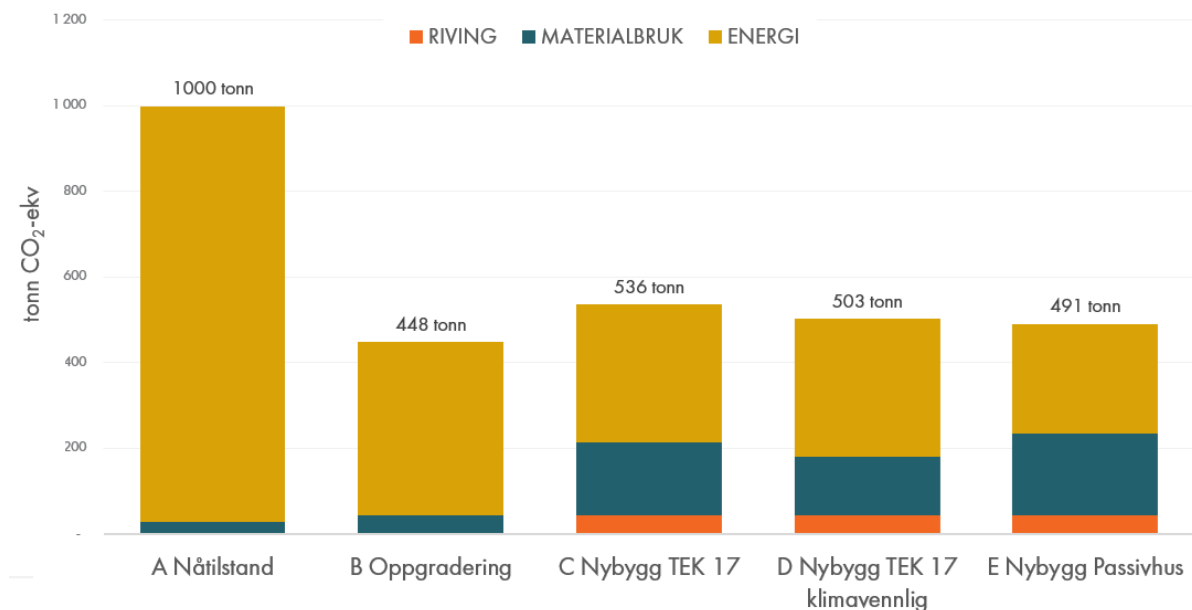


Figur 5-1 Prosentvis endring i energibehov som følge av oppgradering, levert energi og varmetapstall for boligbygg

ENERGIFORBRUK PER ÅR, NERBY GÅRD



KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, NERBY GÅRD



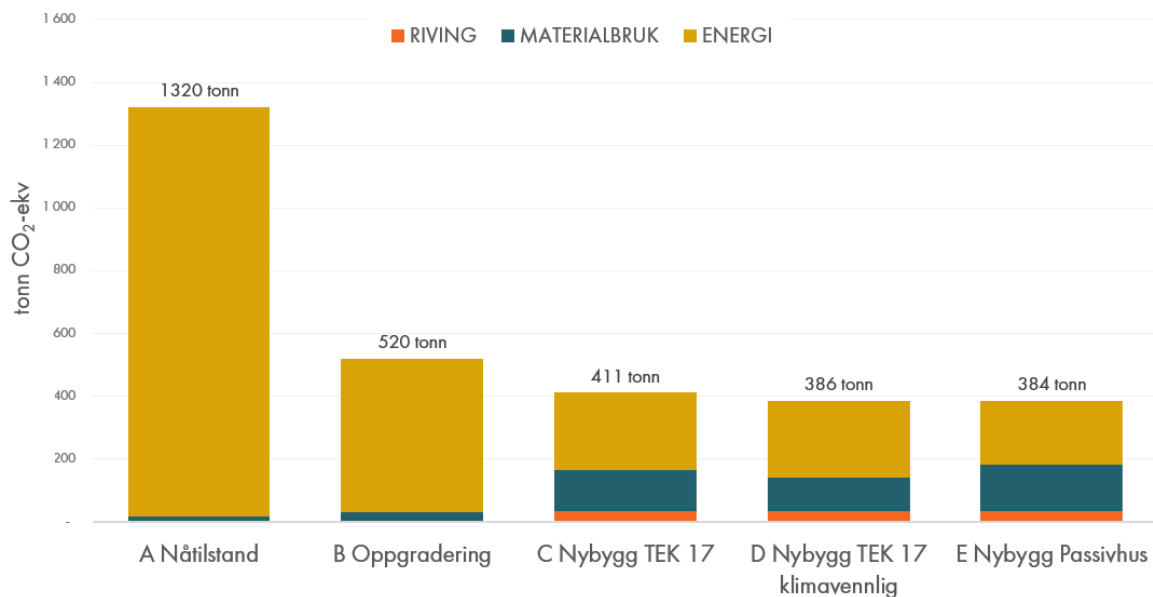
Som grunnprinsipp har vi i vår analyse lagt til grunn at nybygg skal benytte samme energiløsning som oppgradert bygg. Dette er gjort for å gjøre nybyggscenarioene mer sammenliknbare med oppgraderingsscenarioet. Det er imidlertid usikkert hvilken energiløsning som vil bli tatt i bruk i nye bygg, og vi kunne også valgt å legge til grunn en «gjennomsnittlig» energiløsning i nye bygg, som ikke samsvarte med oppgradert bygg. Dette ville i større grad vist effekten av valg av energiløsning i oppgradert bygg som et tiltak, i stedet for en forutsetning. Dette var premisset i analysen av bankbygget på Heggenes, som ble gjennomført som et parallelt oppdrag der bankbygget var det eneste analyseobjektet. I denne analysen var det hensiktsmessig å vise effekten av å utvide det eksisterende bergvarmeanlegget på tomten

for å kunne forsyne bankbygget. Da analysen av bankbygget ble integrert med den større analysen, gjennomførte vi nye beregninger av scenario C-E der nybyggene også ble forutsatt å forsynes med bergvarmepumpe.

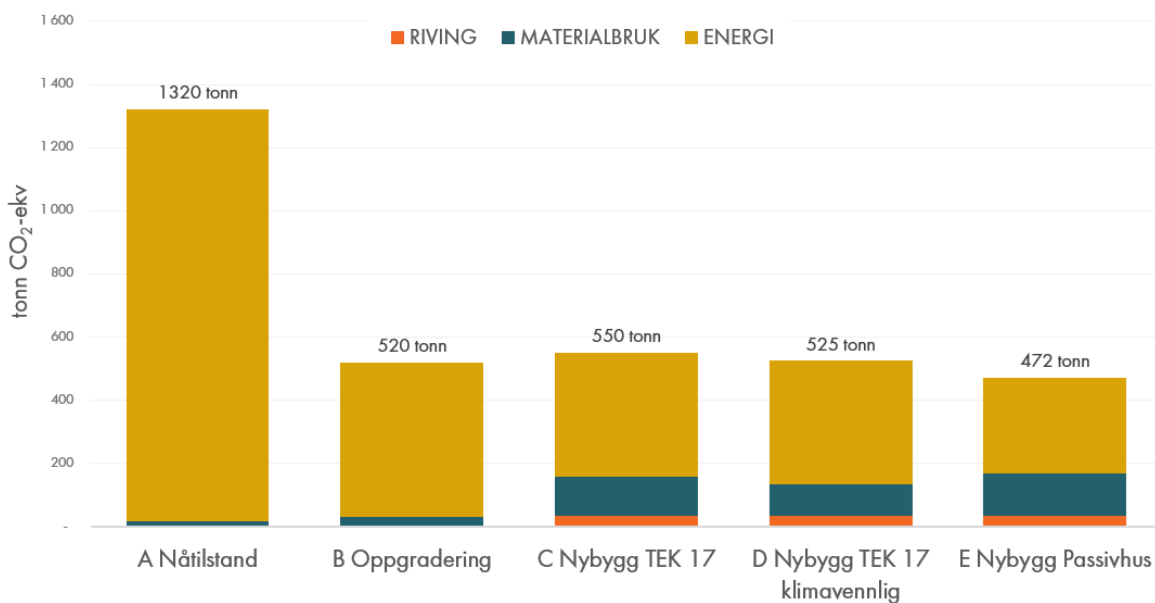
For å vurdere hvordan valg av energiløsning i nybyggscenarioene påvirker resultatene, viser vi her en sammenlikning av de to tilnærmingene. I tillegg til bankbygget på Heggenes har vi også valgt å vise hvordan resultatene for to av byggene der det er forutsatt bergvarmepumpe i oppgradert bygg ville blitt ved å legge til grunn elektrisk oppvarming i stedet for bergvarmepumpe i scenario C-E. Vi har valgt Ringelien gård og Grøna stabbur, fordi konklusjonen for disse byggene er at standard nybygg gir lavere utslipp enn oppgradert bygg, på tross av at det forutsettes å installere bergvarmepumpe. Hensikten er således å vurdere hvorvidt forutsetningen om energiløsning for nybygget er avgjørende for konklusjonen.

Resultater for Ringelien Gård med bergvarmepumpe i scenario C-E vs. elektrisk oppvarming er vist i Figur 5-2. Tilsvarende resultater for Grøna Stabbur er vist i Figur 5-3:

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, RINGELIEN GÅRD

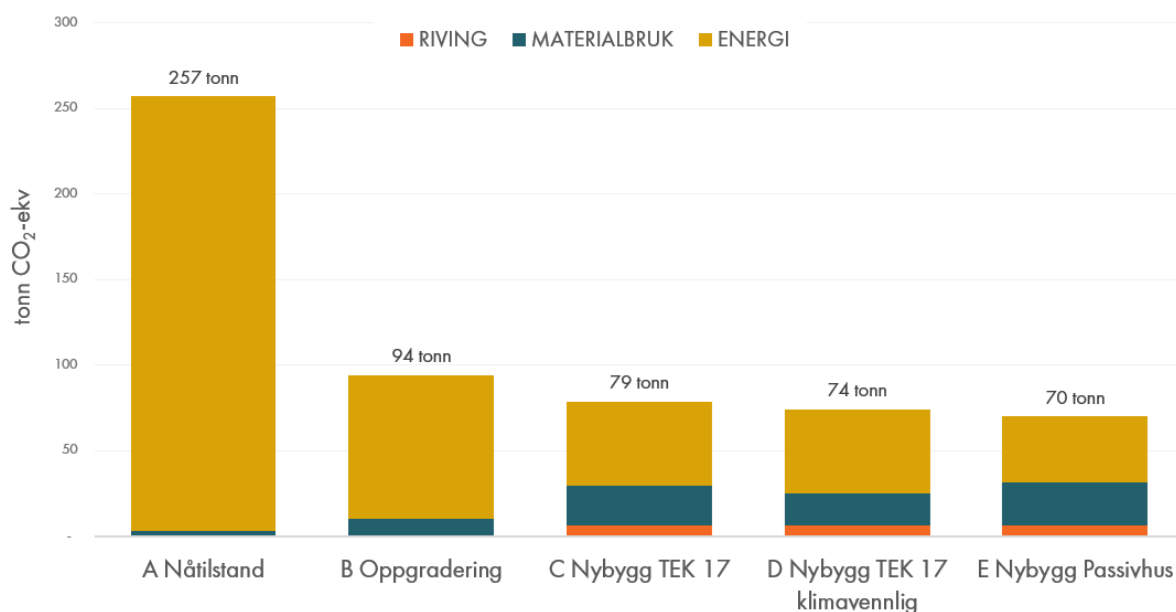


KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, RINGELIEN GÅRD UTEN BERGVARMEPUMPE

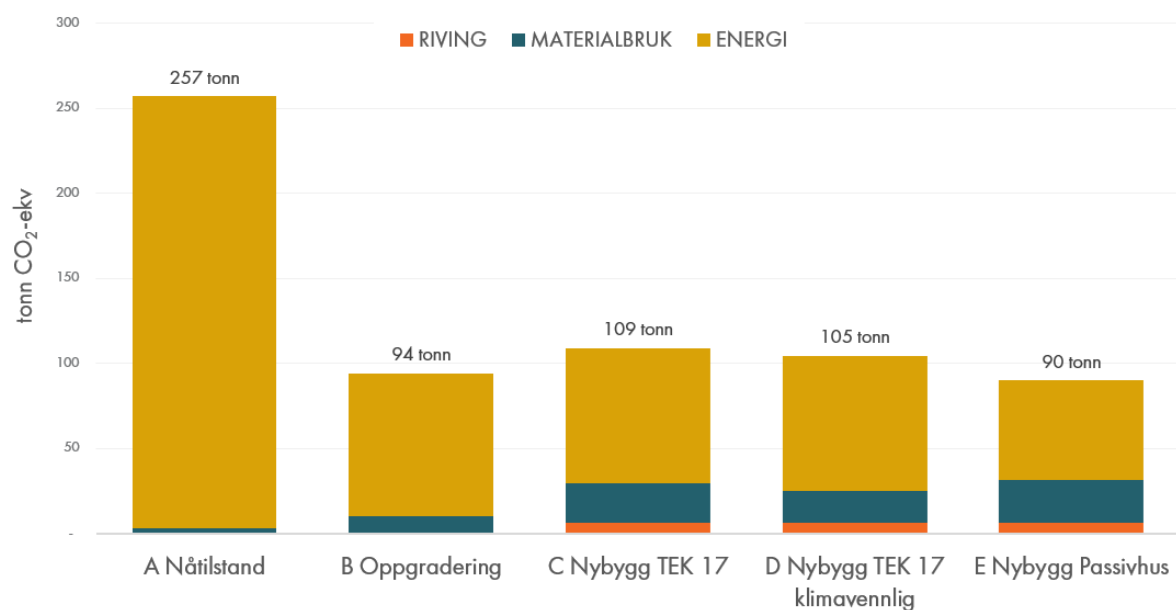


Figur 5-2 Øverst: Klimagassutslipp over en 60 års beregningsperiode for Ringelien Gård med bergvarmepumpe i scenarioene B-E Nederst: Klimagassutslipp over en 60 års beregningsperiode for Ringelien Gård med bergvarmepumpe i scenarioene B og elektrisk oppvarming i scenarioene C-E.

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, GRØNA STABBUR



KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, GRØNA STABBUR UTEN BERGVARMEPUMPE



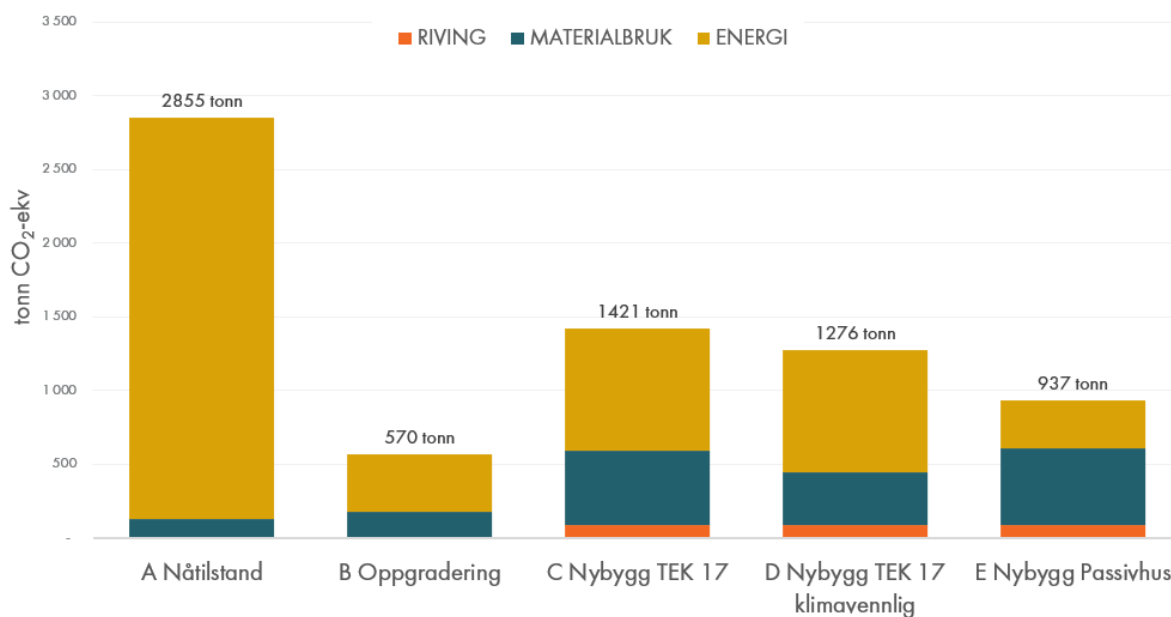
Figur 5-3 Øverst: Klimagassutslipp for 60 års beregningsperiode for Grøna Stabbur med bergvarmepumpe i scenario B-E. Nederst: Klimagassutslipp for 60 års beregningsperiode for Grøna Stabbur med bergvarmepumpe i scenario B og elektrisk oppvarming i scenario C-E.

Beregningene viser at dersom vi hadde valgt samme tilnærming i denne analysen som for bankbygget på Heggnes, det vil si vurdert bytte av energiløsning for oppgradert bygg som et tiltak, og ikke en forutsetning, ville konklusjonene bli endret til at oppgradert bygg gir noe lavere utslipp enn et standard

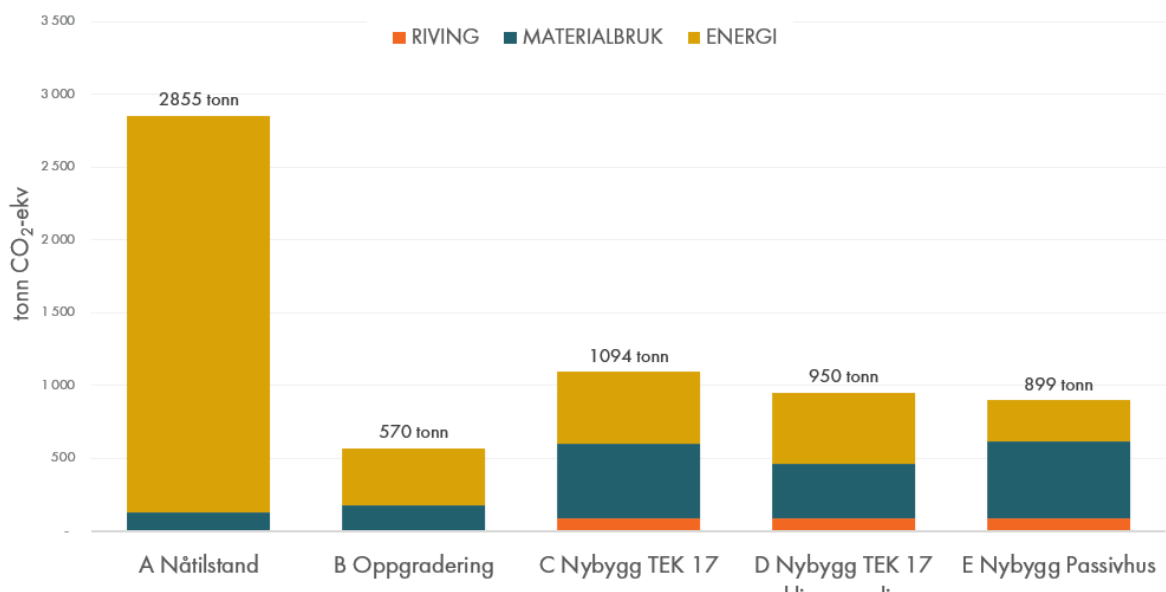
nybygg. Det må imidlertid understrekes at differansene mellom oppgradert bygg og nybygg er små når vi legger til grunn forskjellige energiløsninger i scenario C-E vs. B.

Resultater for bankbygget på Heggenes med bergvarmepumpe i scenario C-E vs. elektrisk oppvarming er vist i Figur 5-4. Sammenlikningen viser at differansen mellom oppgradert bygg og nybyggscenarioene er såpass stor for bankbygget at forutsetning om energiløsning i scenario C-E ikke endrer konklusjonen om at oppgradert bygg gir lavest levetidsutslipp.

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, ØYSTRE SLIDRE BANKBYGGET



KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, ØYSTRE SLIDRE BANKBYGGET, C-E=A



Figur 5-4 Øverst: Klimagassutslipp for 60 års beregningsperiode for bankbygget på Heggenes med grunnvarmepumpe i scenario B-E. Nederst: Klimagassutslipp for 60 års beregningsperiode for bankbygget på Heggenes med grunnvarmepumpe i scenario B og elektrisk oppvarming i scenario C-E.

5.1.2. Oppgradering av ventilasjonssystem

For næringsbygg vil hensyn til inneklima berøres av krav fra Arbeidstilsynet, plan- og bygningsloven, folkehelseloven, forskrift om miljørettet helsevern, forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler, opplæringsloven og næringsmiddelovgivningen. I *Forskrift om utforming og innretning av arbeidsplasser og arbeidslokaler*⁴⁹ står det; «Arbeidslokaler skal være utformet og innredet slik at de enkelte arbeidsplasser, personalrom mv. får tilfredsstillende klima med hensyn til temperatur, fuktighet, trekk, luftkvalitet og sjenerende lukt, og beskyttelse mot giftige eller helsefarlige stoffer mv.»

Med bakgrunn i dette blir det nærmest en forutsetning at det installeres en form for mekanisk ventilasjon for å sikre slike forhold for arbeidstakerne. Dette vil som regel by på utfordringer i eldre bygninger med kompakte konstruksjoner med mye materialer og grove dimensjoner. Å finne hensiktsmessige føringsveier for ventilasjonskanaler som ikke reduserer bæreevnen i etasjeskillere, kan være vanskelig. Bygninger fra 1960-tallet, og utover er også tett innvendig med mål om å hindre fukt å trenge ut i konstruksjonen og å lede brukt luft mot ventiler på yttervegg. Tettheten til klimaskallet påvirker virkningsgraden til varmegjenvinneren i balanserte ventilasjonsanlegg, og forbruket av energi til oppvarming. Ofte prosjekteres balanserte ventilasjonsanlegg med et lite undertrykk i rommene luften trekkes fra. Dette vil fremprovosere økte luftlekkasjer gjennom utette konstruksjonsdeler. Kald utvendig luft blander seg med innvendig luft, reduserer temperaturen på avtrekksluft og krever mer oppvarming både i rommet og av tilluften fra ventilasjonsanlegget.

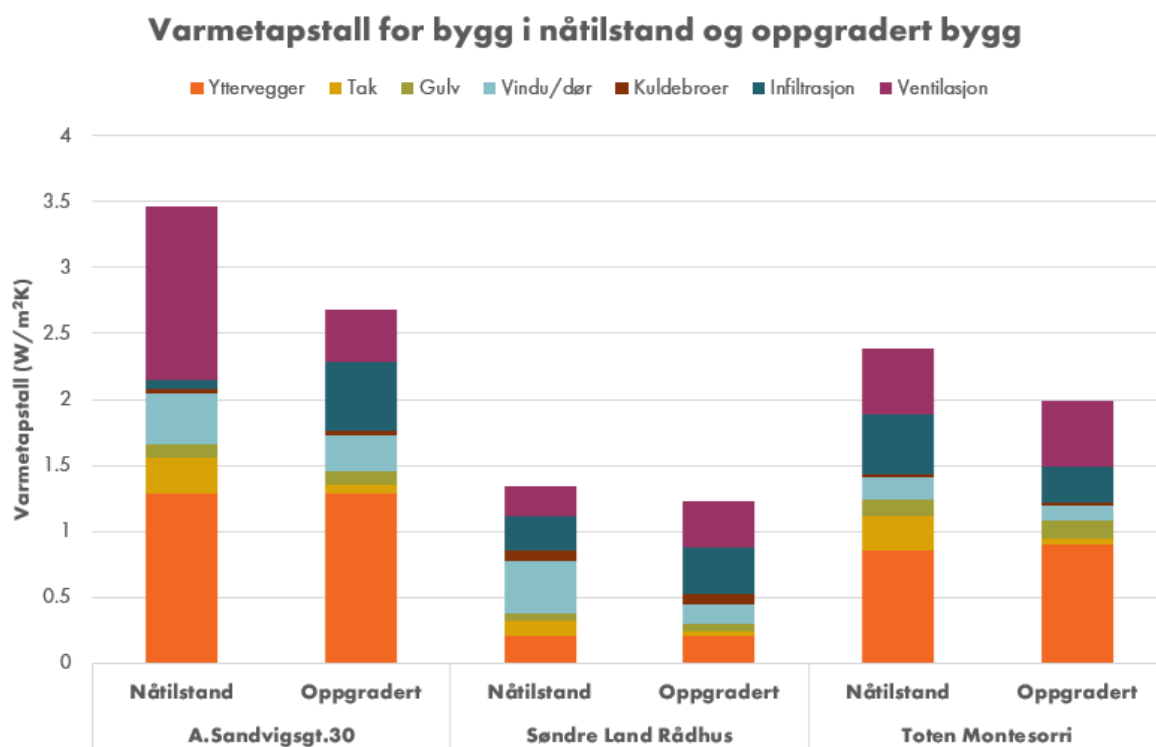
En vifteassistert luftskiftning vil bidra til å øke mengden luft som tilføres og trekkes fra en gitt sone. I SNB-metoden tas det utgangspunkt i at det tilføres $1,2\text{ m}^3/\text{m}^2$ per time frisk luft i driftstiden, og $0,5\text{ m}^3/\text{m}^2$ per time utenfor. NS 3031 angir en luftmengde på $1,2\text{ m}^3/\text{m}^2$ per time gjennom hele døgnet for småhus med naturlig ventilasjon. For ventilasjonsanlegg i bygningskategorien Kontorbygg angir NS 3031 $7\text{ m}^3/\text{m}^2$ per time i driftstid og $2\text{ m}^3/\text{m}^2$ per time utenfor driftstid som tilluft og/eller avtrekksluftmengder. Det gir en økning i luftskifte på ca. 4-6 ganger volumet per time ved overgang fra naturlig til mekanisk ventilasjon. Denne luften må varmes opp, og dette økte energibehovet til oppvarming og viftedrift vil bidra til å overskygge effekten av andre energiltak.

Anders Sandvigsgate 30 har et eldre avtrekksanlegg som i beregningen trekker ut $7\text{ m}^3/\text{m}^2$ per time i driftstiden, og $2\text{ m}^3/\text{m}^2$ per time utenfor driftstiden. Anlegget trekker dermed luft ved utetemperatur inn i bygningen. I motsetning til avtrekksanlegget vil tilluften i balanserte anlegg varmes opp ved varmeveksling mot avtrekksluften til rundt 19°C . Varmeveksleren klarer ikke, spesielt ved lave utetemperaturer, å overføre 100% av varmeenergien i avtrekksluften til tilluft. Derfor er det et varmebatteri som tilfører varme for å sikre høy nok temperatur på tilluften. Varmetapstallet for infiltrasjon (varmetap gjennom uønskede luftlekkasjer) øker fra $0,07\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ til $0,52\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (643% økning), mens varmetapstallet via ventilasjonen reduseres fra $1,32\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ til $0,4\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (70% reduksjon). Ved foreslåtte energiltak på bygningskroppen og oppgradering til balansert ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning, vil beregnet energibehov til romoppvarming reduseres med 29,5%. Men, samtidig har man en økning på 12 841 kWh/år i beregnet behov for å varme opp ventilasjonsluft. Energi til viftedrift er lik for Scenario A og B.

Dette behovet for energi til oppvarming av ventilasjonsluft er direkte knyttet til volum og areal i bygningen. På Søndre Land Rådhus står et avtrekksanlegg med reimdrift fra byggeåret for ventilasjonen i hovedandelen av bygningen. For oppgradering til Scenario B er økningen i beregnet energibehov til varmebatteri på 140 767kWh/år, mens energibehov til viftedrift øker til 80 836kWh/år.

Økt luftskifte med mekanisk ventilasjon er en problemstilling i eldre næringsbygg med hensyn til at en hensiktsmessig etterinstallering skal legge til rette for et godt fungerende og effektivt anlegg.

Økt vifteassistert luftskifte og infiltrasjon av kald uteluft krever energi til vifter og til oppvarming, som bidrar til at effekten av andre tiltak ikke gir like store reduksjoner i klimagassutslipp.

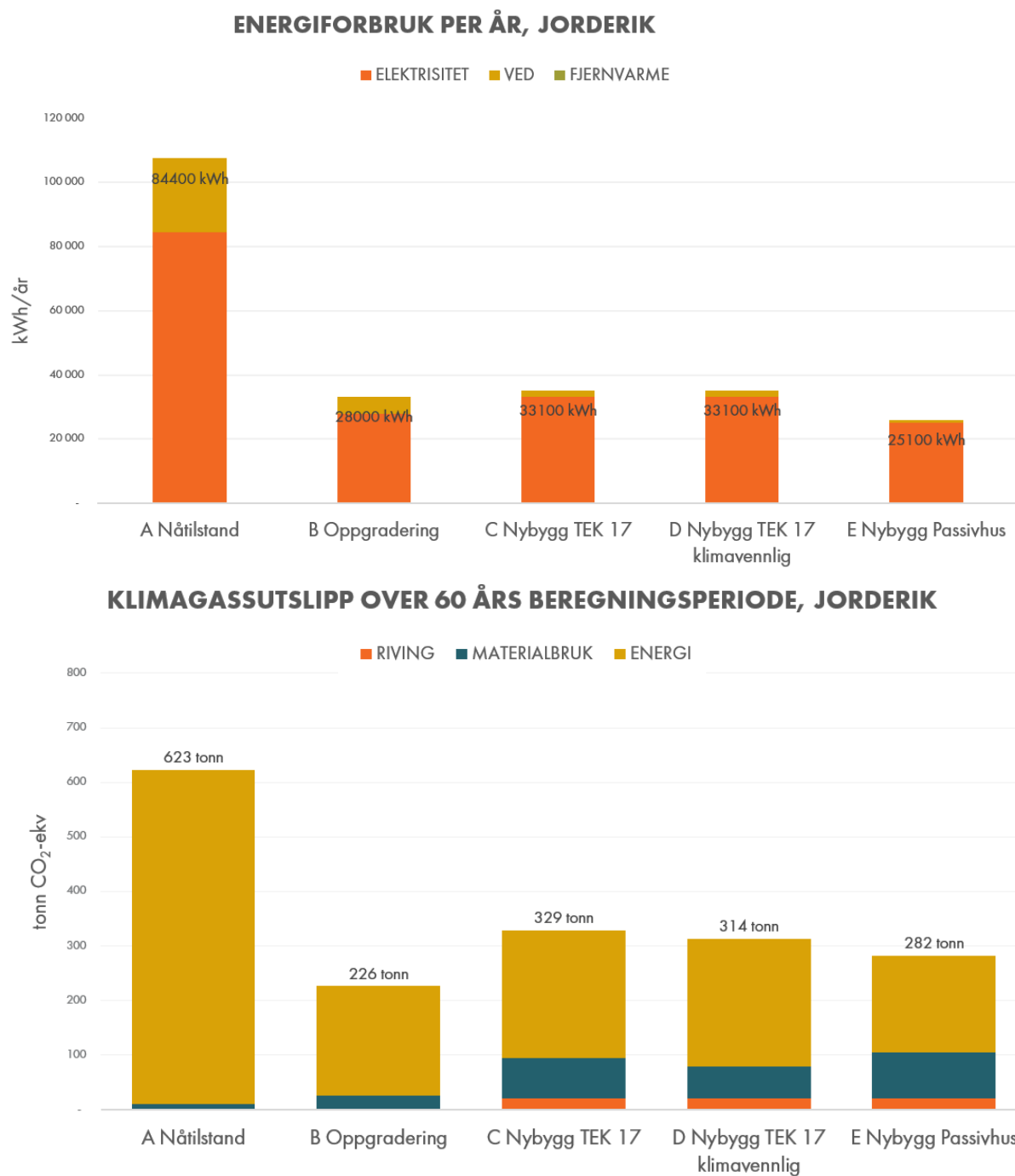


Figur 5-5 Beregnet varmetapstall for Anders Sandvigs gt 30, Søndre Land Rådhus og Melkefabrikken på Kapp, før og etter anbefalte oppgraderingstiltak

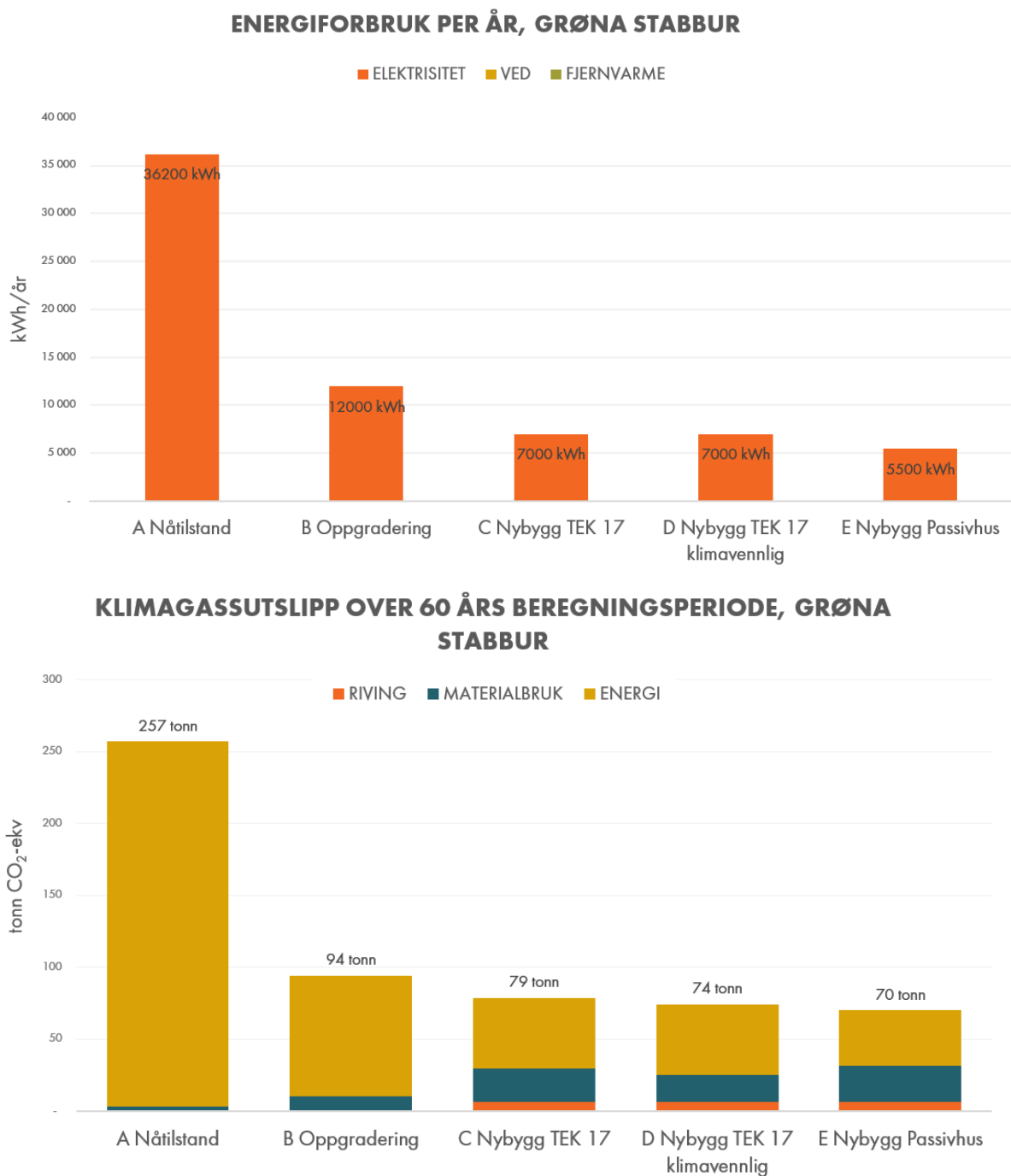
Ventilasjonanleggets primære funksjoner er ikke å gjenvinne varme, men å sikre et forsvarlig inneklima for brukere og konstruksjon. I bygg av dagens standard er uønskede luftlekkasjer (infiltrasjon) redusert til et minimum. Drivkreftene ved naturlig ventilasjon er ofte ikke nok til å sikre et tilstrekkelig luftskifte i alle rom. Uten tilstrekkelig ventilasjon vil fuktig luft kunne hope seg opp, redusere luftkvalitet og øke risikoen for mugg- og soppvekst. For småhus der kommunen definerer oppgradering som omfattende, eller det bygges nytt, vil det som oftest være krav om innstallering av mekanisk ventilasjon (balansert eller mekanisk avtrekk).

I utvalget vi har analysert, finner vi eksempler på bygg der det vil være urealistisk å forutsette oppgradering som omfatter installasjon av moderne ventilasjonssystem. Dette omfatter Jorderik og Grøna stabbur. For begge byggene har vi beregnet en betydelig reduksjon i energibruk og utslipp som følge av oppgradering, som vist i hhv. Figur 5-6 for Jorderik og Figur 5-7 for stabburet på Grøna. Her må det også bemerkes at det er forutsatt oppgradering med bergvarmepumpe for begge bygg (dette er også lagt til grunn for nybygg).

I scenarioene der vi forutsetter at dagens bygninger rives og erstattes med nye (scenario C-E) må vi imidlertid forutsette at byggene har moderne ventilasjonssystem. Dette gjør at sammenlikningen mellom oppgradert bygg og nybygg ikke gjøres helt på grunnlag av samme funksjon, fordi byggene ikke vil ha tilsvarende inneklima. Samtidig illustrerer disse eksemplene også at bruken av gamle og nye bygg i mange tilfeller vil være forskjellig.



Figur 5-6 Øverst: Beregnet årlig levert energi for Jorderik Nederst: Beregnede klimagassutslipp for 60 års beregningsperiode for Jorderik



Figur 5-7 Øverst: Beregnet årlig levert energi for Grøna stabbur Nederst: Beregnede klimagassutslipp for 60 års beregningsperiode for Grøna stabbur

5.1.3. Betydning av fjernvarme

Som kommentert innledningsvis i dette kapitlet, regnes fjernvarme i denne analysen med lavere utslippsfaktorer per kWh enn elektrisitet (se kapittel 2.5.2 for detaljer om hvilke beregningsfaktorer som er lagt til grunn). For bygninger som forsynes med energi fra fjernvarmenettet, vil derfor en endring i energibruk ikke medføre en like stor tilsvarende endring i utslipp som for en bygning som kun forsynes med elektrisk energi. Fjernvarme kan derfor sies å ha en dempende virkning på effekten av energiltak. Dette er tilfellet for Anders Sandvigs gt. 30, byggene på Lena vgs Haugen og Melkefabrikken på Hamar. Effekten er imidlertid mest tydelig for Melkefabrikken på Hamar, der fjernvarmemiksen består av 90 % gjenvunnet

varme, som gir svært lave utslipp per kWh. Selv om oppgraderingen fører til en svært stor nedgang i energibehovet (levert energi reduseres med 63 %), er den resulterende reduksjonen i utslipp kun 6 %.

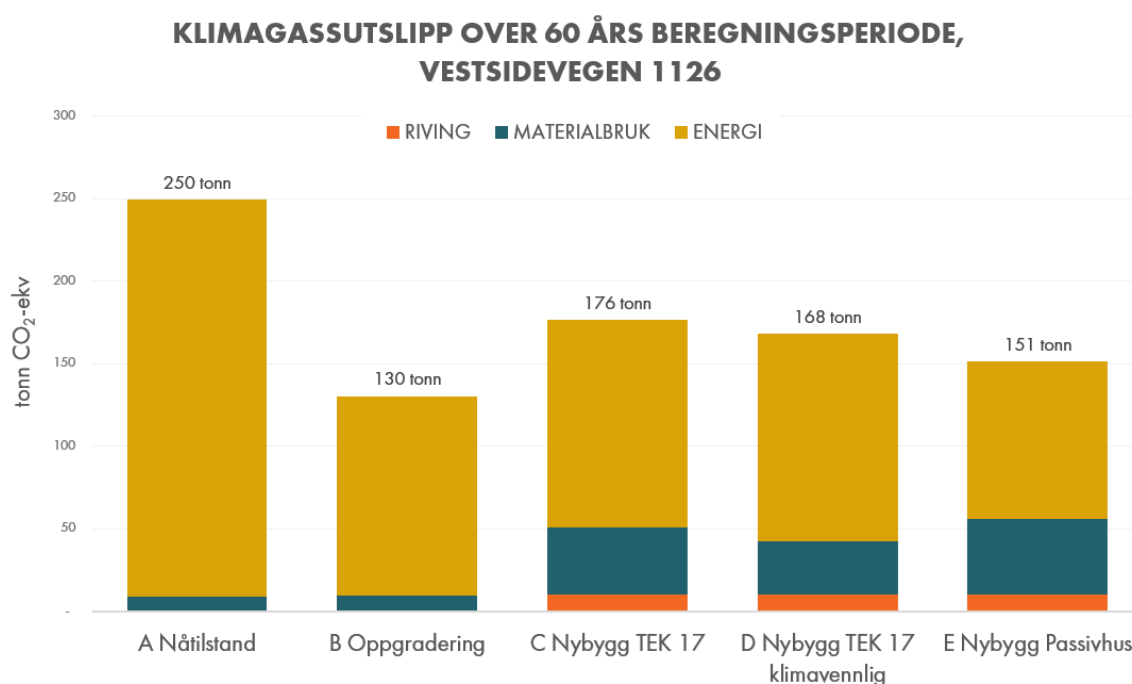
I motsatt fall vil overgang fra elektrisk oppvarming til fjernvarme også føre til reduserte utslipp, selv om reduksjonen i energibehov er moderat. Dette er tilfellet for Søndre Land Næringshage, hvor oppgraderingstiltakene kun gir 6 % reduksjon i energibruk, men overgangen fra direkte elektrisk oppvarming til fjernvarme fører til at utslipp for oppgradert bygg blir 42 % lavere enn bygget i nåtilstand.

5.2. Omfang av tiltak på bygningskroppen

Analysen som Asplan Viak og Energibygge gjorde av oppgradering på områdenivå i Vestfossen, indikerte at hovedmaterialet i bygningskroppen har stor betydning for hvilke tiltak som er hensiktsmessige å gjennomføre, og dermed potensialet for energibesparelse og utslippsreduksjon. Vestfossen-analysen bygget på en forutsetning om at det er enklere å gjennomføre utvendig etterisolering av bygg i tre, sammenliknet med murbygg. Utvendig etterisolering av bygg med stort varmetap gjennom klimaskallet, som ofte er tilfellet for eldre trebygg, vil føre til en betydelig nedgang i oppvarmingsbehovet. Fordi det vanligvis vil være lite utslipp forbundet med produksjonen av materialene som kreves til utvendig etterisolering av trebygg, er klimagevinsten ved etterisolering ofte stor. For murbygg vil utvendig etterisolering være et vesentlig større inngrep, og kreve mer materialer, og vil i mange tilfeller være såpass kostbart at det ikke vurderes som hensiktsmessig.

I analysen av case-byggene presentert i denne rapporten, finner vi ikke en tilsvarende sterk sammenheng mellom klimagevinst fra oppgradering og konstruksjonsmateriale. Dette vurderer vi at i hovedsak skyldes at energibruk er vurdert på en langt mer bygningsspesifikk og detaljert måte enn det som ble gjennomført for Vestfossen, i tillegg til at hensyn til verneverdi og bevaring av opprinnelig uttrykk og materialer ikke hadde en like fremtredende plass i Vestfossen-analysen.

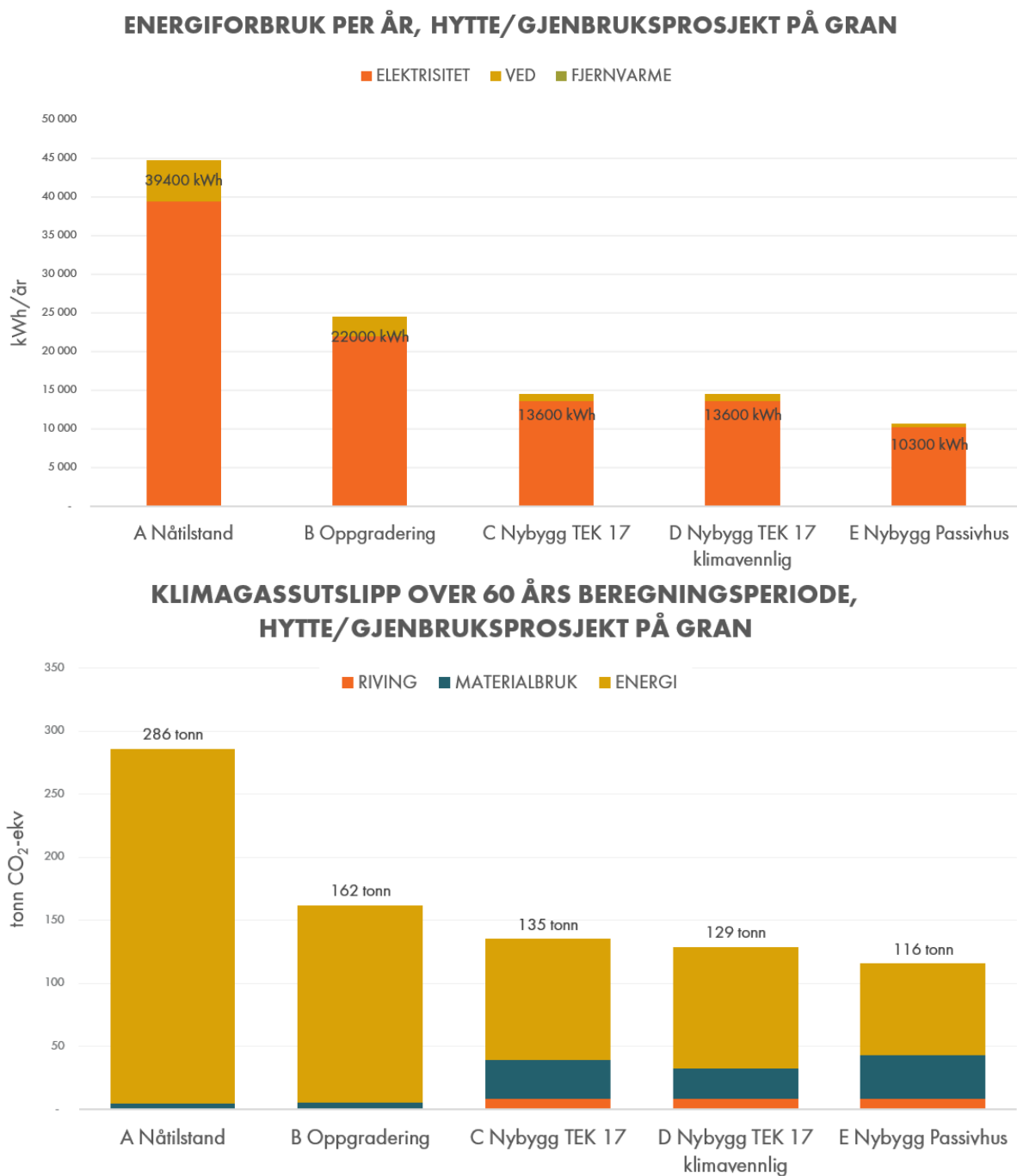
Som det fremgår av oversikten over oppgraderingstiltak (se Tabell 3-1 og Tabell 3-2), er det en betydelig variasjon i omfanget av energitiltak som er lagt til grunn for byggene i denne analysen. Som nevnt, har vi som utgangspunkt ikke anbefalt utvendig etterisolering av yttervegg av hensyn til bevaring av byggets opprinnelige uttrykk. Et unntak fra dette er Vestsidvegen 1126, hvor vi har forutsatt at ytterveggene fores ut med 5 cm isolasjon med vindsperre og ny, luftet kledning, ettersom dette var et ønske fra byggeier. I tillegg har bygget en kompakt bygningskropp med lavt utvendig areal i forhold til innvendig areal. I kombinasjon med en relativt omfattende tiltakspakke forklarer dette hvorfor vi ser en såpass stor energireduksjon som følge av oppgradering for Vestsidvegen 1126 (51 %). Selv om bygningstiltakene som er lagt til grunn for oppgradering av Vestsidvegen 1126 er relativt omfattende, vil materialene som behøves til oppgradering, ha et relativt lavt klimafotavtrykk. Dermed ser vi totalt sett en stor (48 %) beregnet utslippsreduksjon som følge av oppgradering, som vist i Figur 5-8:



Figur 5-8 Beregnede klimagassutslipp for 60 års beregningsperiode for Vestsidevegen 1 126

Et annet eksempel på et bygg med en omfattende tiltakspakke er bankbygget på Heggnes, der tiltaksanbefalingen ble gjort uten spesielle hensyn til bevaringsaspekter. Omfattende bygningstiltak, i kombinasjon med installasjon av bergvarmepumpe, førte til en beregnet nedgang i energibruk som følge av oppgradering på 86 %, med en resulterende utslippsreduksjon på 80 % (se figur Figur 5-4).

I motsatt tilfelle viser analysen også flere eksempler på bygg der man oppnår stor energigevinst ved oppgradering, men der oppgradert bygg ikke når helt opp til nybygg, dvs. der forskjellen i utslipp er stor mellom scenario A og scenario B, og mindre mellom scenario B og scenario C-E. Det mest tydelige eksempelet i denne sammenheng er gjenbruksprosjektet med materialer fra rivingshus i Gran. Oppgraderingstiltakene fører til en beregnet reduksjon i energibruk på 45 %, med en liten økning i utslipp (9 %) fra materialbruk, som gir en netto utslippsreduksjon på 43 %, sammenliknet med nåtilstand. Et nytt standardbygg er beregnet å ha 40 % lavere energibruk enn det oppgraderte bygget, men fører også til 6 ganger så høye materialutslipp. Differansen i utslipp mellom oppgradert bygg og standard nybygg er derfor kun 16 %. Dette er et eksempel på at skånsom oppgradering gir betydelig utslippsbesparelse, selv om man ikke kommer helt på høyden med et moderne bygg. Dette er spesielt relevant for bygg med høy kulturminneverdi, ettersom det ikke nødvendigvis er et reelt alternativ å rive og erstatte disse med nybygg. Vår analyse viser at kan være betydelige utslippsbesparelser å hente også gjennom skånsomme tiltak som ikke går på akkord med bevaringsverdi.



Figur 5-9 Øverst: Beregnet årlig levert energi for Hytte/gjenbruksprosjekt på Gran Nederst: Beregnede klimagassutslipp for 60 års beregningsperiode for Hytte/gjenbruksprosjekt på Gran

Optimalt sett skulle vi gjennomført en iterativ øvelse for hvert case-bygg for å finne hva som er en «klimaoptimal oppgradering» i hvert tilfelle. Med 26 case-bygninger har dette imidlertid ikke vært mulig innenfor oppdragets rammer. Med unntak av Rekka i Våler, har vi kun vurdert én tiltakspakke for energioppgradering av hvert bygg.

For Rekka i Våler er det to faktorer som slår ut i forhold til at klimagasseffekten ved skånsom oppgradering er liten. Som beskrevet i kapittel 3.2.1, er ikke besparelsen proporsjonal med tykkelsen på isolasjonslaget, og 10-15cm isolasjon på yttervegg er den tykkelsen som er mest effektiv med hensyn til reduksjon av energibehovet til oppvarming. Bygningene i Rekka i Våler har 10cm i yttervegg, og det er antatt 10cm i

tak. Skånsomme tiltak på klimaskallet vil derfor ikke utløse signifikante besparelser. Dette resulterer i at beregnet besparelse for Scenario B er 13% mot snittet for boligbygningene på 33%. I kapittel 5.1.1 er det vist hvordan varmepumper påvirker reduksjon i levert energi til oppvarming, og at dette gir betydelig større effekt enn tiltak på klimaskallet i vår analyse.

5.3. Representativitet i energiberegninger og betydningen av energibruksadferd

Bruken av standard faktorer fra NS 3031 i en energiberegning setter føringer for hvilke forutsetninger som ligger til grunn for alle postene i energibudsjettet til en gitt bygning. Dette sikrer sammenlignbarhet i forhold til andre bygninger av samme kategori. I prosjektet har vi sett flere eksempler på at driftsforutsetningene i NS 3031 og SNB avviker veldig fra virkelighetens bruk av bygninger. Dette gir spesielt store utslag når de påvirker oppvarmingsbehovet.

5.3.1. Temperatursoning

Temperatursoning er en strategi for å dele bruksarealet inn i tempererte soner. Soner med høyere krav til komfort (stue, bad, kontor, kantine, etc) holdes på komforttemperatur, mens soner med lav bruksfrekvens (gang, inngangsparti, kjeller, etc), eller der man har høyere toleranse for lav temperatur (typisk soverom), holdes på lavere temperaturer.

Forbruket av energi til oppvarming er helt avhengig av temperatur, areal og volum, tid og type oppvarmingskilde.

Granum Gård er et pensjonat og selskapslokale, og havner i bygningskategorien Hoteller. Ventilasjonen er naturlig, og oppvarming av gjestearealer (Hall, ganger, ca. 25 soverom, spisesal etc) er direkte elektrisk (panelovner, gulvvarme) og med lukkede vedovner. Kjeller er uoppvarmet, og har en 200 liters varmtvannsbereder. Temperatur på gjesterom uten belegg varmes opp til kun 5°. I perioder med lite belegg brukes temperatursoning. På grunn av begrenset størrelse på inntakskabel til sikringsskapet, forvaltes bruken av effekt aktivt. For eksempel oppfordres gjester, ved høyt belegg, om å redusere tid på dusjing. Det er installert luft-luft varmepumpe på kjøkken, og det er generelt mye bruk av vedovner.

- Reelt forbruk av elektrisitet i 2019 var ifølge eier ca. 48 000 kWh, og forbruket av ved anslås til å utgjøre ca. 9 000 kWh.

Totalt levert: ca. 57 000 kWh per år

- Beregnet forbruk i henhold til NS 3031, naturlig ventilasjon med settpunkt temperatur 21 °C og luftskifte på 10 m³/m² per time i driftstid og settpunkt temperatur på 19 °C og luftskifte på 3 m³/m² per time utenfor driftstid

Totalt beregnet levert energi: 254 541 kWh per år

- Beregnet forbruk der kjeller holdes på 5 °C, og ventilasjon er naturlig med luftskifte lik 1,2 m³/m² per time i driftstid og 0,5 m³/m² per time utenfor i henhold til SNB.

Totalt beregnet levert energi: 117 521 kWh per år

5.3.2. Driftstider for oppvarming og ventilasjon

NS3031 legger til grunn at ventilasjon og varme går i døgntidkontinuerlig drift. Det forutsettes redusert belastning utenfor fastsatt driftstid for å sikre utskifting av brukt luft og avgassing fra interiør. Dette stemmer sjelden med virkeligheten der anleggene ofte skrus fullstendig av utenfor innstilt driftstid. Tilstrekkelig utlufting av lokaler kan gjøres ved å sette vifteassistert luftutskifting i gang en begrenset periode før ansatte

kommer, og etter at de har forlatt bygningen. Ved montering av CO²-sensor på avtrekket får man bedre oversikt over luftkvaliteten.

Bankbygget på Heggenes består av en originaldel fra 1965 og et tilbygg fra 1987. Bygningen har vært drevet som banklokale og deler av arealet er i bruk til bl.a. språkundervisning. Bygget har to balanserte ventilasjonsanlegg med kjøle- og varmebatteri. Ved befaringen kom det frem at driftstider for anleggene ikke var i henhold til reell bruk av bygget. Driftstiden for anleggene reduseres med 11,5 time per uke som utgjør en besparelse på ca. 15 000 kWh per år.

På Søndre Land Rådhus er det blant annet et mindre ventilasjonsanlegg for kontorlokaler. Det ble oppdaget på befaring at den står i døgntinuerlig full drift 5 dager i uken. Dette endres til 8 timer drift per dag som utgjør en besparelse på ca. 8 500 kWh per år.

5.4. Strategier for klimavennlig oppgradering av eldre bygg i tråd med kulturminnehensyn

Byggene i prosjektet er i all hovedsak vært bygget før mineralullisolasjonen kom på markedet. Uavhengig om byggene er reist i teglstein, reisverk eller laft så kjennetegnes de ved at veggene ikke har hulrom som egner seg for etterisolering, med mindre veggene fores ut. Et annet fellestrekk er at etasjeskillerne mot loft og kjeller har hulrom som egner seg veldig godt for etterisolering. Dette vil si at for bygg med vernehensyn så faller det naturlig å isolere mot kalde soner innenfor klimaskallet samt oppgradere vinduenes varerammer med energiglass eller skifte til nye vinduer med originalt utseende. For tekniske anlegg så handler det om valg av varmekilde og fordeling, og eventuelt ventilasjonsanlegg.

Alternativene for valg av tiltak er altså begrenset, og effekten de har, er ganske forutsigbar. Variasjonen i besparelser for de enkelte byggene handler mest om i hvilket omfang de kan gjøres. Her kan Toten Montessorriskole trekkes frem. Anbefalingen i tiltaksplanen var å fjerne allerede utført etterisolering på yttervegg, montere vindtetting, tilbake stille veggen med nytt panel, isolere etasjeskillere og oppgradere varerammer med energiglass. Å fjerne etterisolering på yttervegg bidrar til å øke varmetapet fra Scenario A til B. Men, reduksjon av luftlekkasjer fører til at det balanserte ventilasjonsanlegget fungerer mer effektivt, siden infiltrasjonen reduseres. Dette fører til at skolebygget har den største reduksjonen i beregnet energibehov av byggene som ikke har omfattende oppgradering i Scenario B.

For tiltak som etterisolering av etasjeskillere er effekten på redusert energibehov lavere i næringsbygg enn i boliger. Dette skyldes at forholdet mellom arealet av flatene som etterisoleres er lavere relativt til yttervegger enn i boliger.

Tabell 5-1 Prosentvis reduksjon i varmetapstall og energibehov for næringsbygg ved oppgradering

Næringsbygg Scenario A og B	Reduksjon varmetapstall	Reduksjon energibehov
Søndre Land Rådhus	9%	2%
Anders Sandvigsgt. 30	23%	21%
Melkefabrikken på Kapp	19%	17%
Melkefabrikken på Hamar	65%	60%
Bankbygget på Heggenes	55%	70%
Søndre Land Næringshage	72%	-3% (økning)
Gamle Snekkerverksted	13%	10%
Gamlesmia	38%	35%
Toten Montessorriskole	16%	39%

Granum Gård	23%	31%
-------------	-----	-----

Tabell 5-2 Prosentvis reduksjon i varmetapstall og energibehov for boligbygg ved oppgradering

Bolig Scenario A og B	Reduksjon varmetapstall	Reduksjon energibehov
Ringelien Gård	12%	27%
Nerby Gård	18%	29%
Rekka i Våler	16%	13%
Breie	28%	40%
Jorderik	27%	44%
Gjenbruksprosjekt på Gran	46%	44%
Grøna hovedbygg	30%	26%
Grøna stabbur	42%	38%
Vestsidvegen 1126	35%	50%

5.4.1. Kostnadseffektive energioppgaderingstiltak

Det var stort samsvar mellom tiltakene som ble foreslått for bygningene som inngår i analysen. De hyppigst foreslåtte tiltakene var:

- Etterisolering av etasjeskiller mot kjeller og loft
- Varevinduer med energiglass
- Tetting mot uønskede luftlekkasjer

Det kan være vanskelig å peke på ett tiltak som det beste. Det er en hel rekke faktorer som påvirker besparelsen til et gitt tiltak i et bygg.

Hvis man allerede har redusert oppvarmingsbehovet med ett tiltak, er det ikke like mye energi å spare med et annet tiltak. Det er heller ikke gitt at det er rom for å gjøre det beste tiltaket.

En enkel måte å regne ut lønnsomheten for et tiltak er ved å dele investeringskostnaden på verdien av besparelsen. Da ser man hvor mange år det tar før kostnaden er spart inn. Ved å bruke Investeringsrommetoden⁵⁰ vil vi synliggjøre hvor høy kostnaden må være i dag, i forhold til besparelsen knyttet til tiltaket, før det er lønnsomt over en gitt tidsperiode. Metoden tar utgangspunkt i besparelsens verdi (kr/år), levetiden til tiltaket, vekst i generelt prisnivå og i energipriser samt lånerente.

Levetiden for de hyppigst foreslåtte tiltakene i prosjektet er vanskelig å anslå. Så lenge konstruksjonen holder seg tørr vil etterisolering av etasjeskillere og tetting av yttervegger kunne strekke seg langt utover levetiden til en beboer. Slike tidshorisonter er muligens ikke så interessante for den som skal vurdere en slik investering opp mot andre fristende ting. Vi har derfor sett på øvre investeringsgrense over 30 år og for 60 år.

I 1995 utarbeidet Dr.Ing. Lars Myhre en oversikt⁵¹ over de mest utbredte bygningstypene i Norge basert på tilgjengelig statistikk. For å beregne representative tall for besparelser, og vurdere lønnsomheten i disse,

⁵⁰ Dokka, Tor Helge & Andresen, Inger (2012) «En håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger», SINTEF Byggeforsk, <https://docplayer.me/20279372-En-handbok-for-planlegging-av-passivhus-og-lavenergiboliger.html>

⁵¹ Myhre, Lars (1995) "Some environmental and economic aspects of energy saving measures in houses", Norges tekniske Høgskole (NTH) <http://www.ivt.ntnu.no/docs/bat/bm/phd/Myhre-120-1995-Avhandl.pdf>

har vi tatt utgangspunkt i hans modell for enebolig bygget før 1956 i to etasjer med kald kjeller og kaldt loft. Innetemperatur er satt til 21 °C i driftstid og 19 °C utenfor driftstid, og bygget har kald kjeller og kaldt loft. Lavere snitt-temperatur vil gjenspeile seg i lavere besparelse, og omvendt. Valg av U-verdier for loft, kjeller og vinduer samsvarer med alle bygg fra før 1956 i prosjektet. For yttervegg er reisverk valgt med U-verdi = 0,82 W/m²K. U-verdien for 8" loft (200mm) er lavere (0,65 W/m²K), og for teglsteinsvegger høyere (1,15 W/m²K) enn reisverk. For disse to alternativene er varmetapet noe lavere og høyere enn for reisverk. Ut fra forutsetning om at dette leder til mindre eller høyere forbruk av varme vil besparelsen følge samme mønster.

Kostnader for tiltakene baserer seg på kartlegging gjennomført i forbindelse med prosjektet (inkl. mva.), men er ikke inkludert rigg, drift, stillas, avfallshåndtering, etc. Pris for oppgradering av vareramme er mer avhengig av tilstand enn størrelse. Vi har derfor gjort et anslag basert på erfaring. Tiltak 8 er en sammensatt oppgraderingspakke, og kan ikke brytes ned til en pris per m². Kostnaden er derfor totalsum basert på arealene av de forskjellige bygningselementene. Pris for Tiltak 8 vil i stor grad gjenspeile størrelsen på eksempelbygningen. Beregnede besparelser, og priser knyttet til Tiltak 1-7 vil i større grad være overførbare til andre bygningskategorier.

- Tiltak 1 og 2:** ved utskifting av panel inn- eller utvendig så kan man benytte muligheten til å redusere luftlekkasjer ved montering av dampåpen vindsperre. Beregnet reduksjon fra 8 til 5 luftskifter/time (n50, trykktest)
- Utvendig tiltak omfatter tetting av yttervegg med vindsperre med fjerning og remontering av panel
 - Innvendig tiltak med montering av vindsperre inkludert avrettet vegg med 48x48 og 1 lag gips, klart for maling
- Tiltak 3:** Ny vareramme med lavemitterende belegg. Pris varierer med omfang av arbeid, og er anslag per stykk (ikke størrelse)
- Tiltak 4:** Etterisolering av etasjeskiller mot loft med 200 mm blåseisolasjon (fjerning av flis og fullisolering)
- Tiltak 5:** Som over, men med montering av nytt loftsgulv
- Tiltak 6:** Fullisolering av bjelkelag mot kjeller. Pris på nytt gulv er ikke inkludert.
- Tiltak 7:** Etterisolering av etasjeskiller mot kjeller ved å blåse 50 mm isolasjon i mellomrommet mellom stubbeloftsfyll og undergulv
- Tiltak 8:** Pakke med tetting av yttervegg, fullisolering av etasjeskillere og vareramme med energiglass. Samlet gjennomføring av tiltak bidrar til en antatt reduksjon i lekkasjetall fra 8 til 4 luftskifter/time

Tabell 5-3 Beregnet energibesparelse og kostnader for oppgraderingstiltak som er anbefalt i analysen

	Besparelse kWh/m ²	Kostnad kr/m ²	Investeringsrom 30 år	Investeringsrom 60 år
Tiltak 1 tetting ute	27,9	1 961,-	632,-	991,-
Tiltak 2 tetting inne	27,9	611,-	632,-	991,-
Tiltak 3 vindu 1,5W/m ² K	96,9	5000,-pr.stk	2197,-	3 441,-
Tiltak 4 loft 200mm	73,6	1 225,-	1 669,-	2 614,-
Tiltak 5 200mm, nytt gulv	73,6	1 745,-	1 669,-	2 614,-
Tiltak 6 200mm kjeller	97,4	1 225,-	2 208,-	3 459,-
Tiltak 7 50mm kjeller	70,3	725,-	1 594,-	2 497,-
Tiltak 8 Pakke	16 153 kWh	514 281,-	366 183,-	573 642,-

5.4.2. Utfordringer

Analyseresultatene peker på enkelte forutsetninger som gjør det mer utfordrende å oppnå stor utslippsgevinst gjennom skånsom energioppgradering. Det mest fremtredende eksempelet på dette er oppgradering av næringsbygg med eldre, eller mindre velfungerende ventilasjonssystem, hvor dagens krav til inn klima i kontorbygg medfører at det må installeres nytt balansert ventilasjonsanlegg, eller evt. gjennomføres oppgradering av eksisterende anlegg. Kombinert med standard beregningsfaktorer i energiberegninger vil dette føre til betydelig økt **beregnet** energibehov til ventilasjon, som veier opp gevinster som følge av andre energieffektiviseringstiltak.

Det er et betydelig potensial i å optimalisere drift av tekniske anlegg i både eldre og nye bygg. I forbindelse med energioppfølging (EOS) og Energiledelse henvises det ofte til besparelser opp i 10% bare ved å følge med på forbruket, og gjøre tilpasninger av driften etter dette. Dette er lavhengende frukter for byggeiere, siden kostnadene for eksempel med å endre driftsinnstillinger på et ventilasjonsanlegg er nær gratis. Tiltak som bedrer vannkvaliteten (pH, innhold av luft og partikler) i et vannbårent anlegg hever systemvirkningsgraden, gir bedre inneklima, forlenger levetiden og utsetter kostnader til utskifting av mekaniske komponenter i hele anlegget. **Likevel er bevisstheten rundt dette dessverre ofte fraværende.** Som vist i rapporten påvirker alle typer besparelser klimaeffekten av de tiltakene man har investert i. Optimalisering av tekniske anlegg har et potensial som både eiere, leietakere og samfunnet ville fått nytte av.

Dette trenger imidlertid ikke bety at oppgradering av eldre kontorbygg automatisk er et dårlig klimatiltak. Powerhouse Kjørbo er et eksempel på at oppgradering av kontorbygg kan gi svært god klimagevinst. I dette prosjektet ble to kontorblokker fra 1980-tallet totalrehabilitert til pluss hus, som vil si at de produserer mer fornybar energi enn de bruker i drift, som snitt over året. Etter renoveringen er byggenes energibehov redusert med mer enn 86 %⁵². Det oppgraderte bygget har et energiforbruk som er mindre enn 1/4 av driftsenergien til et typisk nytt kontorbygg. De viktigste strategiene for å få dette til var:

- Eksponert betong innvendig i bygget som fungerer som såkalt termisk masse, dvs. at materialene bidrar til å dempe og regulere innendørs temperatursvingninger. Dette reduserer behovet for oppvarming og kjøling.

⁵² <https://www.powerhouse.no/prosjekter/kjorbo-2/>

- Optimalisert utnyttelse av dagslys
- Energieffektiv belysning med behovsstyring
- Grunnvarmepumpe med frikjøling
- Solcellepaneler
- Meget effektivt ventilasjonssystem med korte og rommelige føringsveier, fortreningsprinsipp, og behovsstyring.

Ventilasjonsløsningen for Powerhouse Kjørbo bidro til å redusere energibruken til ventilasjonsvifter med hele 95%.

Det er ikke gitt at en oppgradering tilsvarende Powerhouse Kjørbo vil være mulig for alle typer kontorbygg, spesielt ikke der bevaring står mer sentralt. I dag er det lite oppmerksomhet rundt, og kunnskap om hvordan krav til inneklima som innfris med tekniske anlegg kan påvirke andre aspekter negativt i slike bygninger. Utenom nevnte eksempler er det få bygg der man har prøvd ut andre strategier for å unngå omfattende inngrep for å gi plass til for eksempel ventilasjonsanlegg.

5.4.3. Oppgradering i tråd med kulturminnehensyn

Eldre hus er som regel oppført av materialer av svært god kvalitet, der trekonstruksjonene er laget av kortreiste materialer som er spesielt plukket ut til formålet. Disse kvalitetene har bidratt til at gamle hus har stått i flere hundre år med normalt vedlikehold.

Ved hyppig skifte av leietakere i f.eks. næringsbygg, rives ofte fullt brukbare materialer og erstattes av nye. Fleksibel leietakertilpassing bør være en strategi. I et livssyklusperspektiv vil fleksibilitet som legger til rette for enkel og rask innvendig ombygging være besparende.

Bygg fra 1970-tallet og utover gir energimessig større utfordringer. De er ofte dårligere bygget med billige materialer, små materialdimensjoner, har lav takhøyde og liten fleksibilitet. En del av disse bygningene er bevaringsverdige som typiske eksempler for sin tid. Det er lett å si at disse byggene er slitne og må rives, men man må likefullt vurdere hva som kan gjenbrukes.

Det er behov for dialog med meglere, kjøpere og leietakere om økt aksept for gjenbruk. Hvordan redusere hyppigheten av oppussing ved eierskifte? F.eks. må gulvet skiftes pga noen små hakk – må alt være perfekt?

Casene i dette prosjektet viser hvor lite som kan gjøres for å oppnå store forbedringer. Ofte gjøres større planmessige endringer og utskiftninger av i utgangspunktet gode materialer enn det som er nødvendig. Som et prinsipp bør kun skadede materialer skiftes ut (reparasjoner i stedet for full utskifting). Den beste formen for gjenbruk er å forlenge byggets levetid ved å reparere slik at det kan beholdes så intakt som mulig.

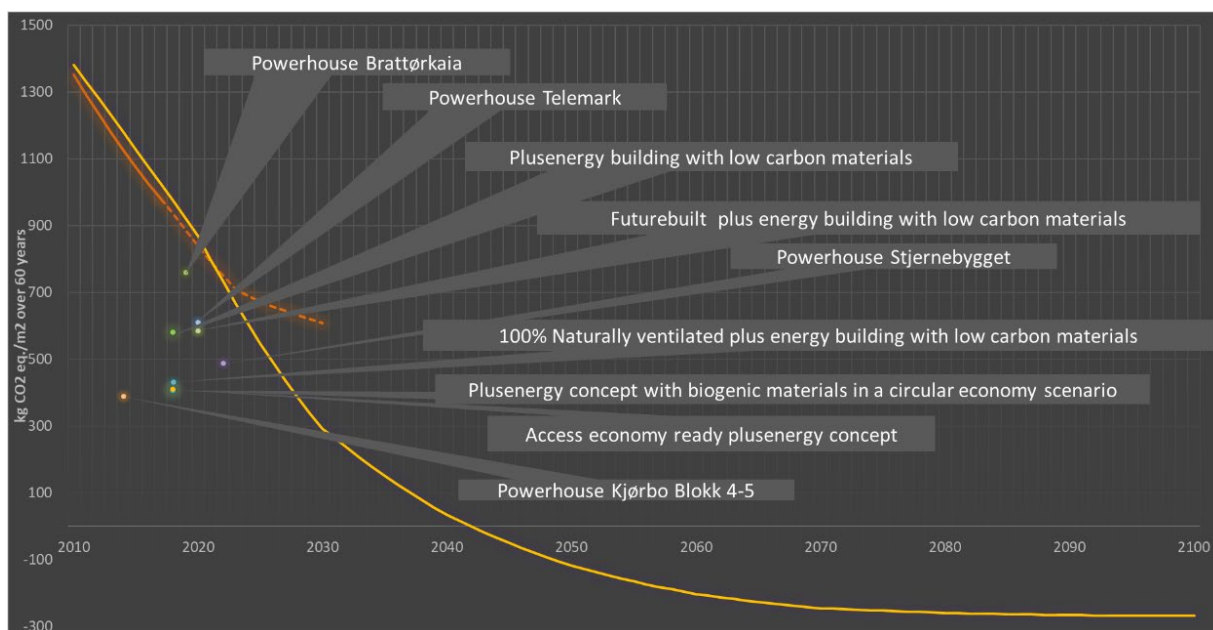
Fredete bygg og bygg med høy verneverdi bør fortrinnsvis forbedres ved å legge til bygningsdeler eller materialer heller enn å skiftes ut (reversible løsninger). Originale materialer og elementer av god kvalitet, som fjernes fordi de bare er «gamle», er uerstattelige.

Bruk, ombruk, gjenbruk og transformasjon kan bidra til at kulturhistoriske verdier ivaretas og kulturmiljøer vitaliseres. Eldre bygninger gir kunnskap om historisk utvikling, tilgang til og bruk av ressurser og eldre byggemåter. De er ofte bygd av kortreiste materialer der produksjonen har krevd lite energi og medført liten belastning på klimaet. Eldre bygninger er også identitetsskapere som bidrar til å gi steder særpreg og karakter.

5.5. Tidsaspekt for klimatiltak og valg av beregningsperiode

Tidsperspektivet for å redusere globale klimagassutslipp for å unngå alvorlige konsekvenser av klimaendringer er kort. Gjennom Parisavtalen har Norge forpliktet seg til å halvere sine totale utslipp av klimagasser sammenlignet med 1990-nivå.

I rapporten «A Powerhouse definition based on global warming potential» beskriver Powerhouse-alliansen en strategi for hvordan fremtidens bygg skal kunne være i tråd med en målsetning om maksimal global temperaturøkning på 1,5°C iht. scenariene til IPCC. I henhold til denne strategien må budsjetttrammen for utslipp fra nye byggeprosjekter bli strammere over tid, som vist i Figur 2. Dette medfører at bygninger oppført etter 2040 må vise til netto negative utslipp.



Figur 2 Målbane for utslipp fra Powerhouse byggeprosjekter, som fremsatt av Powerhouse-alliansen. Gul linje viser budsjett for klimagassutslipp per m² over 60 års beregningsperiode i tråd med IPCCs SR 1.5 P1 scenario. Oransje linje viser den nåværende utviklingen i beregnede klimagassutslipp for bygg i Norge.

Et effektivt tiltak for å redusere klimagassutslipp fra nye byggeprosjekter er ombruk av bygningsdeler og enkeltmaterialer. Den mest effektive formen for ombruk vil likevel være fortsatt bruk av bygningen i sin helhet, gjennom levetidsforlengende tiltak og nødvendig oppgradering for å redusere klimagassutslipp fra energibruk i drift.

Vår analyse viser at energioppgradering lønner seg klimamessig, sammenliknet med å ikke gjennomføre noen tiltak, og har **umiddelbar effekt** (tilnærmet ingen tilbakebetalingstid). Dette skyldes at materialene som vi har lagt til grunn for rehabiliteringstiltak har svært lave klimagassutslipp i produksjonsfasen.

Tilbakebetalingstiden for utslipp knyttet til å oppføre ny bygningsmasse, sammenliknet med å oppgradere, er lenger enn 60 år for flertallet av bygningene vi har vurdert. Hvis man sammenlikner fortsatt drift av byggene uten tiltak med å rive og oppføre nye bygg som oppfyller dagens forskriftsnivå, vil det for de fleste bygningene ta relativt lang tid (13-52 år) før utslippene fra oppføring av nye bygg veies opp av forbedret energiprestasjon og dermed lavere utslipp i drift. **Resultatene indikerer derfor at det å oppgradere og forvalte dagens bygningsmasse på en god måte kan være et viktig bidrag til å nå målsetningen i Parisavtalen.**

5.6. Overføringsverdi til andre områder

Funnene vi har presentert i denne rapporten vil gi et godt argumentasjonsgrunnlag i kommende vurderinger og diskusjoner om nytteverdi og riving eller bevaring av bevaringsverdige bygg som enten har verneverdi eller er formelt vernet.

På neste side har vi forsøkt å illustrere størrelsen for potensiell utslippsbesparelse ved oppgradering av bygningene som er inkludert i analysen. Dette er relevant for å vurdere hvilket bidrag enkeltprosjekter kan ha i det store bildet.

POTENSIELLE UTSLIPPSBESPARELSER OVER 60 ÅR FRA OPPGRADERING AV BYGNINGER

----- Utslipp fra Scenario A Nåtilstand
 — Utslipp fra Scenario B Oppgradering
 -x % Utslippsreduksjon fra A til B

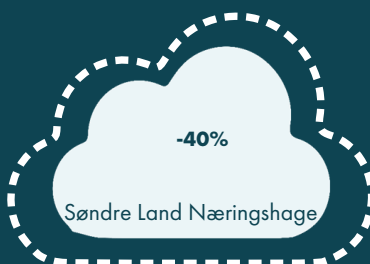
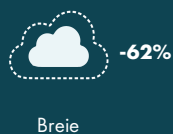
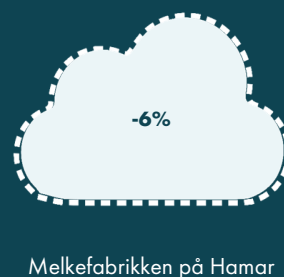
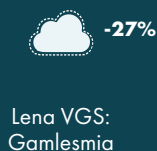
100 tonn

500 tonn

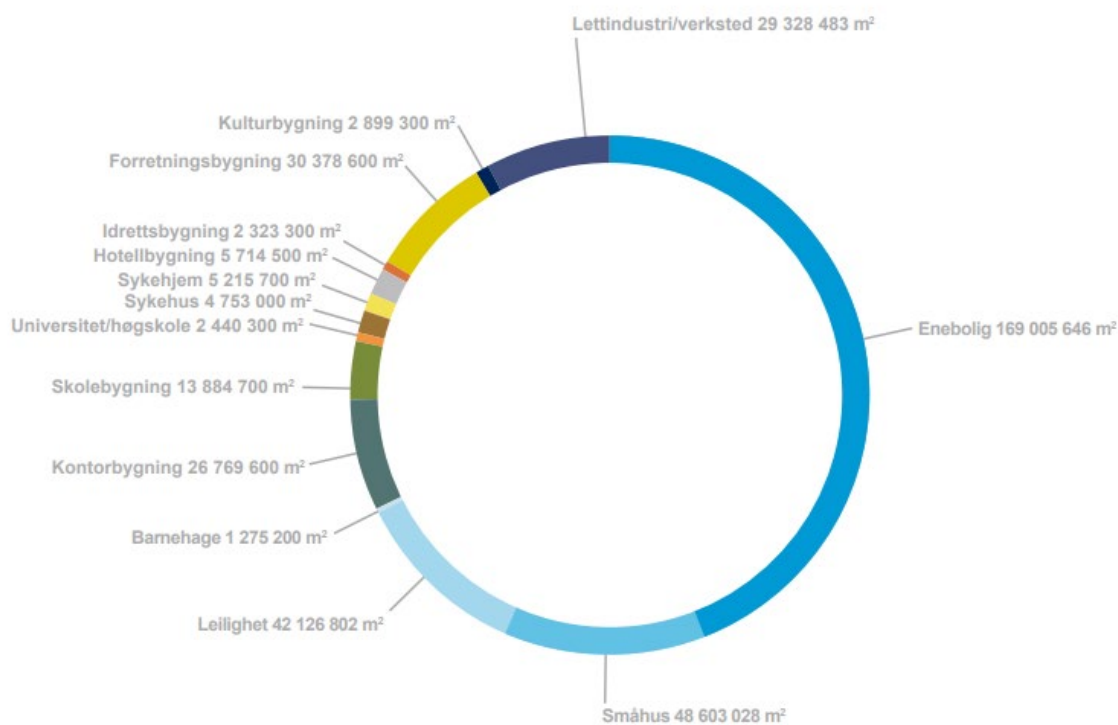
1000 tonn

2000 tonn

4000 tonn



Oversikten viser tydelig at potensialet for utslippsreduksjon ved oppgradering er størst for de største bygningene. Samtidig er det også relevant å se dette resultatet i sammenheng med det samlede volumet av bygninger i Norge per i dag. Ifølge Enovas potensial- og barrierestudie fra 2011⁵³, står småhus og eneboliger for en betydelig andel av den norske bygningsmassen. Dette indikerer at energioppgradering av boligbygg også er et viktig virkemiddel for å nå målet om reduserte klimagassutslipp fra den samlede bygningsmassen.



Figur 5-10 Arealfordeling på ulike bygningskategorier for den totale bygningsmassen i Norge, per 2010. Kilde: Enovas Potensial- og barrierestudie (2011)

Særlig for kulturminneforvaltningen, men også for kommuner, eiere eller andre som er i befattning med verneverdig bebyggelse, vil det være nyttig å ha et argumentasjonsgrunnlag som dokumenterer at det å rive og bygge nytt slett ikke alltid er den mest klimavennlige strategien. Sammenstillingen mellom scenario A og B viser at man i de eldste bygningene kan nå et godt energinivå med relativt enkle tiltak som ikke endrer bygningens autentiske verdier.

Byggeiere må forholde seg til flere krav i byggt teknisk forskrift (TEK17) som vil påvirke nivåer av tiltak på tekniske anlegg, som ventilasjon, og klimaskallet ved oppgradering av bygg. § 13.3 Ventilasjon i byggverk for publikum og arbeidsbygning vil utløse behov for et ventilasjonsanlegg. Krav til isolasjonsnivåer i § 14 Energi blir først utløst ved en omfattende oppgradering av bygningen. Kommende revideringer av teknisk forskrift vil trolig legge mer vekt på vurderinger av klimagassutslipp knyttet til materialer og byggeprosesser.

For næringsbygg vil ofte kostnadsnivået knyttet til tiltak på bygningens klimaskall føre til at byggeiere forholder seg til krav til tekniske anlegg, og skyver på behov for oppgradering av bygningskroppen.

53

https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/4202FD4EEE7B4C988A71733FF3AFC5B9.pdf&filenamen=Enovas%20byggstatistikk%202012.pdf

Tidsaspektet, med økende vedlikeholdsbehov, leder til at flere av disse bygningene vil omfattes av strengere krav til energi og klimagassutslipp i nær fremtid. Oppgraderingsprosjekter som kan vise til effektive tiltak både med hensyn til kostnader og klimagassutslipp, vil dermed være viktige.

VEDLEGG 1 NØKKELINFORMASJON, TILTAKSBESKRIVELSE OG DETALJERTE RESULTATER PER OBJEKT FOR FULLSTENDIGE CASE-STUDIER

Søndre Land Rådhus



Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Søndre Land Rådhus i Hov. Gbnr.60/133
Bruksareal (BRA)	5574
Byggeår	1966
Bygningstype	Rådhus/kontor/kulturbygg
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Betong
Bruksformål	Rådhus, inkl. lokaler for NAV
Energikilder før/etter oppgradering	Elektrisitet / Elektrisitet (fjernvarme også vurdert)

Vernestatus

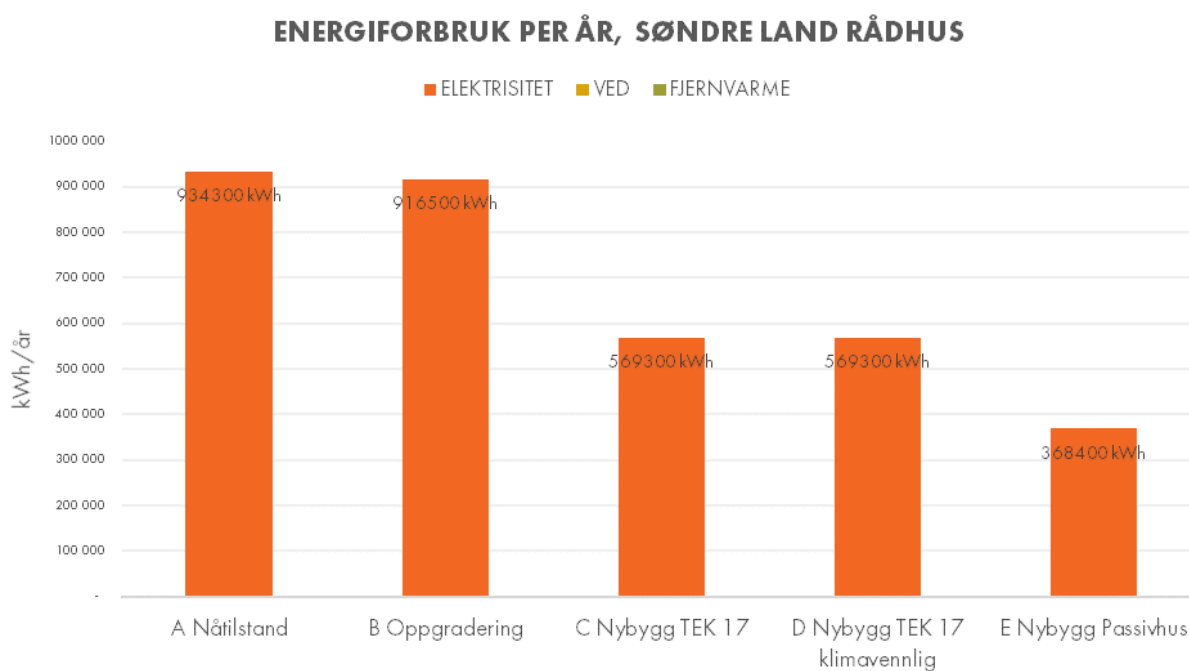
Rådhuset er ikke prioritert som kulturminne i noen vedtatte planer eller registre, men er det gitt svært stor verdi i en gjennomført kulturhistorisk stedsanalyse (DIVE etter Riksantikvarens metode). Dette begrunnes i at anlegget fremstår som et typisk eksempel på offentlig bygning (rådhus) oppført på 1960-tallet, som fortsatt er tilnærmet uendret fra byggeår. Det samme gjelder også deler av interiøret. Ut fra DIVE-analysen har bygningen stor lokal verdi.

Vurderte tiltak

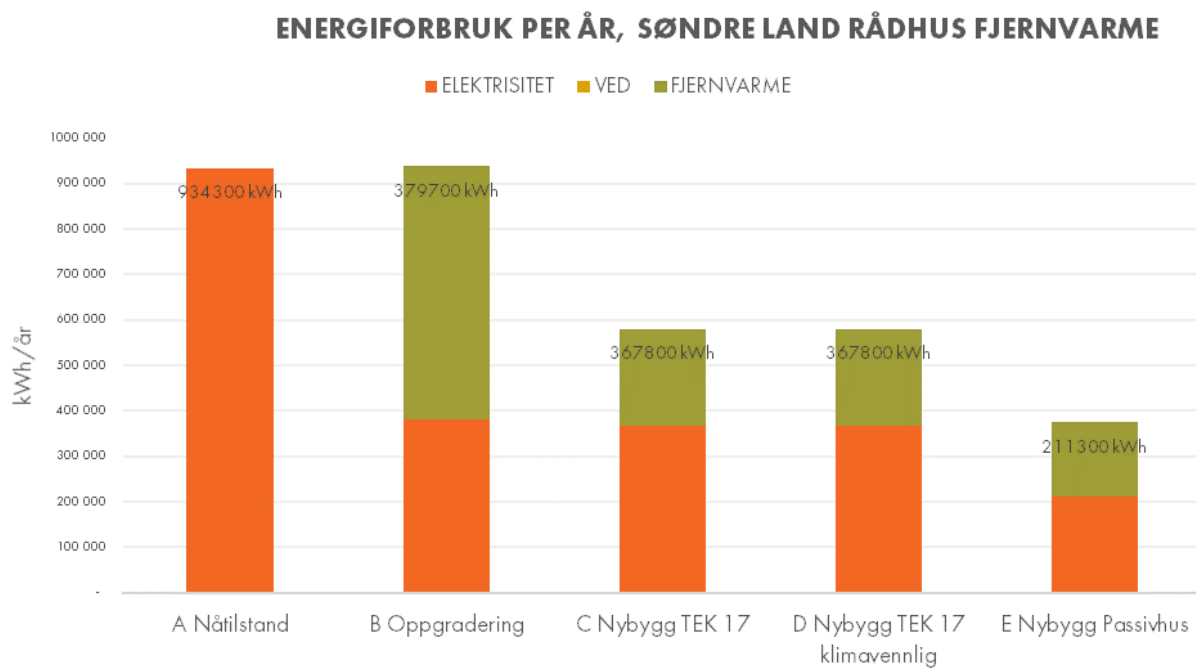
- Tak isoleres med 350mm fallisolasjon
- Nye vinduer med U-verdi = 0,8W/m²K og dører med U-verdi = 1,2W/m²K
- Gulv mot friluft mot gangvei ved sørfasade isoleres med 200mm isolasjon
- Vegger isoleres utvendig med 50mm isolasjon
- Tiltak 1-4 med balansert ventilasjon med varmegjenvinning
- Dagens tilstand med fjernvarme som oppvarmingskilde

Beregnet energibruk

Elektrisk oppvarming:

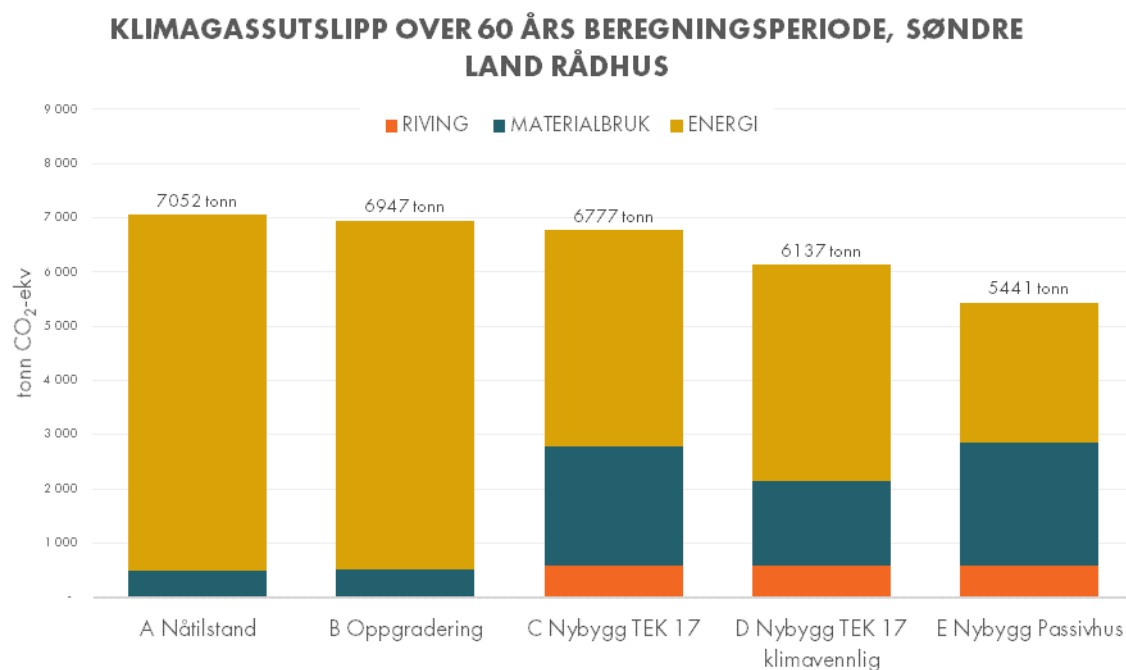


Fjernvarme som oppvarming:

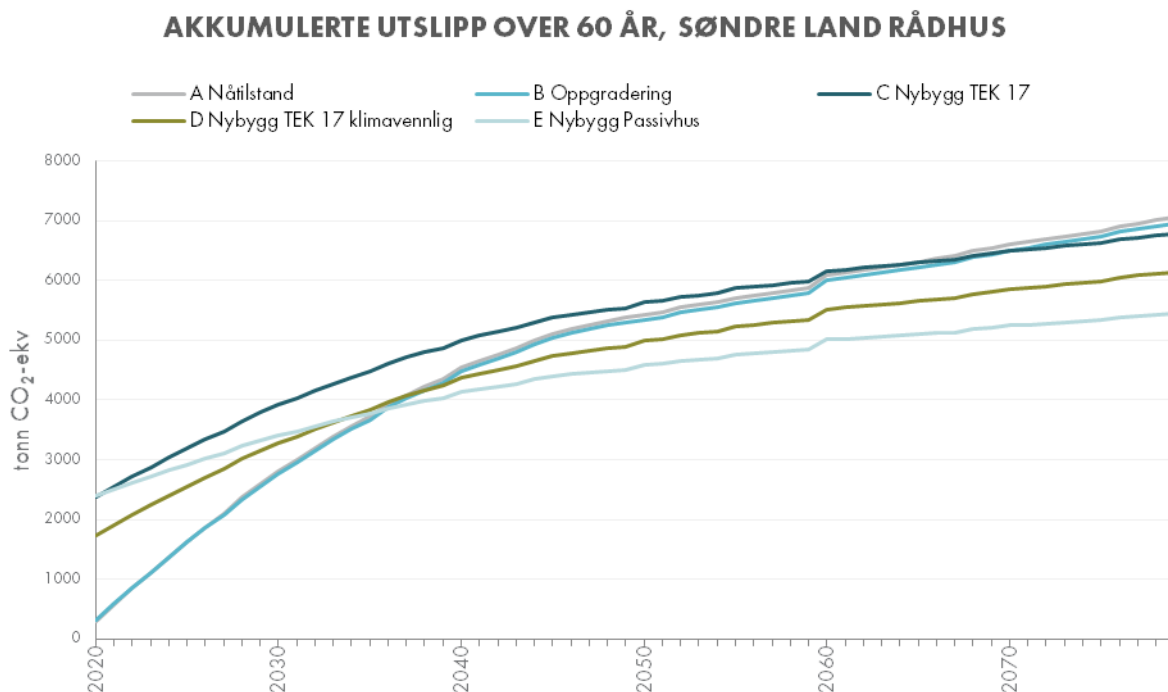


Beregnete klimagassutslipp

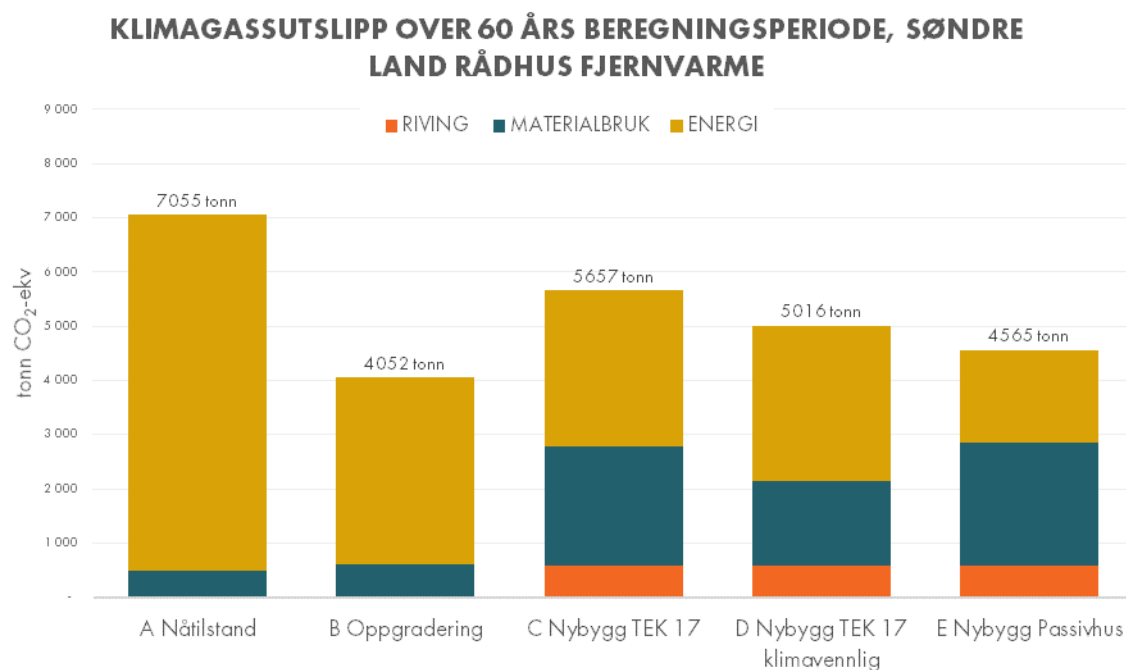
Med elektrisk oppvarming:



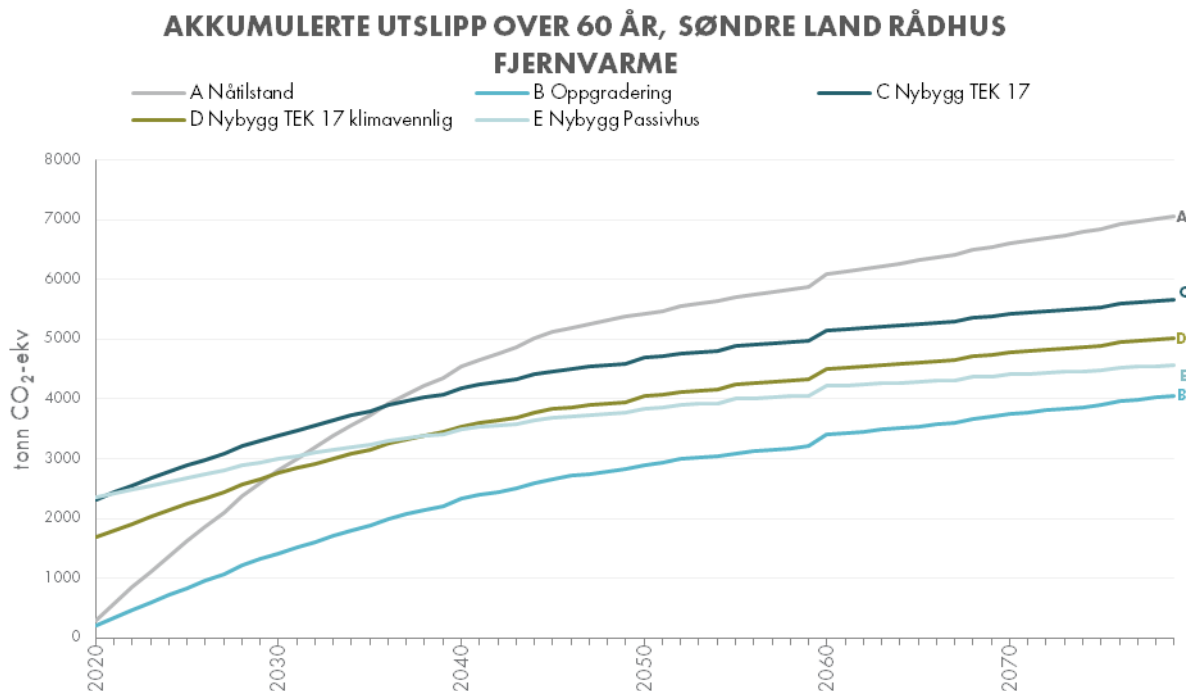
Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er 16-52 år.



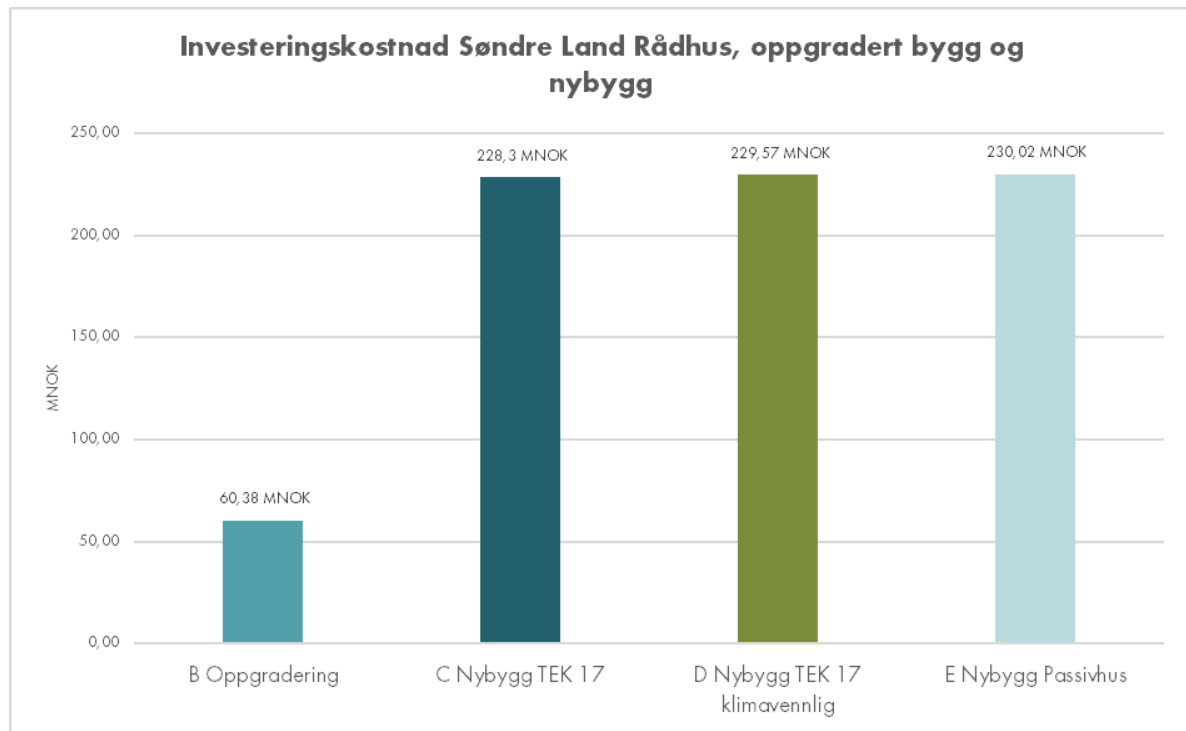
Med fjernvarme som oppvarming:



Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er over 60 år.



Kostnadsvurderinger



Vestsidevegen 1126



Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Vestsidevegen 1126, 2863 Vestside. Gbnr. 95/4
Bruksareal (BRA)	120
Byggeår	ca. 1930
Bygningstype	Enebolig
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Bolig
Energikilder før/etter oppgradering	Elektriske panelovner, lukket vedovn / Elektriske panelovner, lukket vedovn

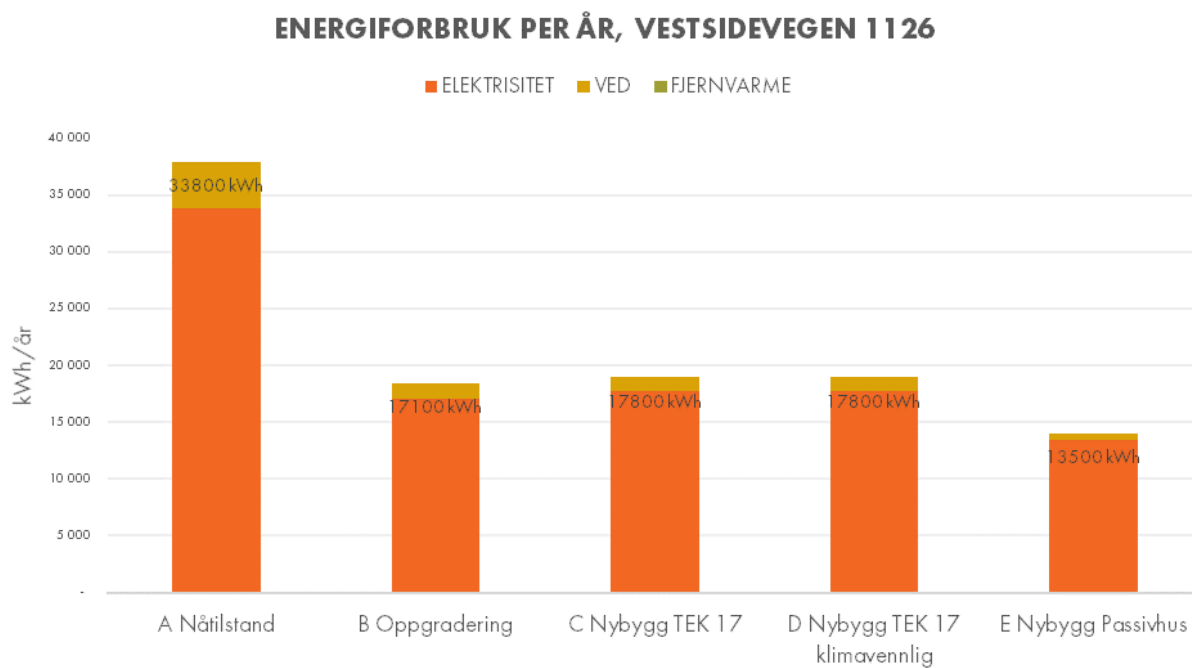
Vernestatus

Bygningen har ingen juridisk vernestatus, og er heller ikke registrert i SEFRAC.

Vurderte tiltak

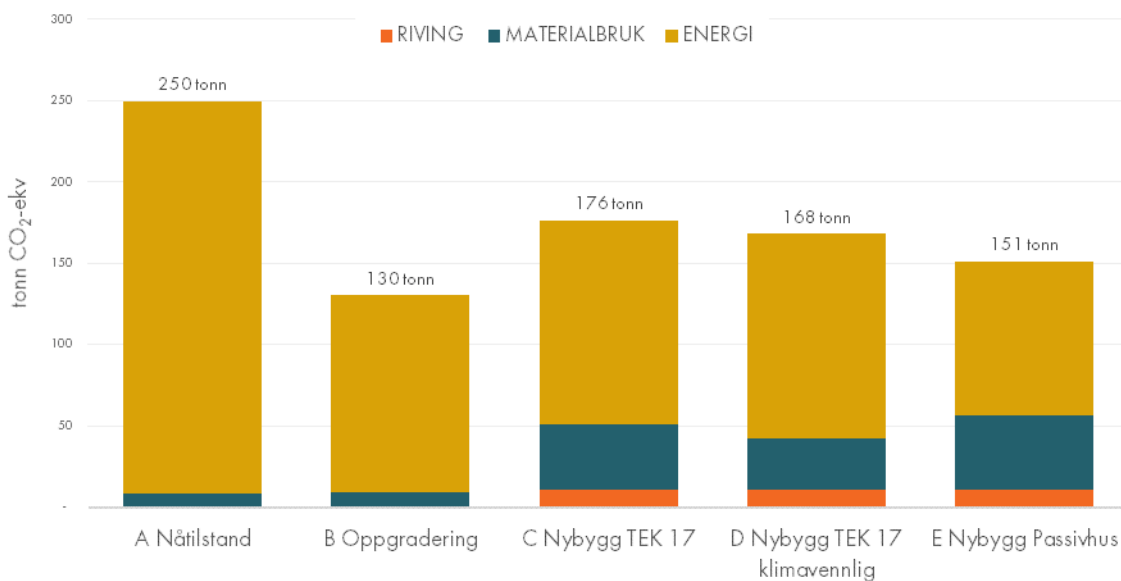
- Blåse 40 cm isolasjon på kaldt loft, og 10 cm mellom sperrer i skråtak
- Isolere gjenværende areal i etasjeskiller mellom kjeller og 1. etasje
- Glass i originale varerammer erstattes med glass med varmereflekterende belegg med U-verdi = 1,5.
- Uisolerte yttervegger fylles med 10 cm, fores ut med ekstra 5 cm isolasjon med vindsperre og ny, luftet kledning.

Beregnet energibruk



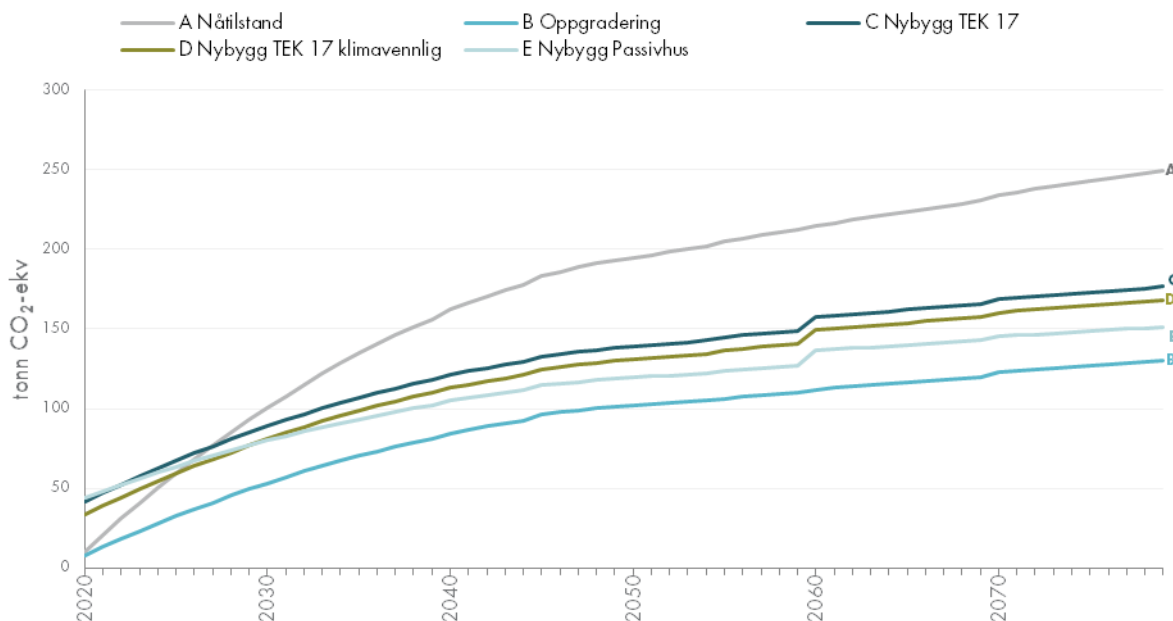
Beregnet klimagassutslipp

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, VESTSIDEVEGEN 1126

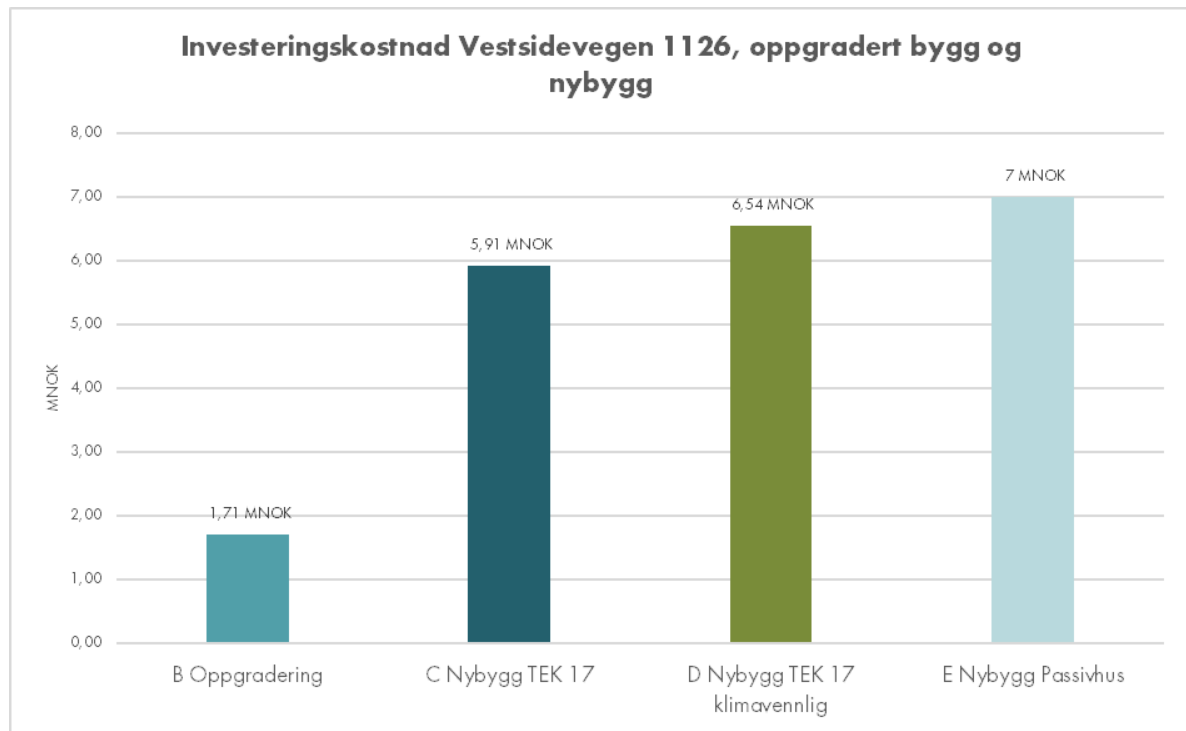


Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er over 60 år.

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, VESTSIDEVEGEN 1126



Kostnadsvurderinger



Ringelien gård



Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Vestsidevegen 1832, 2863 Vestsida. Gbnr.88/1
Bruksareal (BRA)	500
Byggeår	1950
Bygningstype	Enebolig
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Bolig
Energikilder før/etter oppgradering	Elektriske panelovner, peis og vedovn / bergvarmepumpe, vedovn

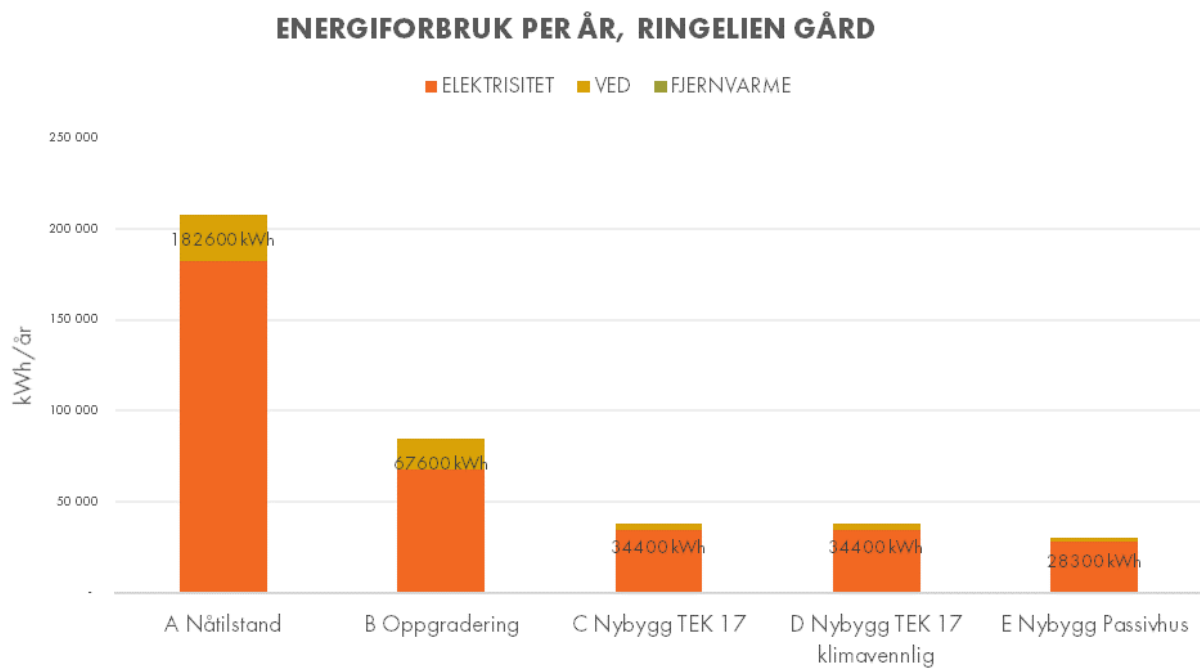
Vernestatus

Er i Kulturminneplan for Søndre Land (objekt 063) vernet i klasse 4: Verneverdig ordinær plan- og bygningslov (laveste lokalitetsverneverdi jf. SEFRAK kategori).

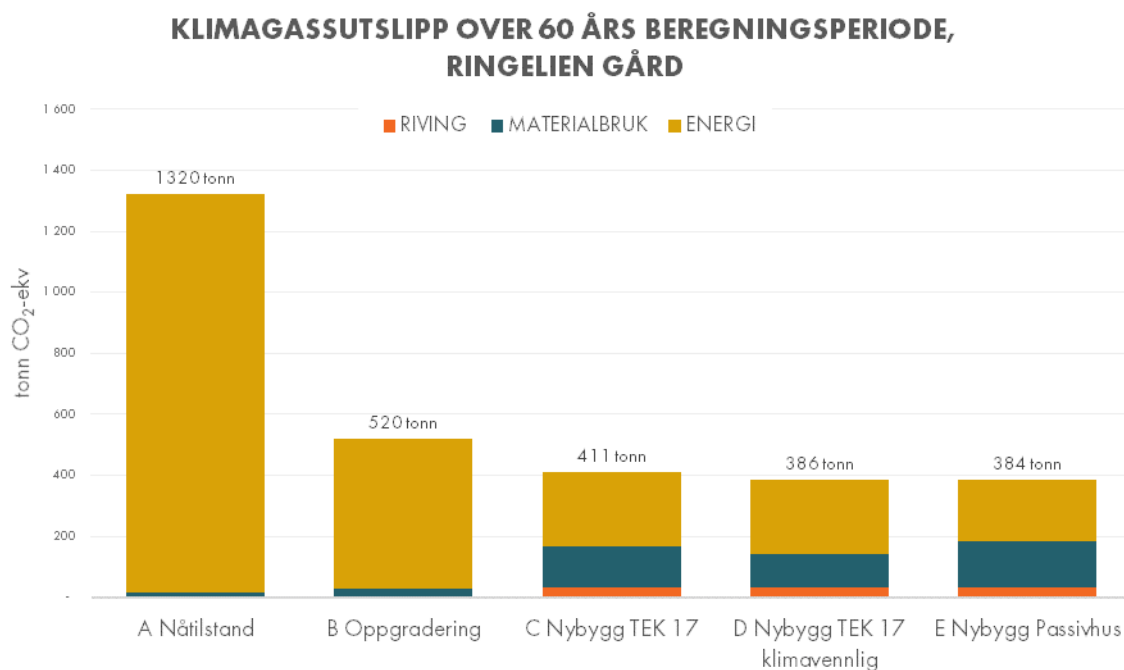
Vurderte tiltak

- Fjerne flis og blåse 400 mm isolasjon på kaldt loft
- Fjerne flis og blåse 400 mm isolasjon på kaldt loft. Isolere knevegger i 2.etasje med 100mm isolasjon, og blåse 200mm mot knekott i etasjeskiller mellom 1. og 2.etasje
- Glass i originale varerammer erstattes med glass med varmereflekterende belegg med U-verdi = 1,5.
- Bergvarmepumpe for romoppvarming og varmtvann

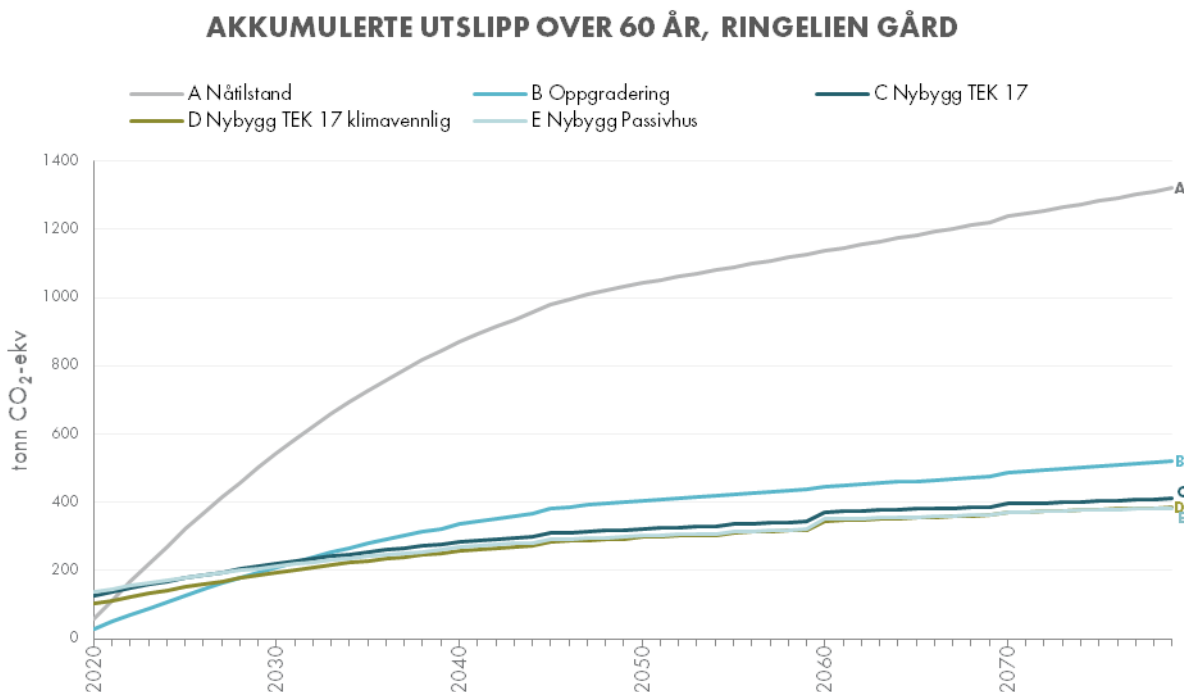
Beregnet energibruk



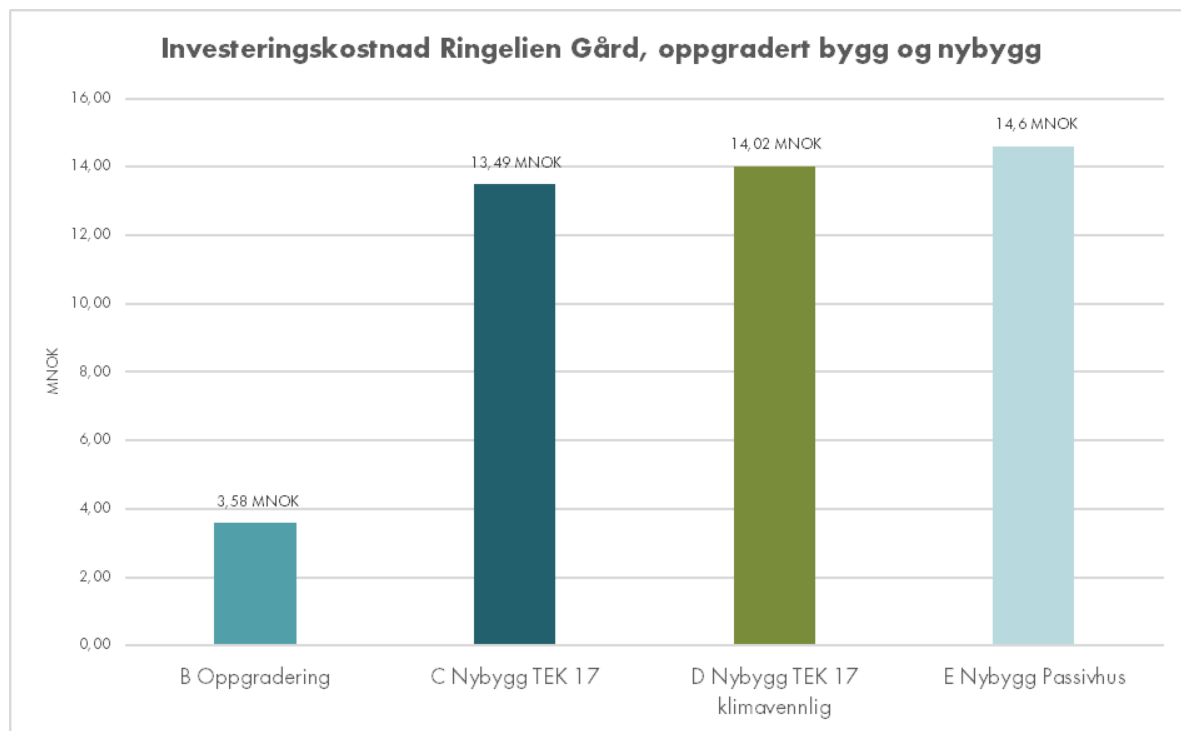
Beregnet klimagassutslipp



Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er 7-13 år.



Kostnadsvurderinger



Granum gård



Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Granumsvegen 6, 2862 Fluberg. Gbnr.27/50
Bruksareal (BRA)	880
Byggeår	1933, restaurert 2017
Bygningstype	Opprinnelig bolig, nå hotell
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Hotell
Energikilder før/etter oppgradering	Strøm, vedfyring og luft til luft varmepumpe / Strøm, vedfyring og luft til luft varmepumpe

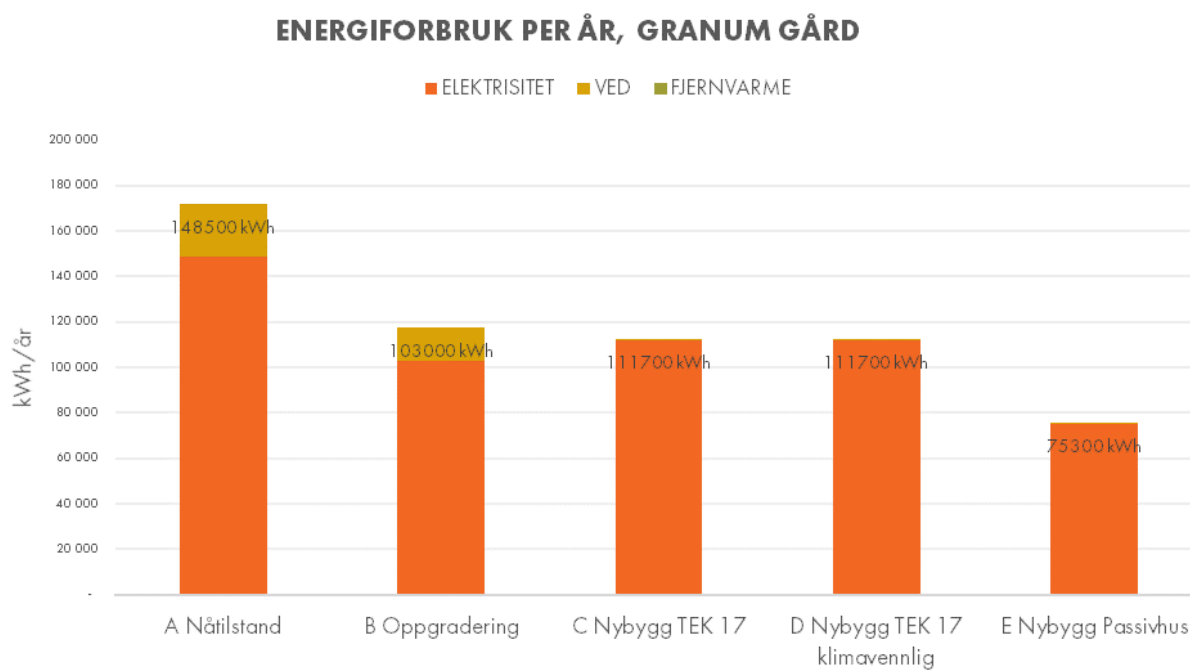
Vernestatus

Tunet er kommunalt listeført på grunn av krigsminne. Pensjonatet er ikke verdivurdert i kulturminneplanen for Søndre Land).

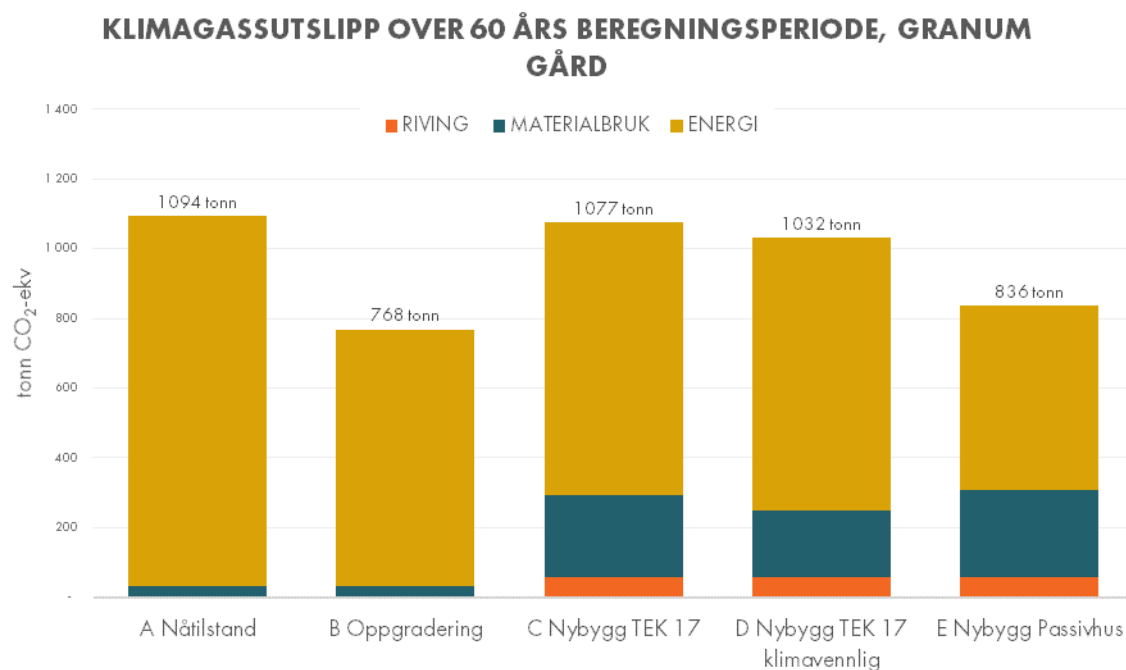
Vurderte tiltak

- Fjerning av flis på loft og i skråtak i hovedbygg. Blåsing av 400mm isolasjon på kaldt loft, og 150mm mellom sperrer i skråtak
- Isolering som i pkt.1 samt randsonisolering ved blåseisolering av tak mot knekott i hovedbygg
- Blåseisolering av etasjeskiller mot kjeller. Flis i etasjeskiller beholdes, og mellomrom mellom flis og gulvbord fylles med isolasjon
- Utvendig etterisolering med 100mm isolasjon på yttervegger på tilbygg
- Utvendig etterisolering med 100mm isolasjon på yttervegger, randsonisolering av tak mot knekott, 100mm isolasjon i vegg mot knekott og 200mm i tak på tilbygg

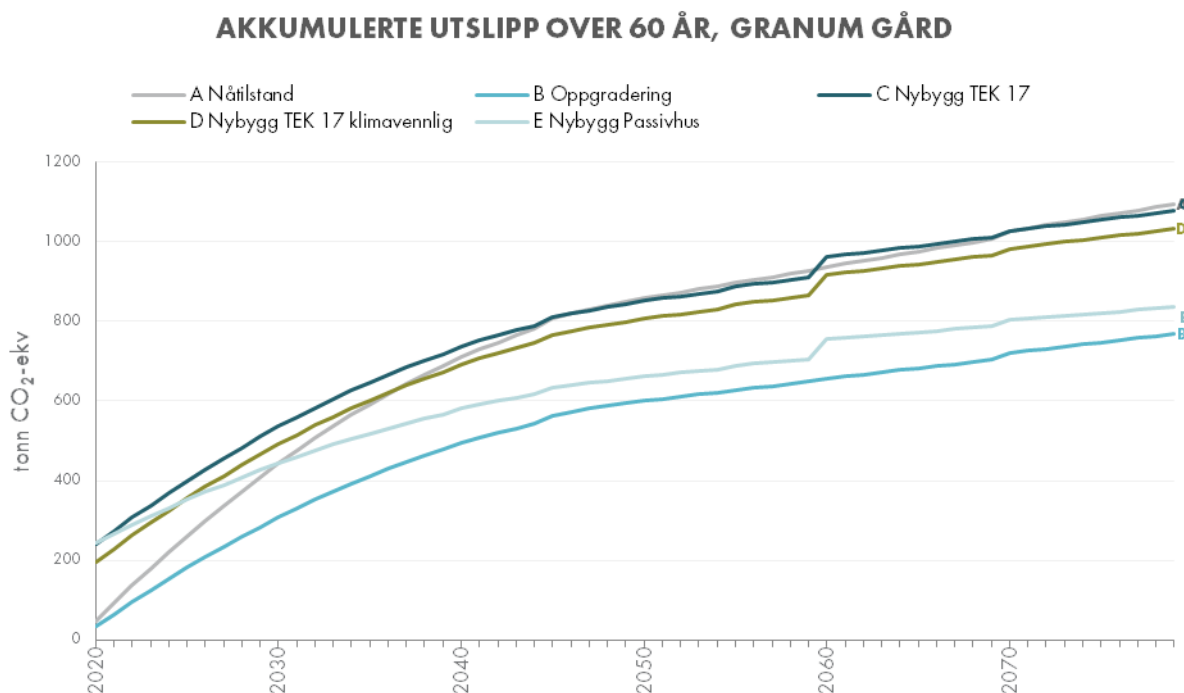
Beregnet energibruk



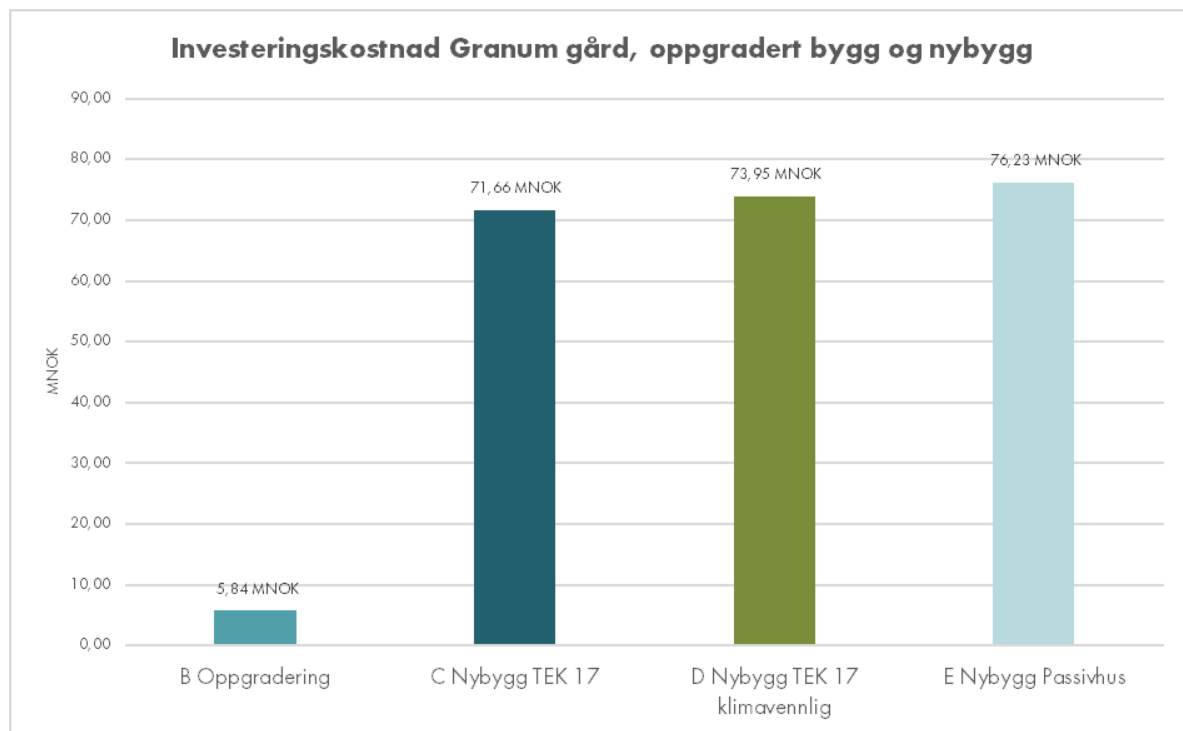
Beregnet klimagassutslipp



Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er over 60 år.



Kostnadsvurderinger



Setton gård



Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Vestsidevegen 370, 2860 Hov. G/B-nr: 0536-8/1
Bruksareal (BRA)	96
Byggeår	Ca. 1890
Bygningstype	Sommerfjøs
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Sommerfjøs
Energikilder før/etter oppgradering	Ingen / Strøm, vedfyring og luft til luft varmepumpe

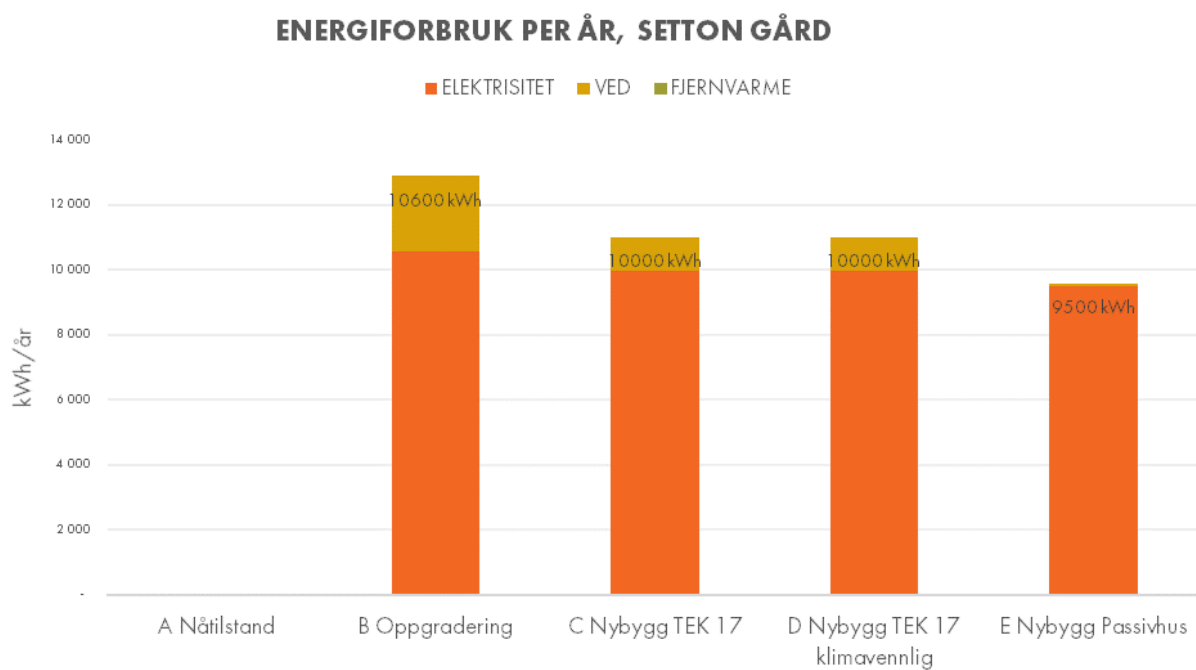
Vernestatus

Bygningen er registrert i Riksantikvarens SEFRAK-register som oppført før 1900.

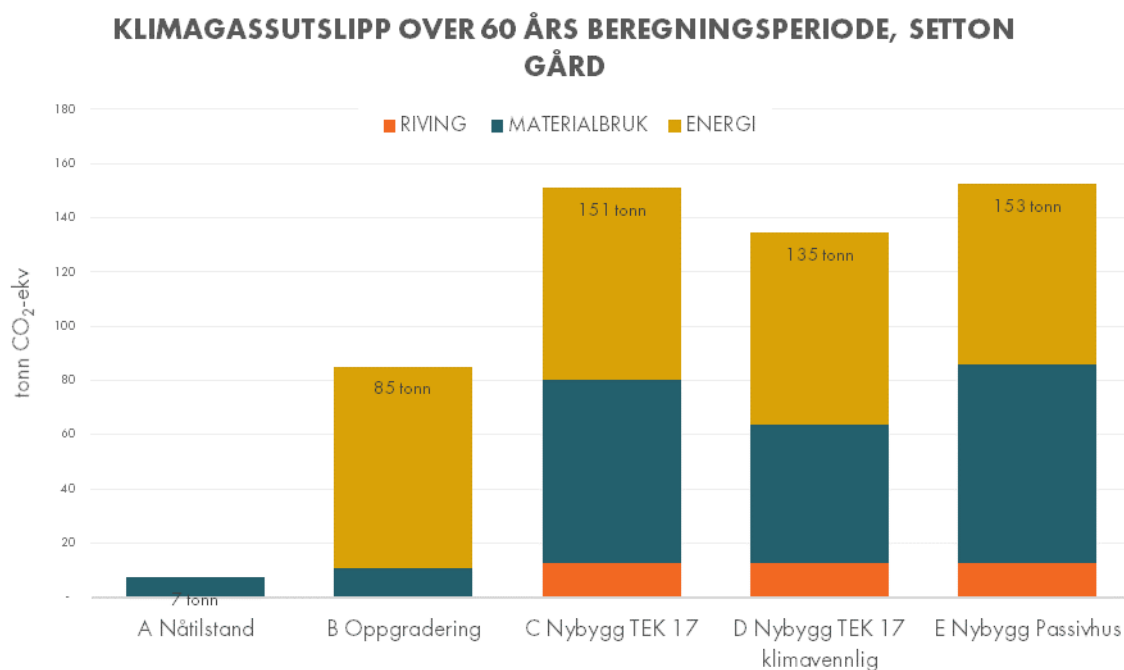
Vurderte tiltak

- Blåsing av 200mm isolasjon på kaldt loft
- 100mm isolasjon i yttervegger

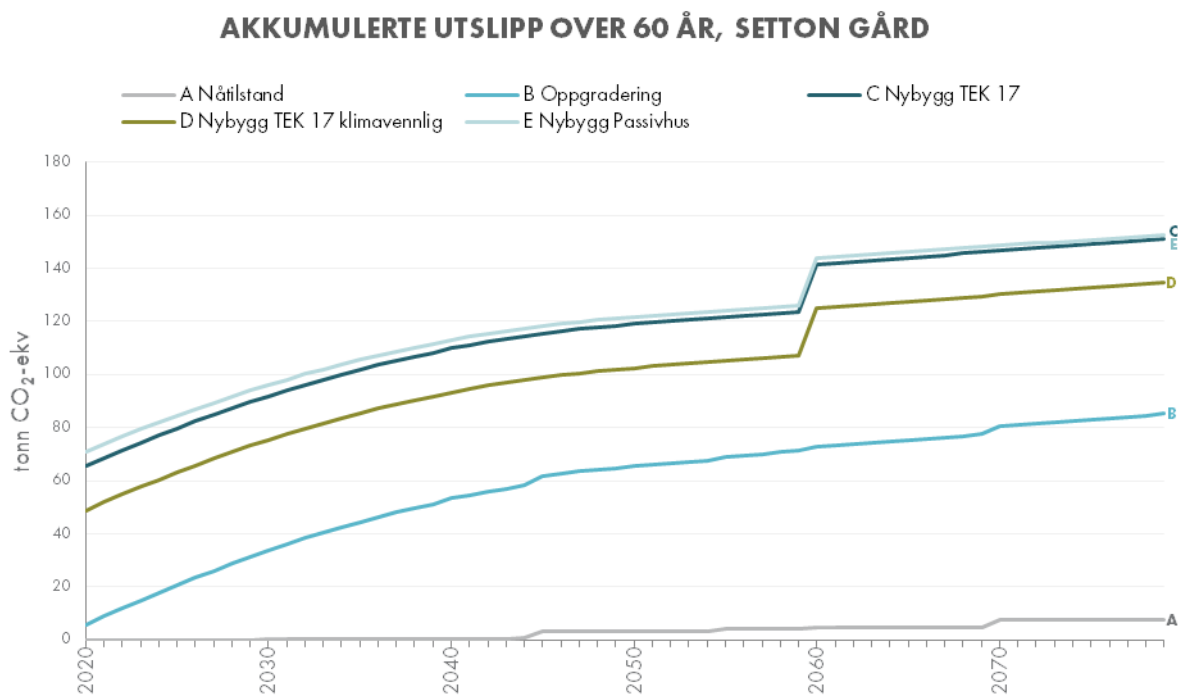
Beregnet energibruk



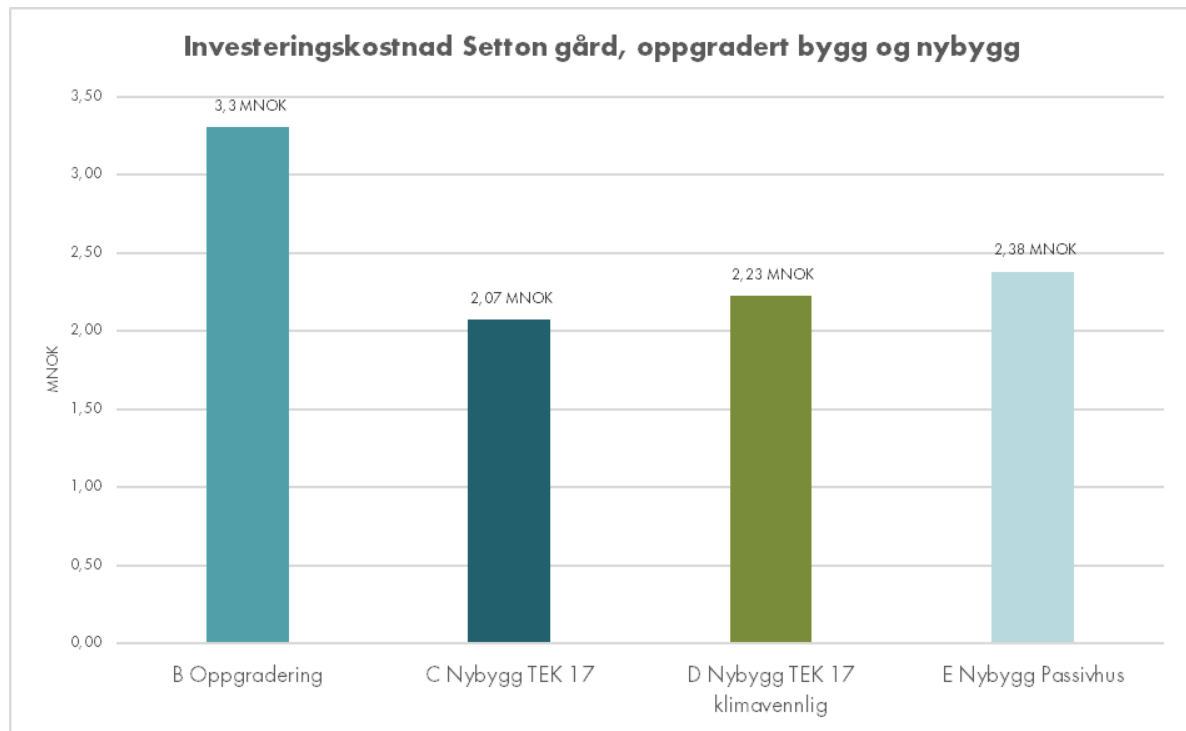
Beregnet klimagassutslipp



Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er langt over 60 år.



Kostnadsvurderinger



Nerby gård



Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Øvre Bergegarda 8, 2862 Fluberg. Gbnr.29/1
Bruksareal (BRA)	484
Byggeår	1600-/1700-tallet og tidlig 1900-tall. Oppgradering 1986-88.
Bygningstype	Våningshus
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Bolig
Energikilder før/etter oppgradering	Elektriske panelovner, luft-luft varmepumpe, eldre åpen peis og lukkede vedovner. / bergvarmepumpe, vedfyring

Vernestatus

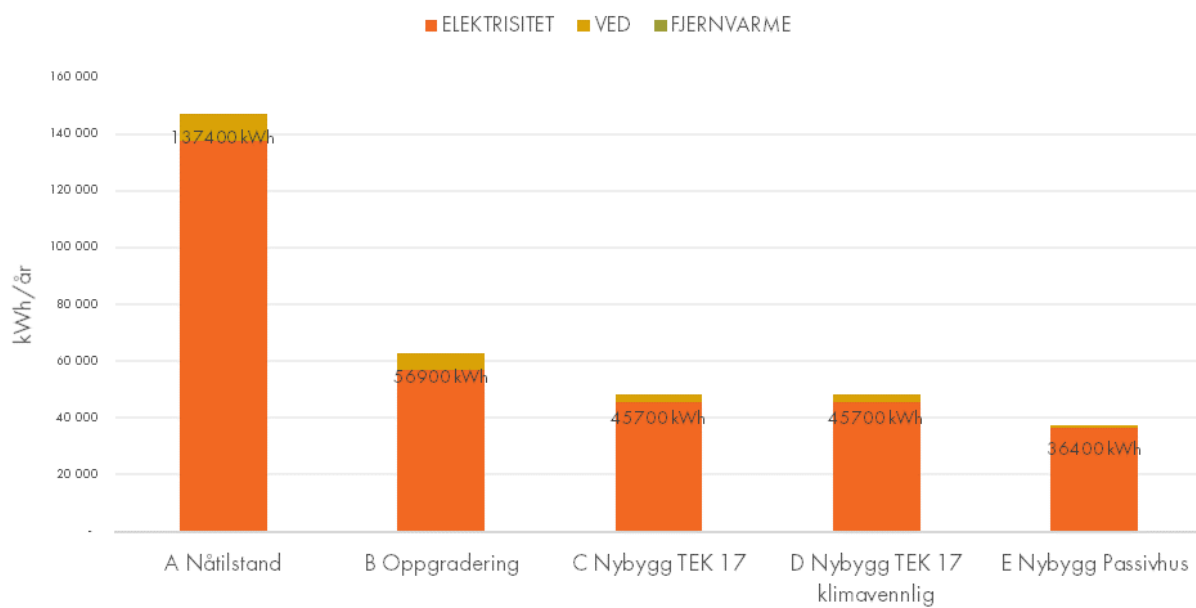
Bygningen er registrert i Riksantikvarens SEFRAC-register som oppført før 1900. Den høye alderen og de originale interiørene og overflatene fra ulike tidsepoker gjør bygningen svært spesiell. Det finnes ikke så veldig mange 1600- og 1700-talls bygninger igjen i landet. Bygningen har ingen formell vernestatus, men vi anbefaler eier å ta vare på de originale bygningselementene og panelene ut ifra de gode materialkvalitetene bygningen har.

Vurderte tiltak

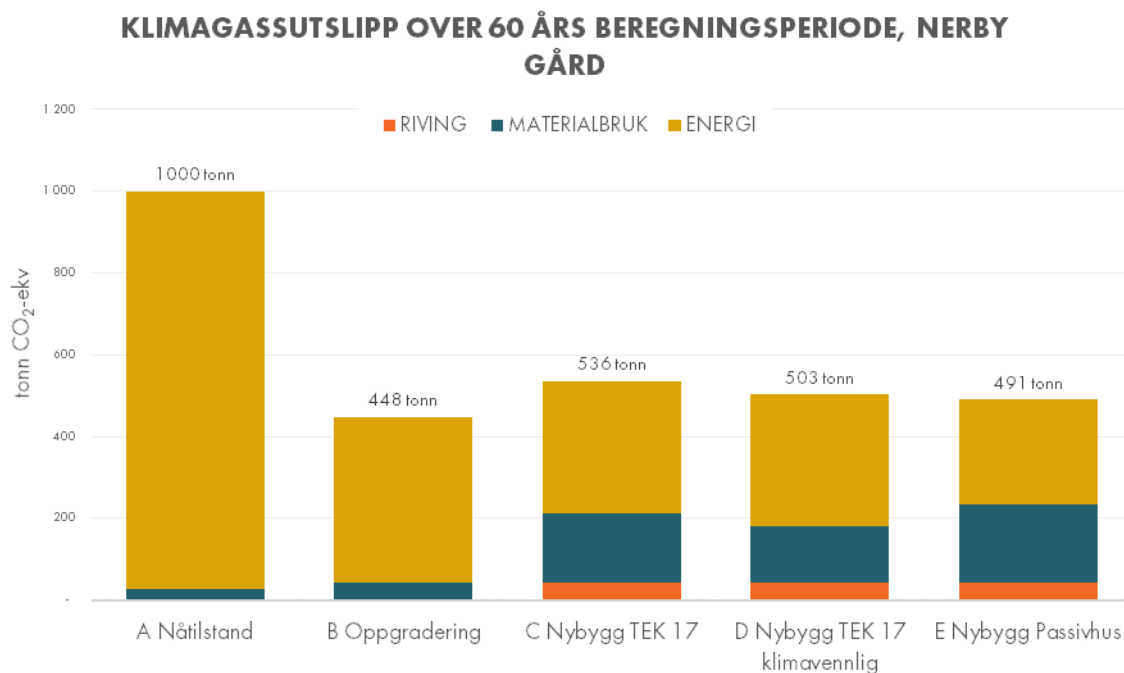
- Innblåsing av isolasjon over laget av flis i etasjeskiller mot kjeller og kaldt loft.
- Innblåsing av isolasjon over laget av flis i etasjeskiller mot kjeller. Fjerning av flis i etasjeskiller mot kaldt loft, og mellomrom mellom bjelker fylles med isolasjon. Gulv monteres igjen.
- Vinduer fra 1987 erstattes med nye med U-verdi = 1,2, og glass i originale varerammer erstattes med glass med varmereflekterende belegg med U-verdi = 1,5.
- Uisolerte yttervegger fores ut med 50mm isolasjon med ny, luftet kledning.
- Bergvarmepumpe med radiatoranlegg

Beregnet energibruk

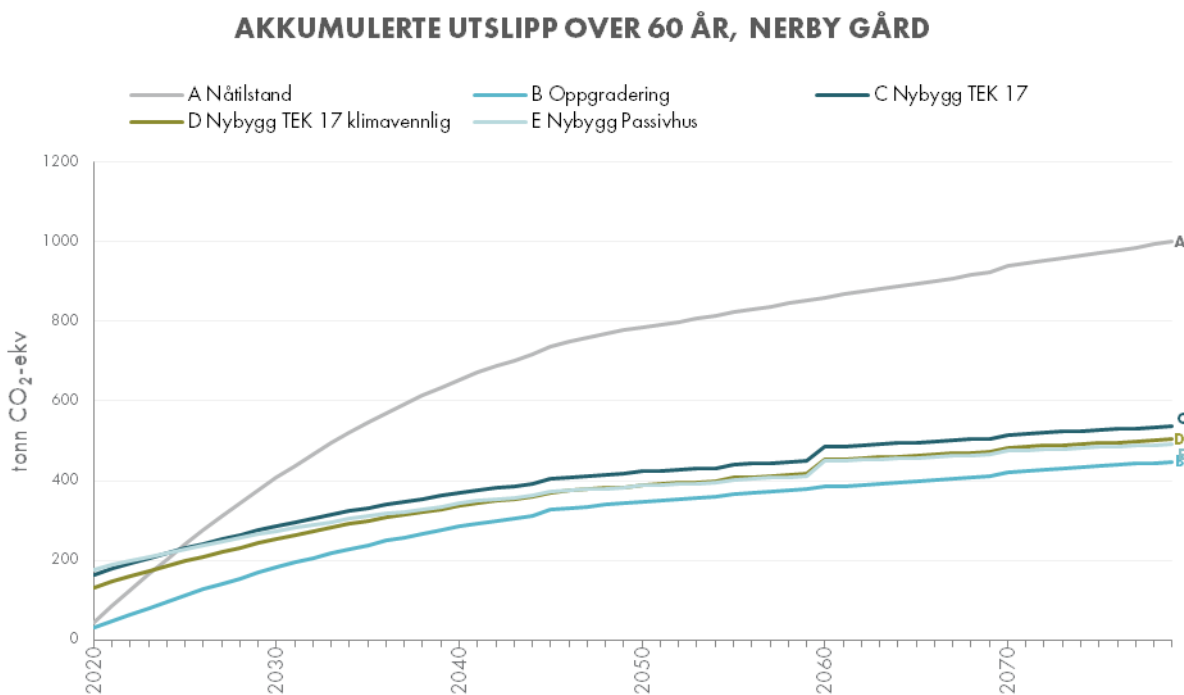
ENERGIFORBRUK PER ÅR, NERBY GÅRD



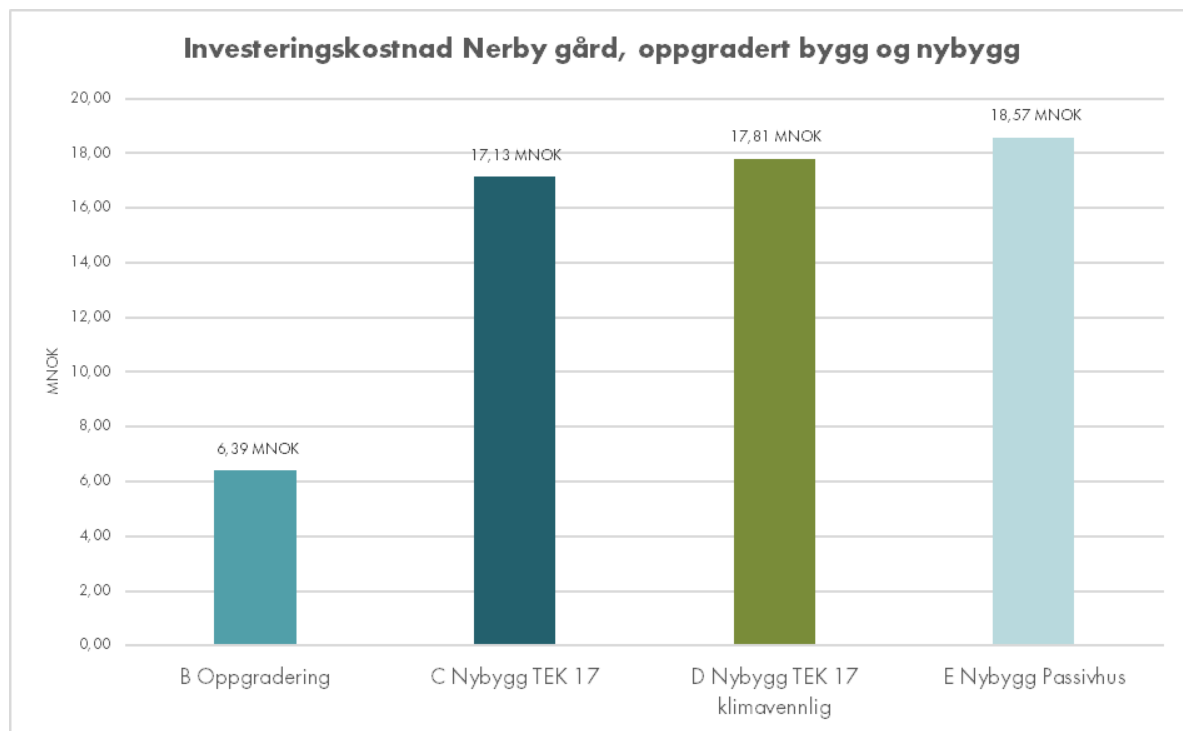
Beregnet klimagassutslipp



Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er over 60 år.



Kostnadsvurderinger



Anders Sandvigs gate 30



Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Anders Sandvigsgt. 30
Bruksareal (BRA)	410
Byggeår	1900-1913
Bygningstype	Opprinnelig bolig. Senere kommunalt utleiebygg med ulik bruk.
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Mur
Bruksformål	Står tomt, vurdert brukt som kontorlokaler
Energikilder før/etter oppgradering	Fjernvarme / fjernvarme

Vernestatus

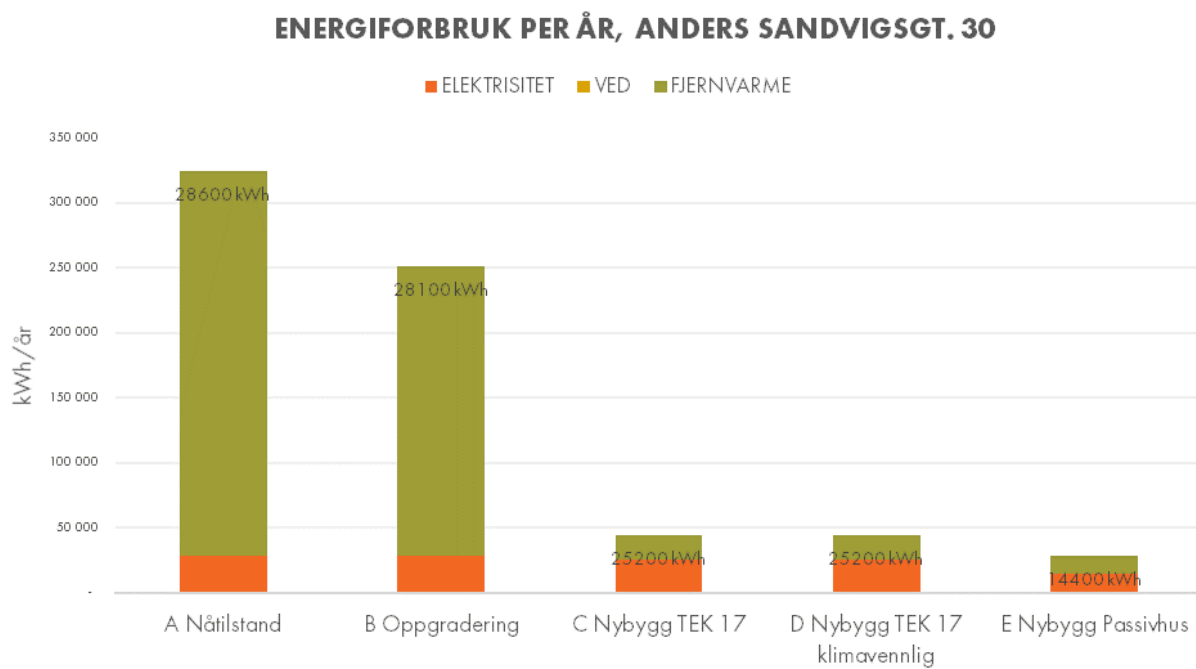
Inngår i kommunens kulturminneplan, ligger innenfor Spesialområde for vern i Lillehammer, områdetype A2: Homogene, sluttede kvartaler, plankart B og plankart C.

Inngår også i Riksantikvarens NBI Register for nasjonale interesser i by, som del av *Område Lillehammer sentrum, Storgaten* (119).

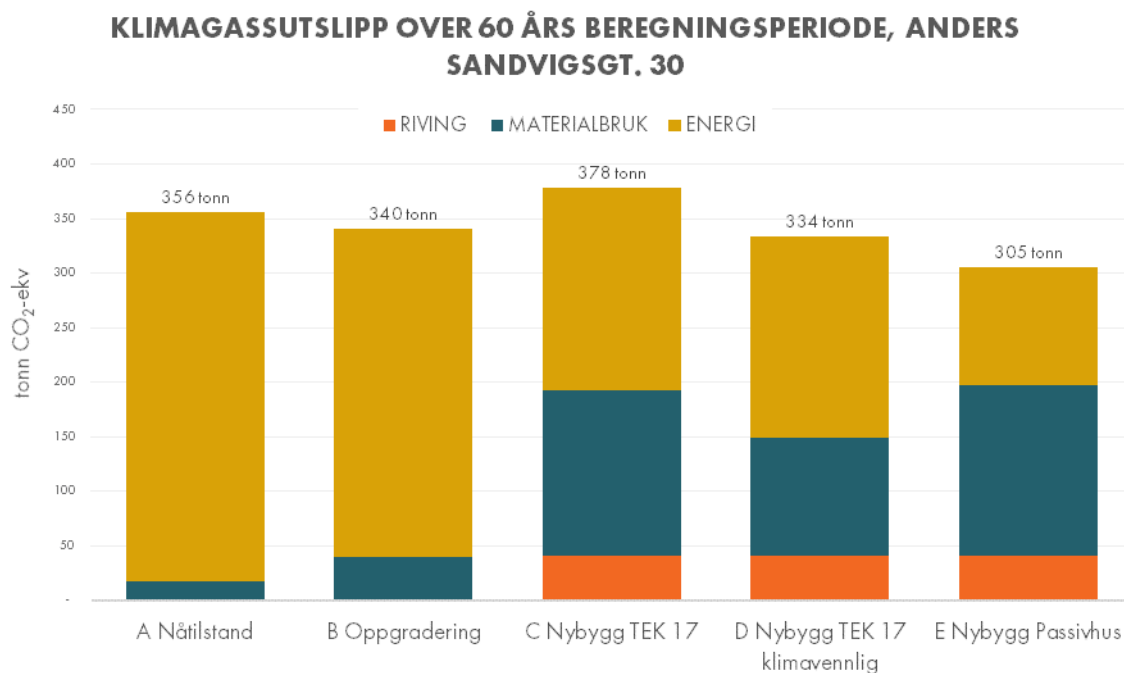
Vurderte tiltak

- Oppgradering av innvendige varerammer i vinduer med energiglass med varmereflekterende belegg med $U\text{-verdi} = 1,5\text{W/m}^2\text{K}$
- Fjerning av flis i etasjeskiller mot kaldt loft, og mellomrom mellom bjelker fylles med 200mm blåseisolasjon av cellulosefiber Tiltak
- 1 og 2
- Bytte avtrekksventilasjon til balansert ventilasjon med varmegjenvinning (70% varmegjenvinning og driftstid 07-16 5 dgr i uken)
- Tiltak 1 og 2, og bytte avtrekksventilasjon med balansert ventilasjon med varmegjenvinning (70% varmegjenvinning og driftstid 07-16 5 dgr i uken)

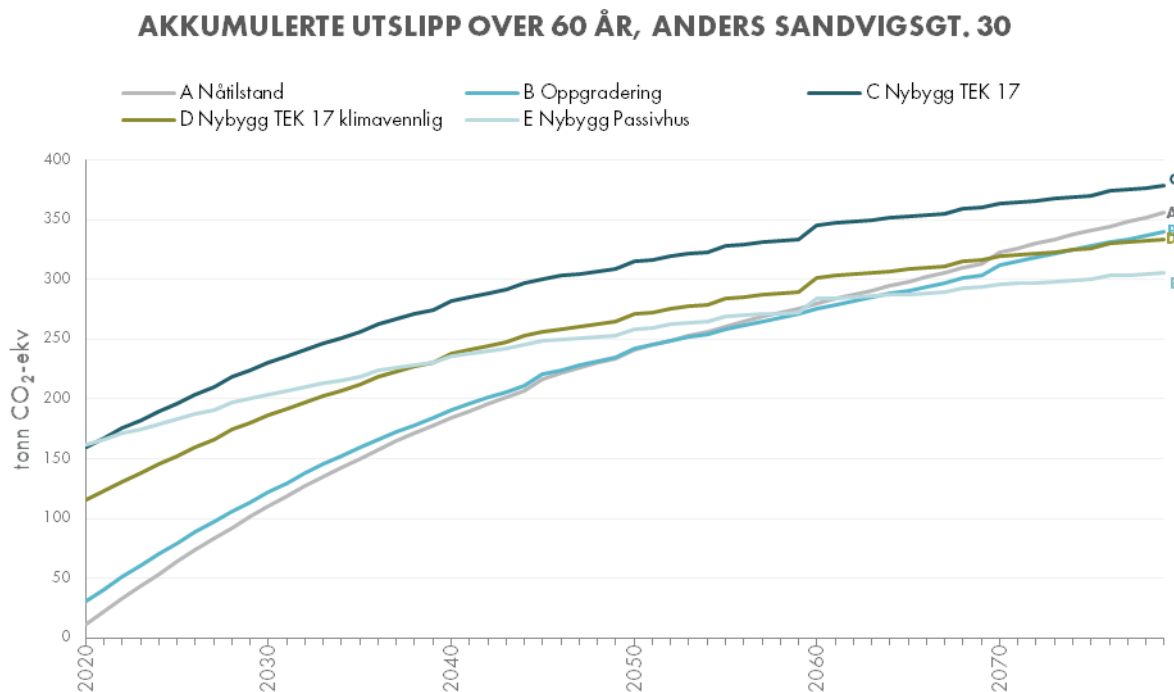
Beregnet energibruk



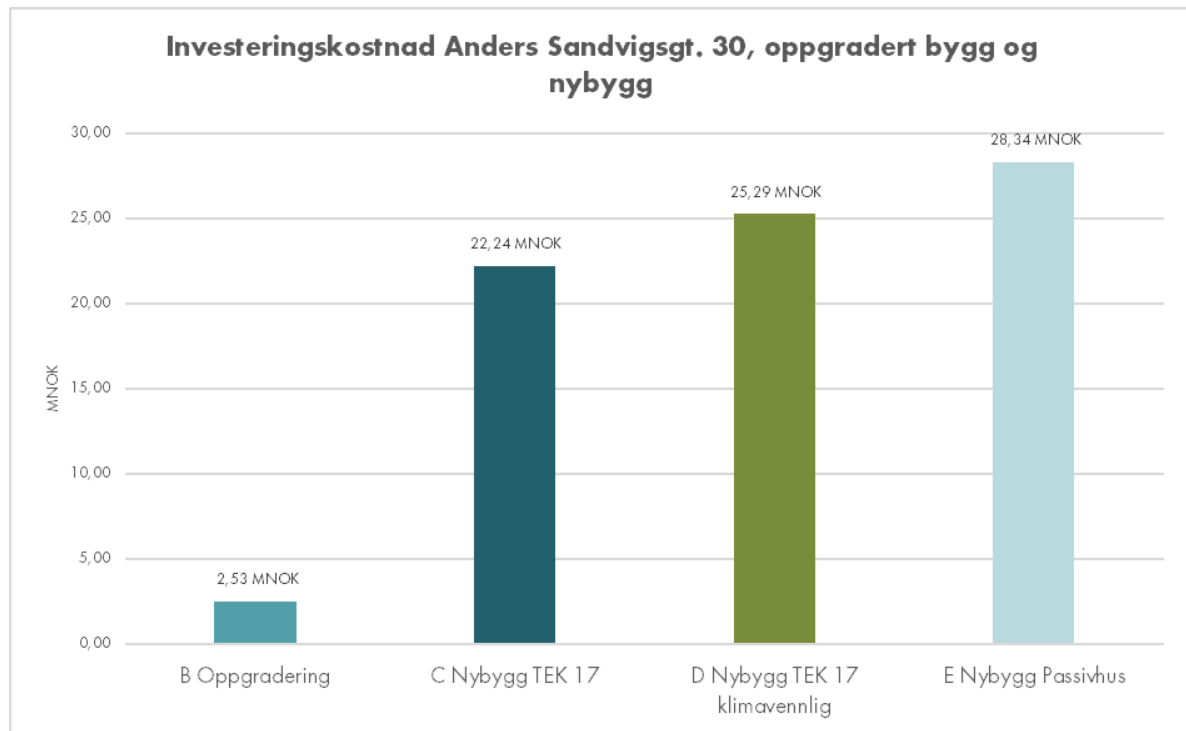
Beregnet klimagassutslipp



Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er fra 39 til over 60 år.



Kostnadsvurderinger



«Rekka» i Våler



Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Rekka i Våler, nr 4-20, 2437 Våler
Bruksareal (BRA)	139
Byggeår	1959
Bygningstype	9 boligbygg
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Bolig
Energikilder før/etter oppgradering	Fjernvarme og radiatorer / fjernvarme og radiatorer

Vernestatus

Bygningsrekken er svært tidstypisk fra slutten av 1950-tallet og begynnelsen av 1960-tallet med små fotavtrykk, knappe former og enkle utforming samt det store uteområdet felles for alle boligenhetene. Også fargesettingen av porter og omramninger er tidstypisk. Bygningene er fortsatt original i form, fasadeuttrykk og planløsning selv om noen elementer er oppgradert. Rekka har i dag ingen formell vernestatus.

Vurderte tiltak

3 ulike tiltakspakker har vært vurdert:

Skånsom oppgradering

- Utskifting av gammel isolasjon 100mm, ny vindsperre, nye vinduer med U-verdi 0,8W/m²K og dør med U-verdi 1,2W/m²K. Etasjeskiller isoleres med 200mm isolasjon. Reduksjon i lekkasjetall fra 6 luftskifter/h til 4 luftskifter/h.
- Bjelkelag mot kjeller etterisoleres fra antatt 100mm til 200mm.
- Utskifting av gammel isolasjon 100mm og utforing 50mm (totalt 150mm isolasjon), ny vindsperre. Nytt tak med 300mm isolasjon, og 200mm i etasjeskiller mot kjeller. nye vinduer med U-verdi 0,8W/m²K og dør med U-verdi 1,2W/m²K. Reduksjon i lekkasjetall fra 6 luftskifter/h til 3 luftskifter/h.

Omfattende oppgradering (hovedalternativ)

- Utskifting av gammel isolasjon 100mm og utforing 50mm (totalt 150mm isolasjon), ny vindsperre.
- Nytt tak med 300mm isolasjon
- Nye vinduer med U-verdi 0,8W/m²K og dør med U-verdi 1,2W/m²K.

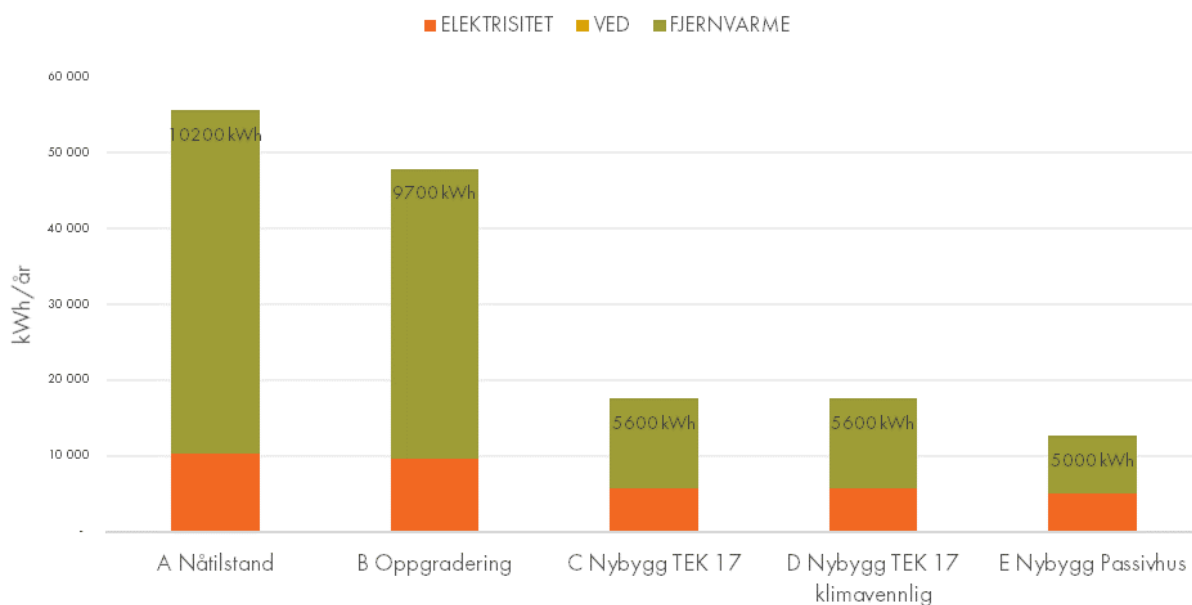
- Etasjeskiller mot kjeller isoleres med 200mm isolasjon.
- Reduksjon i lekkasjetall fra 6 luftskifter/h til 3 luftskifter/h.

Oppgradering iht. foreliggende arkitektforslag

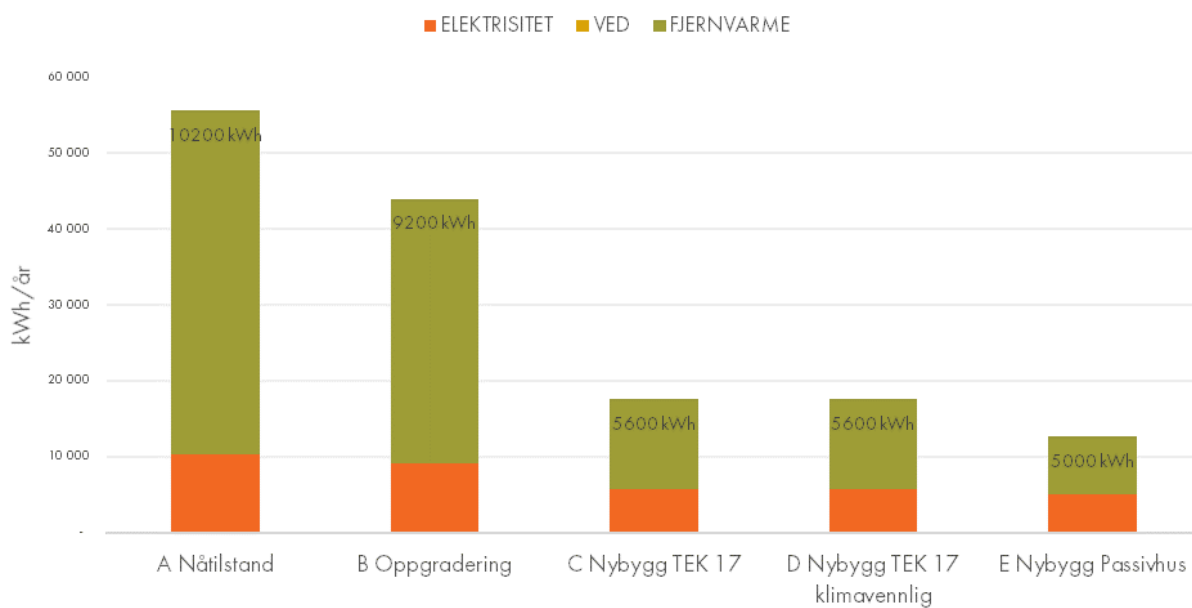
- Oppgradering til dagens standard (TEK17)

Beregnet energibruk

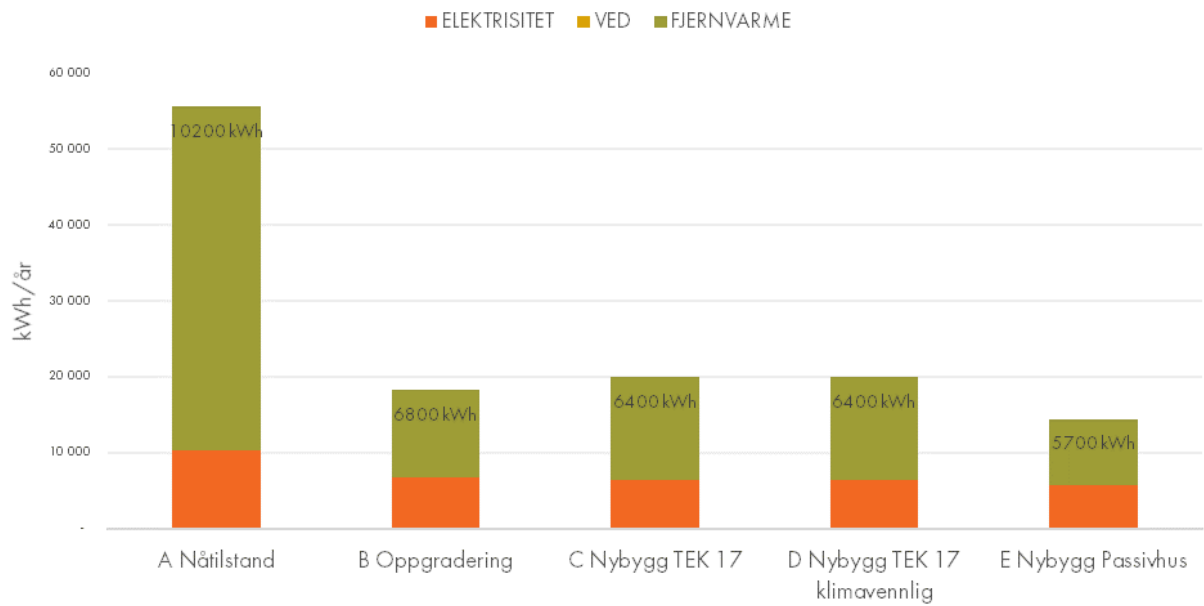
ENERGIFORBRUK PER ÅR, REKKA I VÅLER SKÅNSOM



ENERGIFORBRUK PER ÅR, REKKA I VÅLER



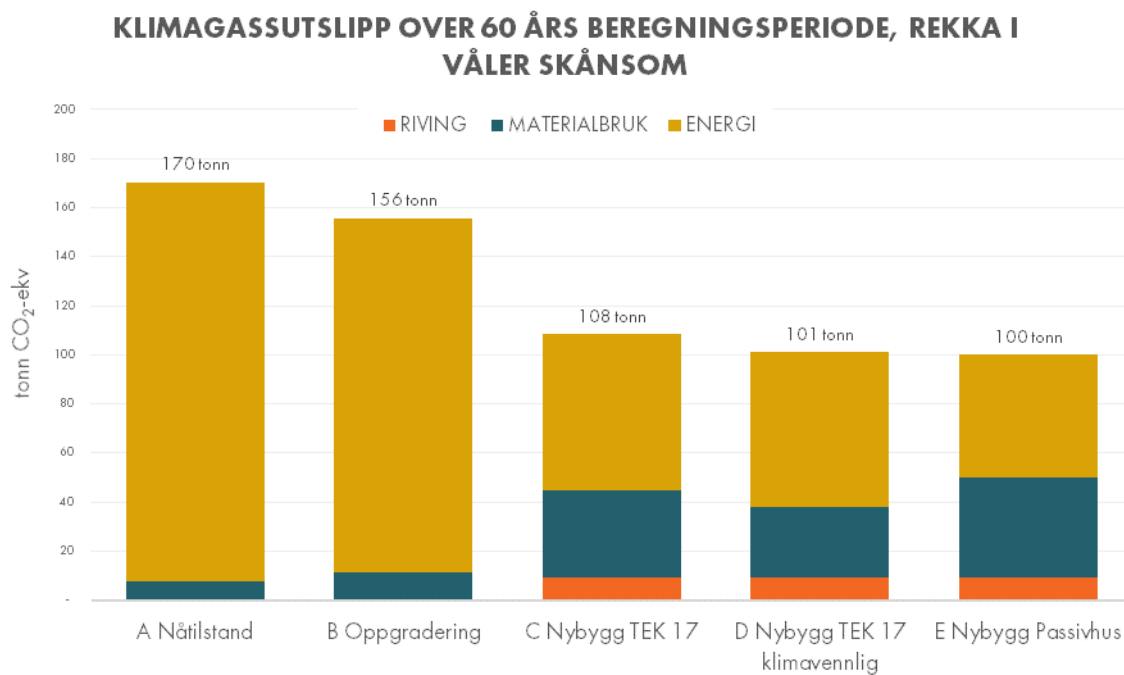
ENERGIFORBRUK PER ÅR, REKKA I VÅLER ARKITEKTFORSLAG



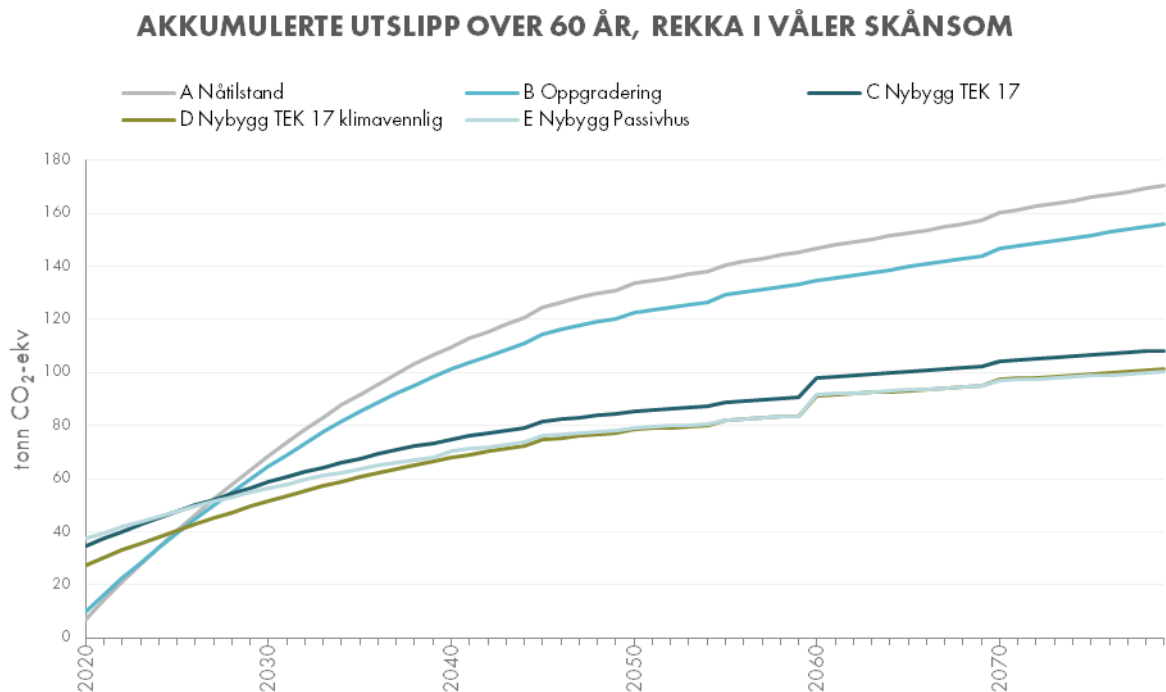
NB – Oppgradering iht. arkitektforslag omfatter en utvidelse av dagens boareal, som medfører at energibruk i scenario B-E ikke er direkte sammenliknbar med scenario A

Beregnet klimagassutslipp

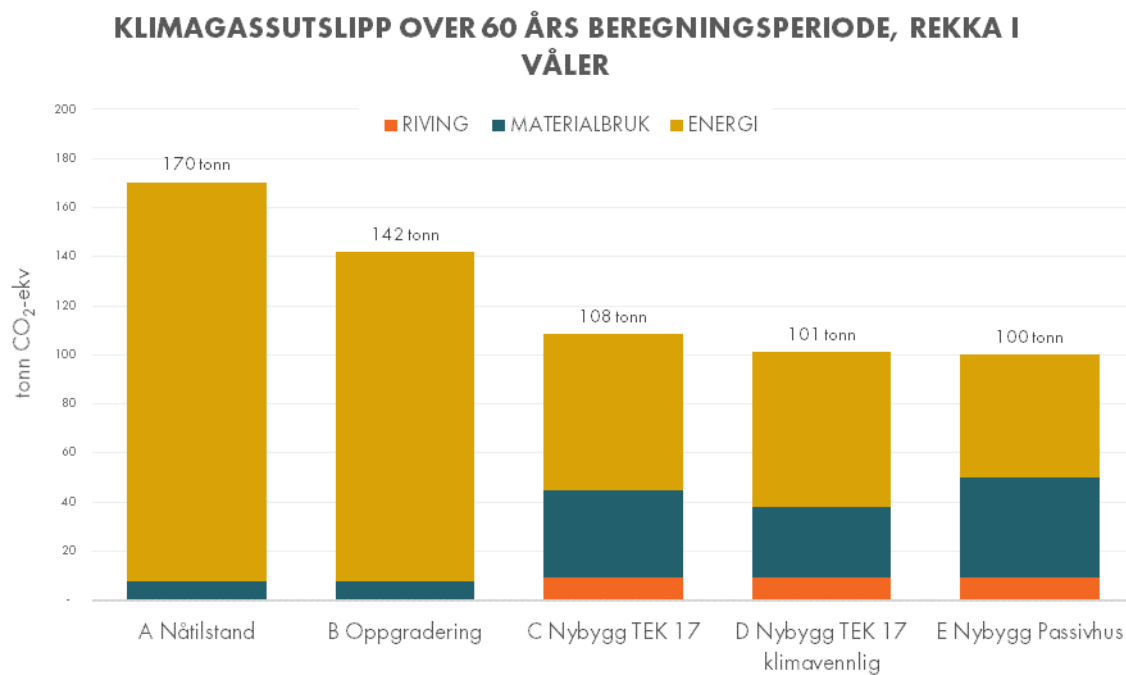
Skånsom:



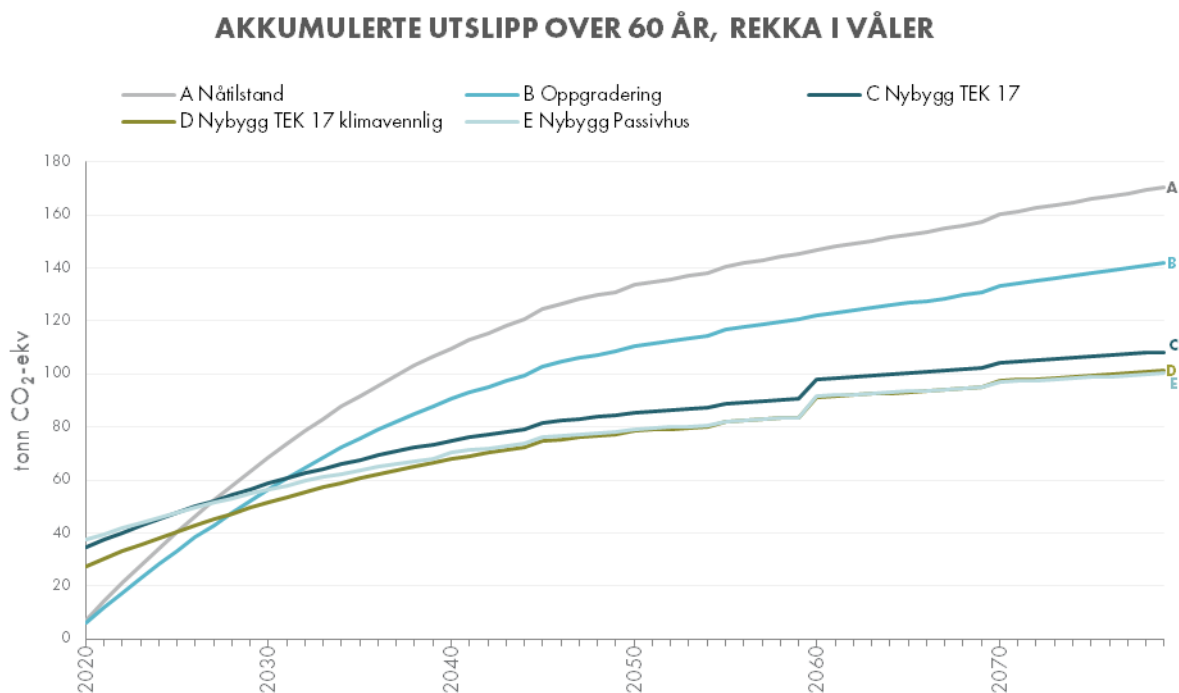
Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er 6-8 år.



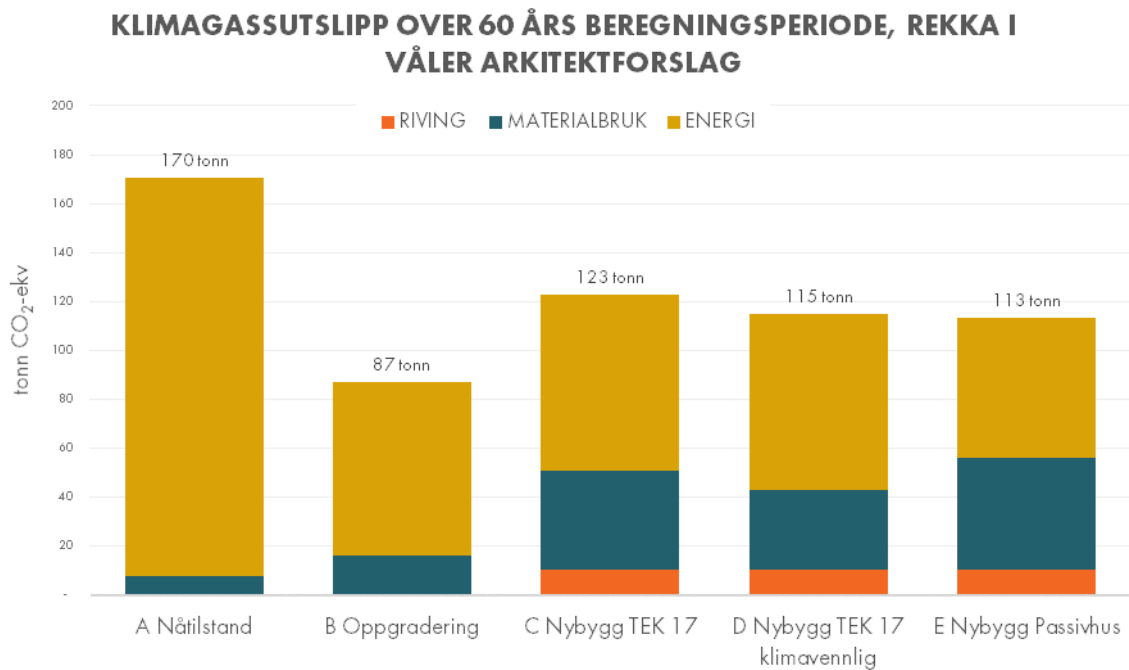
Mer omfattende oppgradering (hovedalternativ):



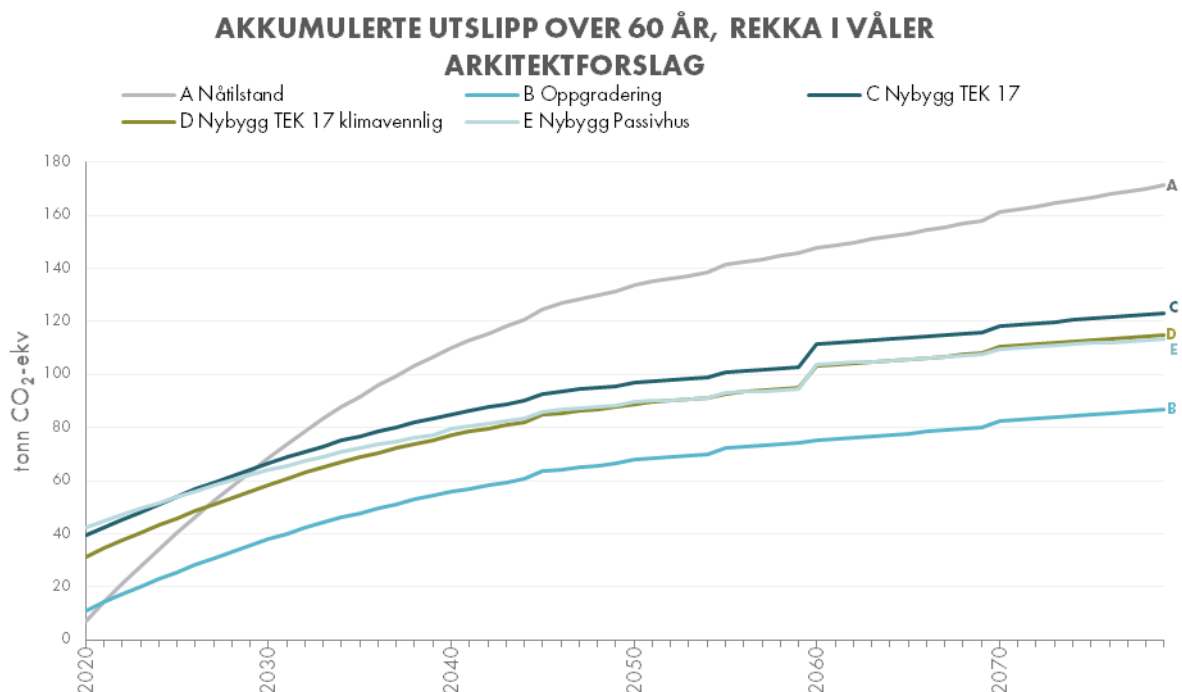
Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er 6-9 år.



Arkitektforslag:

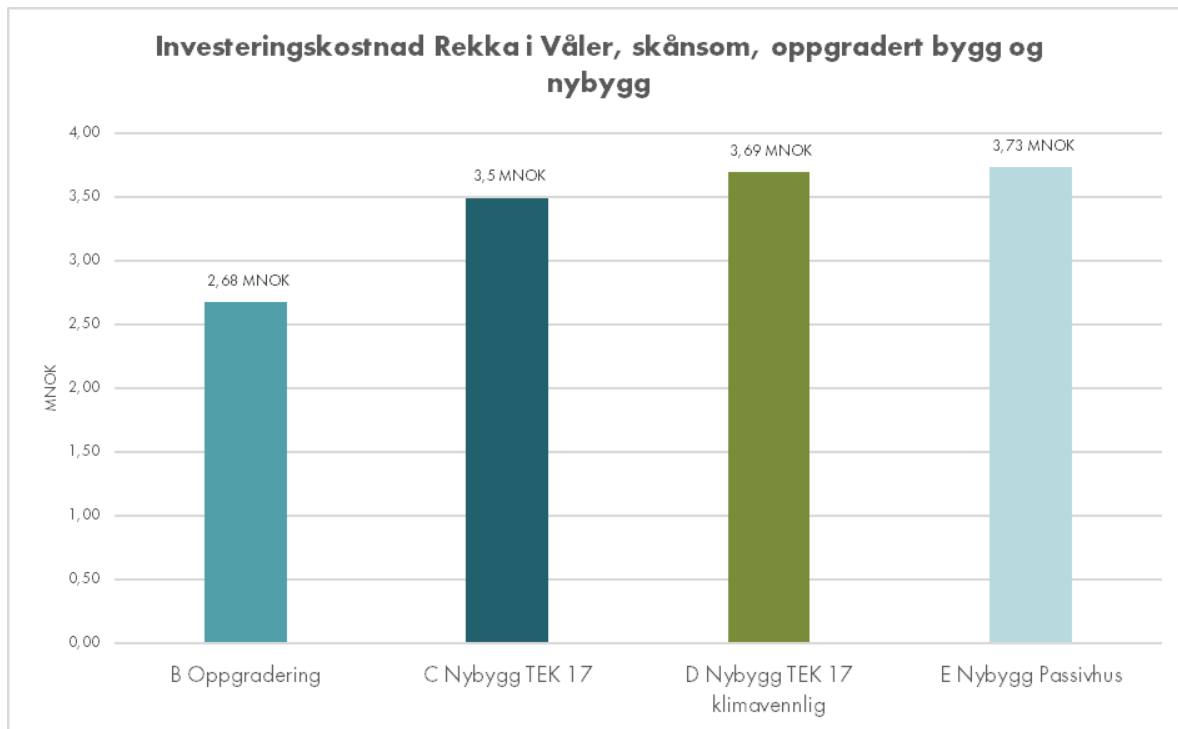


Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er ikkeeksisterende.

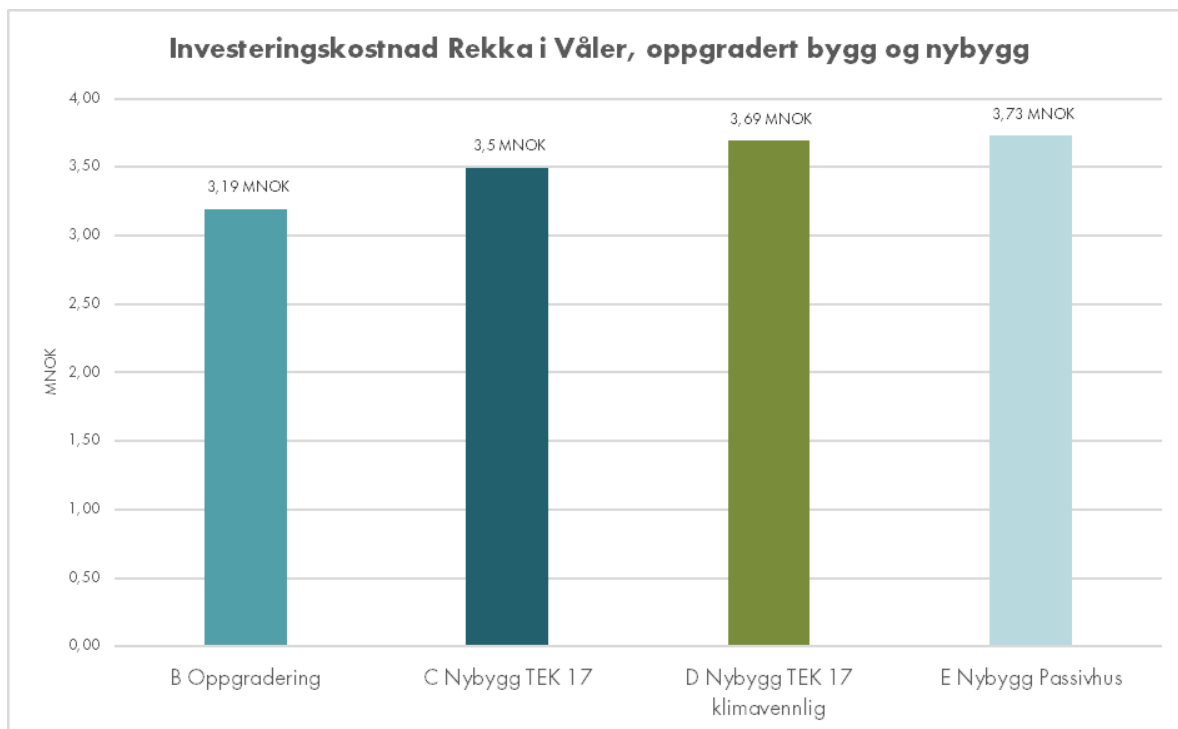


Kostnadsvurderinger

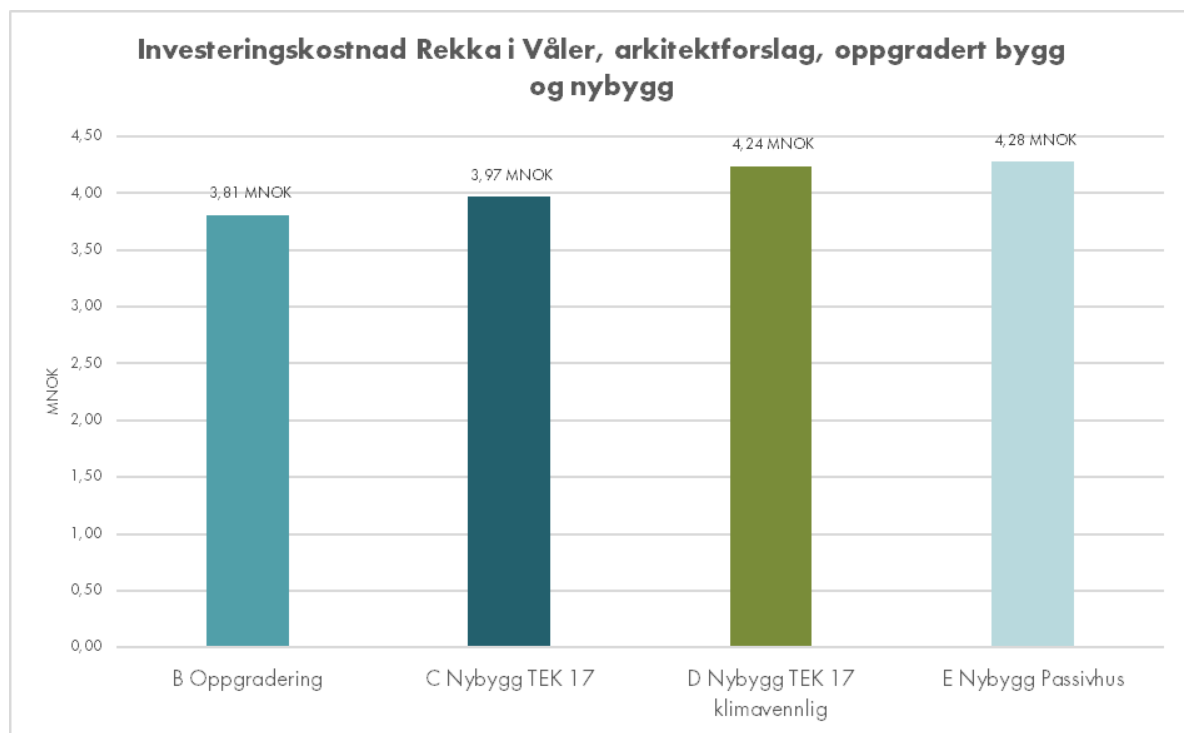
Skånsom:



Omfattende:



Arkitektforslag:



Toten Montessorriskole



Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Kolbulinna 987, 2847 Kolbu
Bruksareal (BRA)	320
Byggeår	1890/1907
Bygningstype	Skolebygning
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Skolebygning
Energikilder før/etter oppgradering	Panelovner /panelovner

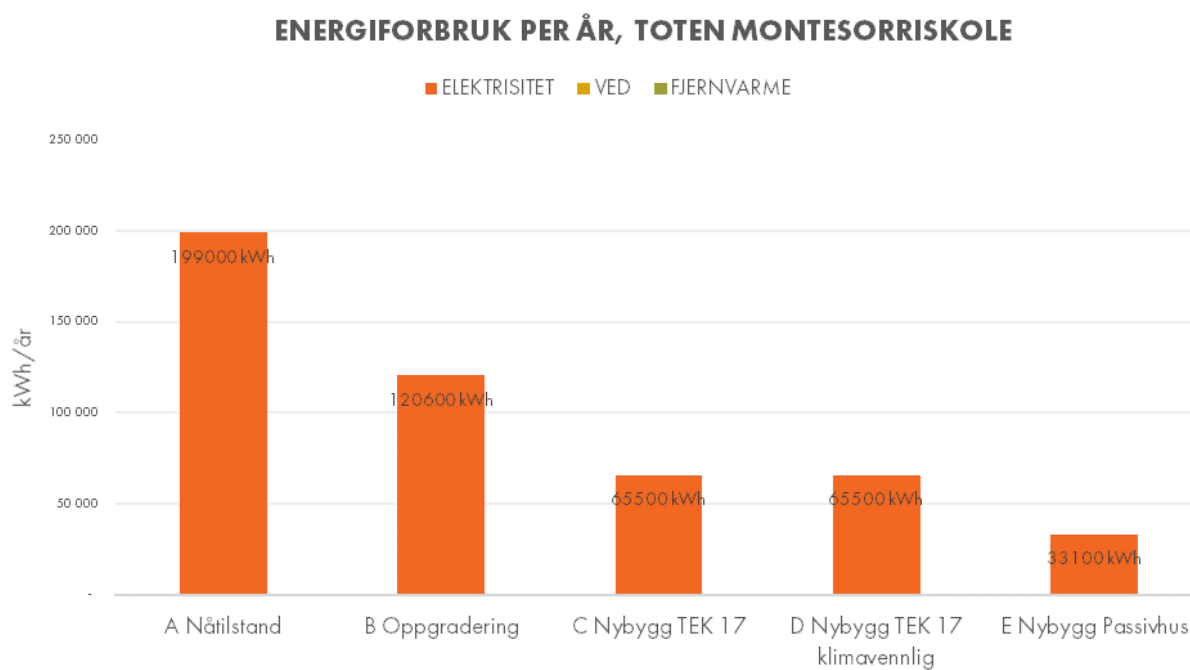
Vernestatus

Ikke SEFRAC registrert, definert som tidlig 1900 talls bygning (1907). Bygningen er ikke formelt vernet.

Vurderte tiltak

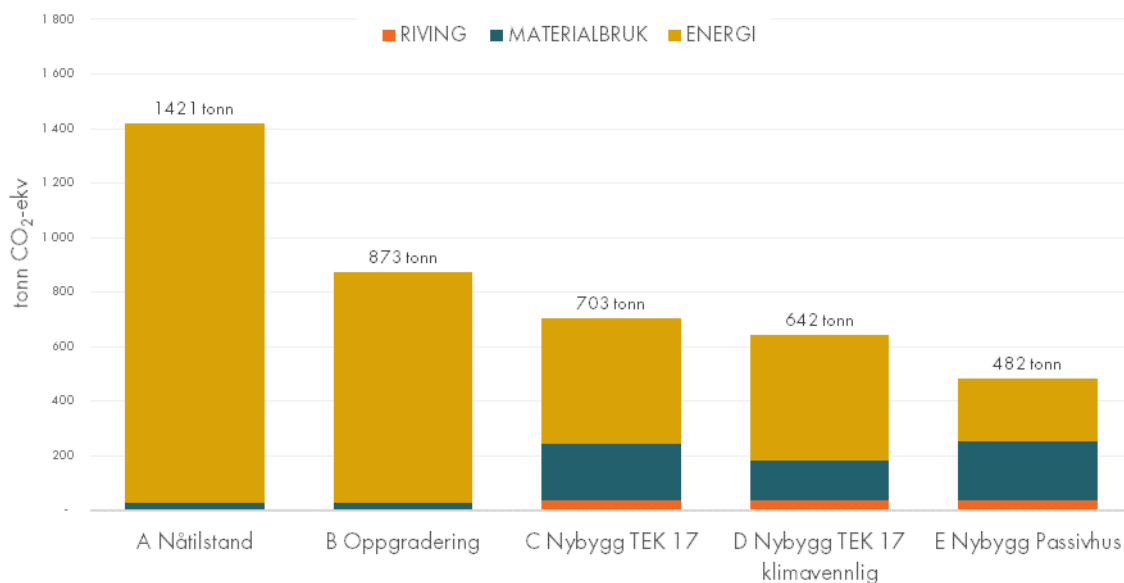
- Oppgradering av innvendige varerammer i vinduer med energiglass med varmereflekterende belegg med U-verdi = $1,5\text{W/m}^2\text{K}$.
- Innblåsing av isolasjon over laget av flis i etasjeskiller mot kjeller og kaldt loft.
- Innblåsing av isolasjon over laget av flis i etasjeskiller mot kjeller. Fjerning av flis i etasjeskiller mot kaldt loft, og mellomrom mellom bjelker fylles med isolasjon. Gulv monteres igjen.
- Nøye montering av vindsperreduk, og tetting rundt vinduer ved bytte av utvendig kledning. Antatt reduksjon av lekkasjetall fra 8 til 5 utskiftinger per time ved trykkforskjell på 50Pa over klimaskjermen.

Beregnet energibruk



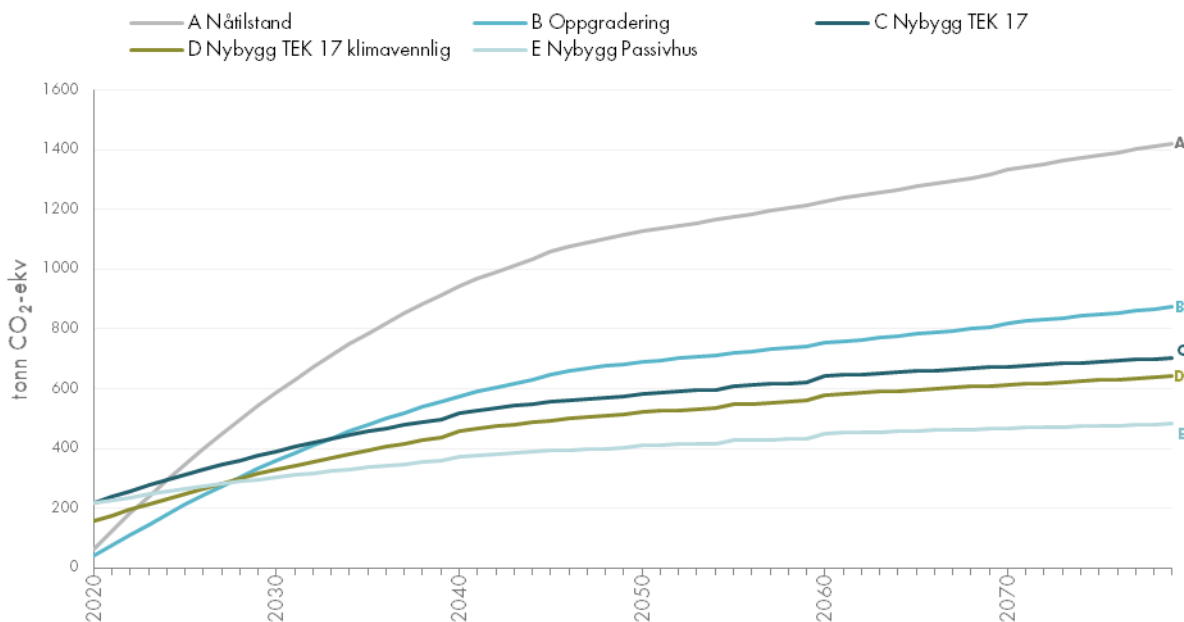
Beregnet klimagassutslipp

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, TOTEN MONTESORRISKOLE

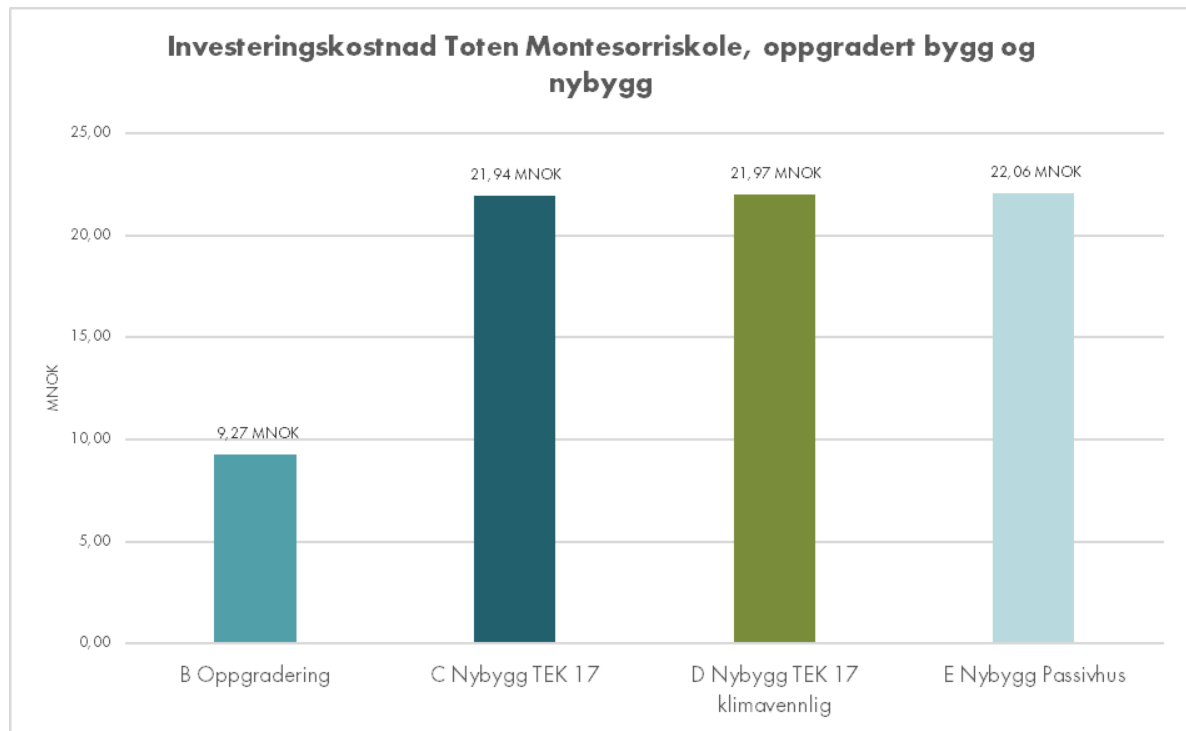


Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er 17-23 år.

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, TOTEN MONTESORRISKOLE



Kostnadsvurderinger



Melkefabrikken på Kapp



Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Fabrikkvegen 48, 2849 Kapp
Bruksareal (BRA)	615
Byggeår	1912
Bygningstype	Kontorbygning
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Mur
Bruksformål	Kontor
Energikilder	Panelovner / panelovner

Vernestatus

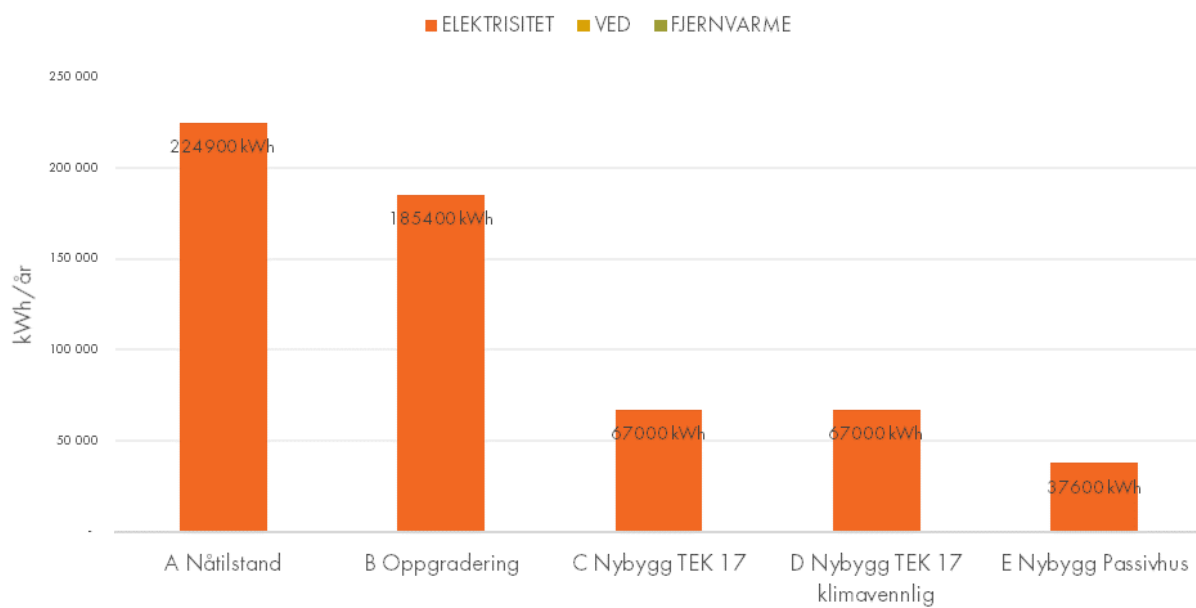
Vernet gjennom pbl – kommuneplan: Retningslinje Kapp melkefabrikk: Ved arbeid og tiltak som nevnt i PBL § 20-1 skal det i særlig grad tas hensyn til det eksisterende bygningsmiljøet. Verneverdige enkeltbygninger, fabrikkinstallasjoner, bygningsmiljøer og andre kulturminner skal i størst mulig grad tas vare på og istandsettes for å bevare kulturmiljøets egenverdi som et teknisk industrielt kulturminne.

Vurderte tiltak

- Oppgradering av innvendige varerammer i vinduer med energiglass med varmereflekterende belegg med U-verdi = $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fjerning av flis i etasjeskiller mot kaldt loft, og mellomrom mellom bjelker fylles med 200mm blåseisolasjon av cellulosefiber
- Oppgradering til balansert ventilasjonsanlegg med roterende gjenvinner, 70% temperaturvirkningsgrad

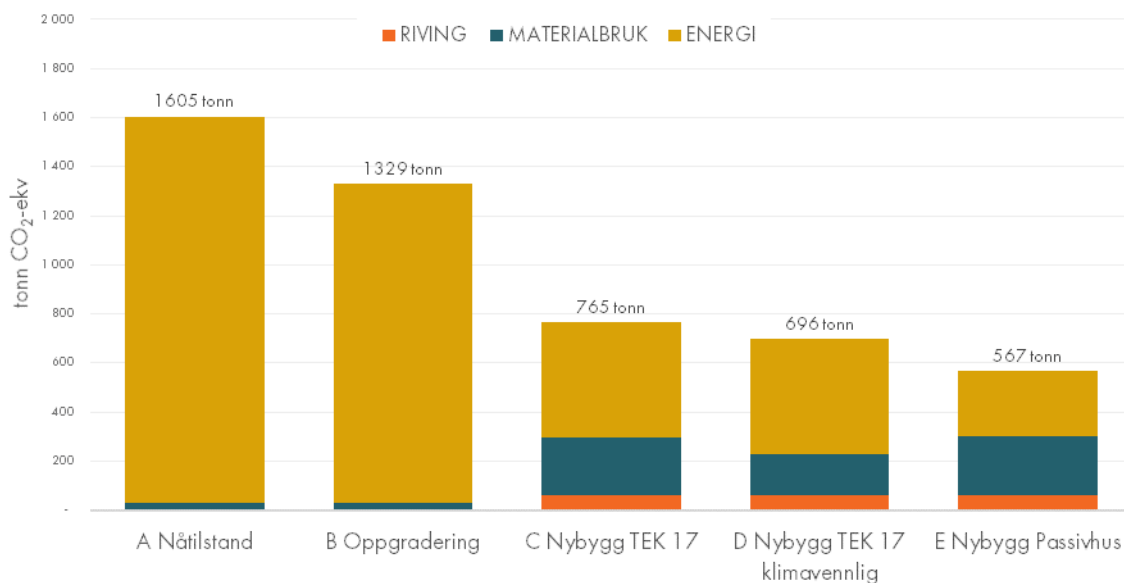
Beregnet energibruk

ENERGIFORBRUK PER ÅR, MELKEFABRIKKEN PÅ KAPP



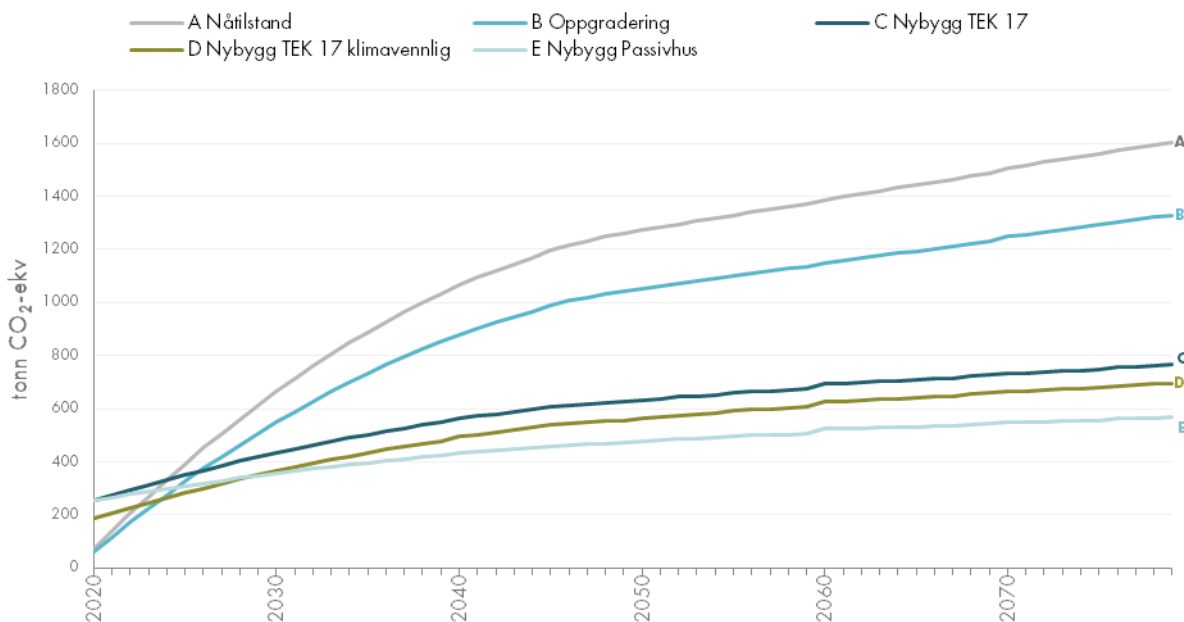
Beregnet klimagassutslipp

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, MELKEFABRIKKEN PÅ KAPP

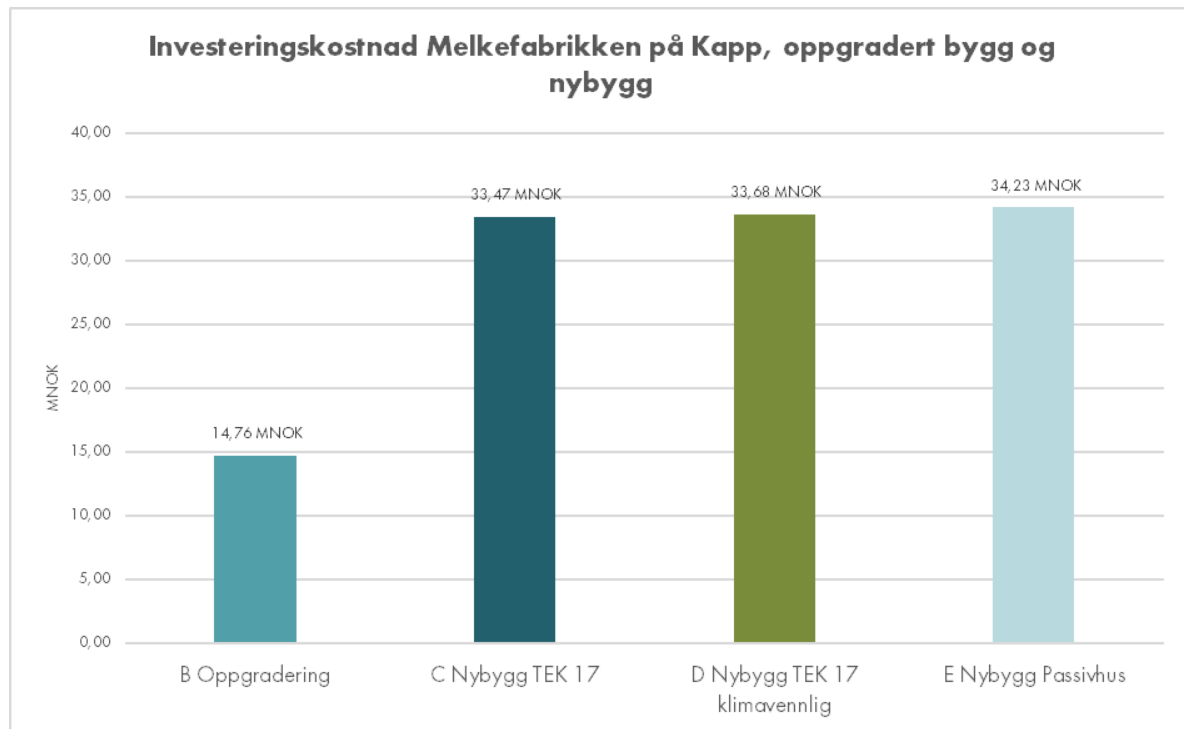


Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er 4-6 år.

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, MELKEFABRIKKEN PÅ KAPP



Kostnadsvurderinger



Lena videregående skole



Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Kolbuvegen 31, 2850 Lena
Bruksareal (BRA)	Gamle snekkerverksted: 275, Gamlesmia: 235, Raudlåven: 170
Byggeår	1921-1927
Bygningstype	Låve, lager, undervisning og bolig
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	VGS
Energikilder før/etter oppgradering	Fjernvarme / fjernvarme

Vernestatus

Deler av skolen er vernet i en områderegulering for Valle. Snekkerverkstedet og Smia er begge markert som bygninger som skal bevares, og inngår i en hensynssone kulturmiljø (H570_5). Reguleringsbestemmelsene stiller følgende krav til nye tiltak: *Før gjennomføring av bygningsmessige tiltak på bygg skal forslag oversendes Oppland fylkeskommune for uttalelse. Ved restaurering og/ eller reparasjon av eksisterende bygninger og anlegg innenfor hensynssone bevaring, skal de opprinnelige materialer søkes bevart i sin sammenheng. Det opprinnelige eller karakteristiske uttrykk med hensyn til utforming, materialbruk, farger og utførelse skal videreføres.*

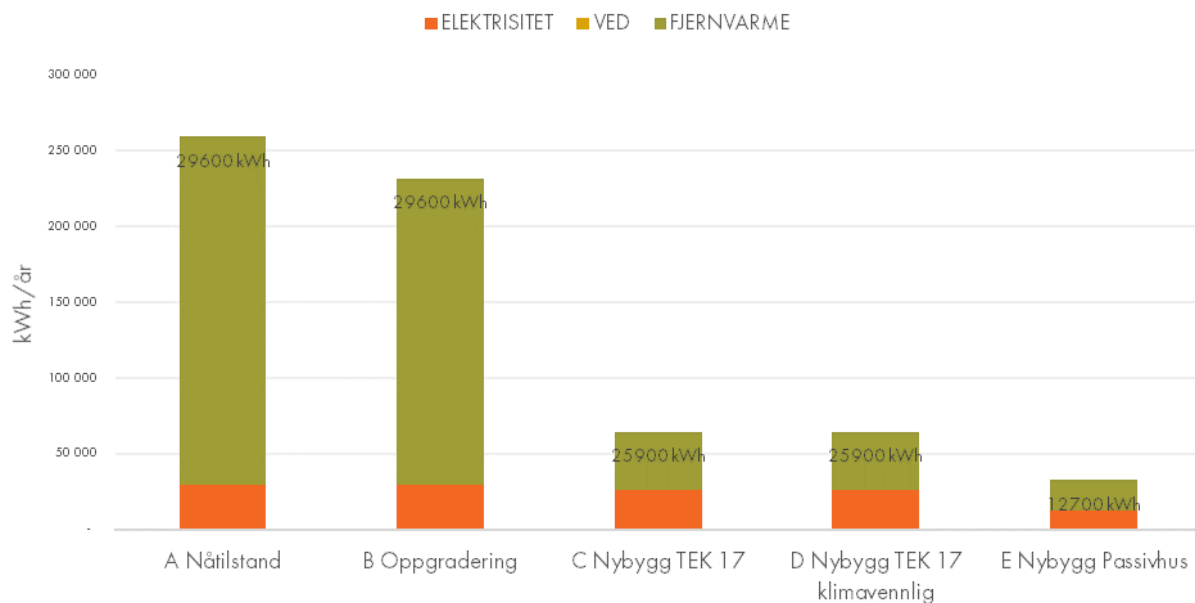
Vurderte tiltak

- Innblåsing av isolasjon over laget av flis i etasjeskiller mot krypkjeller og kaldt loft.
- fjerning av flis, og isolering med 200mm isolasjon i etasjeskiller mot kaldt loft. Blåseisolering av gulv mot krypkjeller.
- glass i originale varerammer erstattes med glass med varmereflekterende belegg med U-verdi = $1,5\text{W/m}^2\text{K}$.

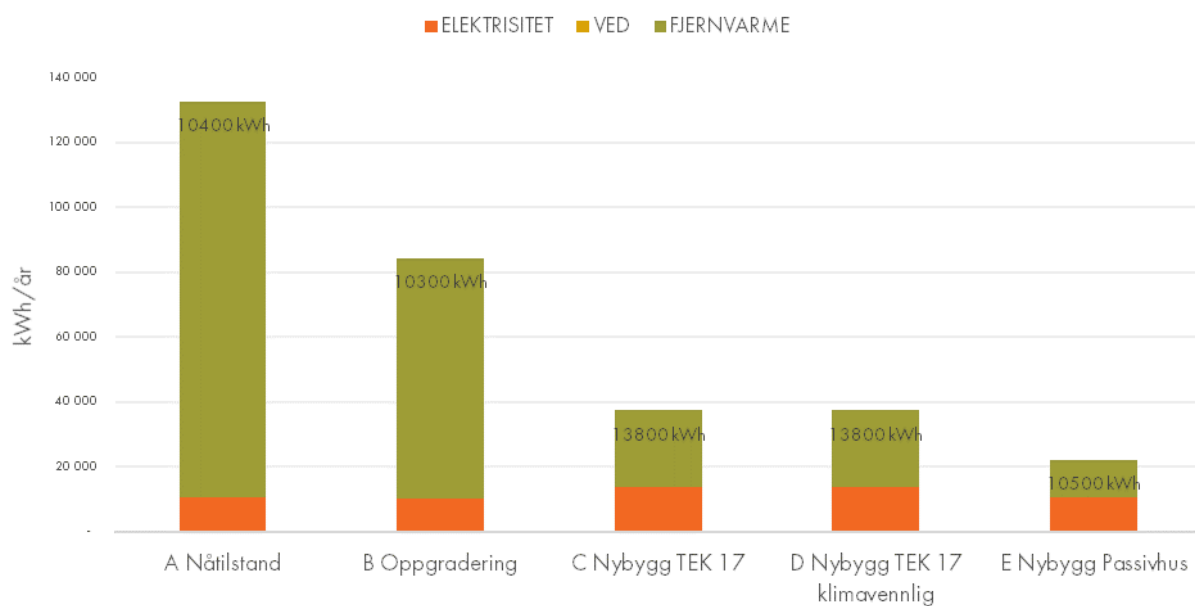
Beregnet energibruk

Energibruk vises kun for Gamle snekkerverkstedet og Gamlesmia, ettersom Raudlåven er et kaldt bygg.

ENERGIFORBRUK PER ÅR, GAMLE SNEKKERVERKSTEDET

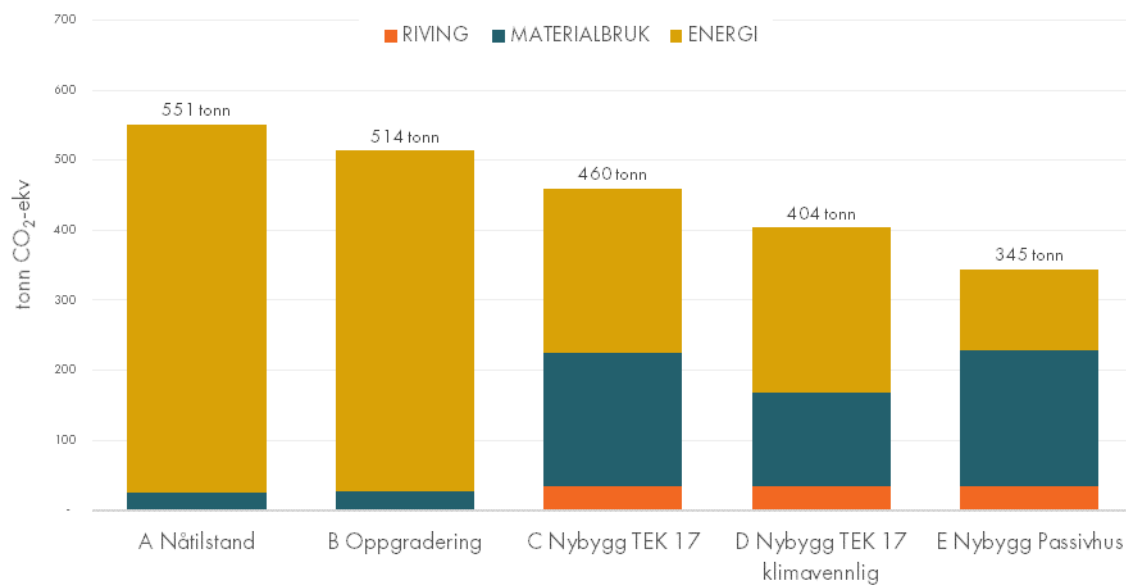


ENERGIFORBRUK PER ÅR, GAMLESMIA

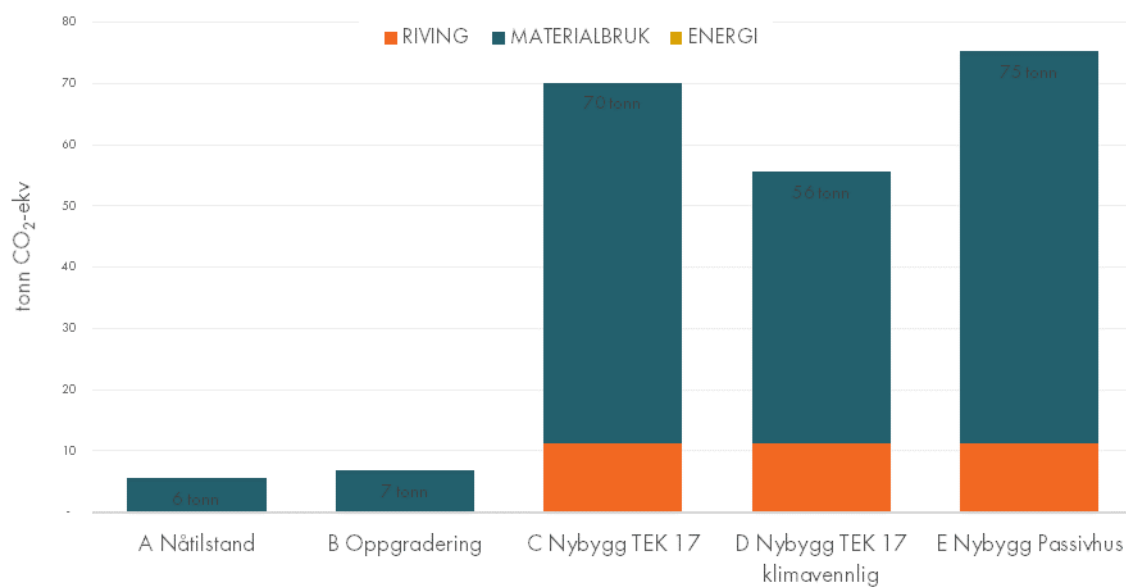


Beregnet klimagassutslipp

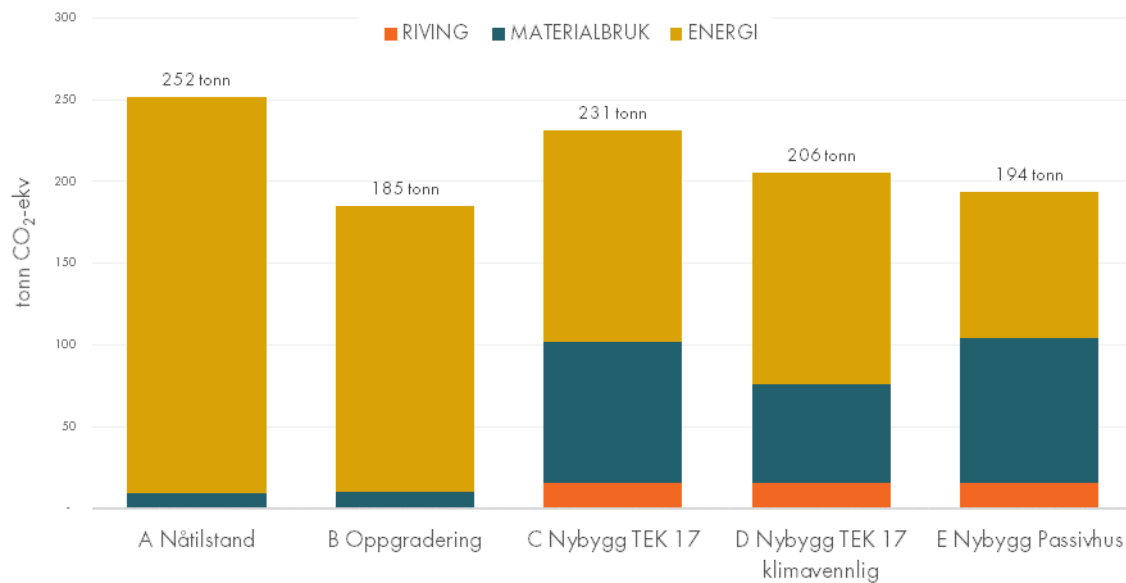
KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, GAMLE SNEKKERVERKSTEDET



KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, RAUDLÅVEN

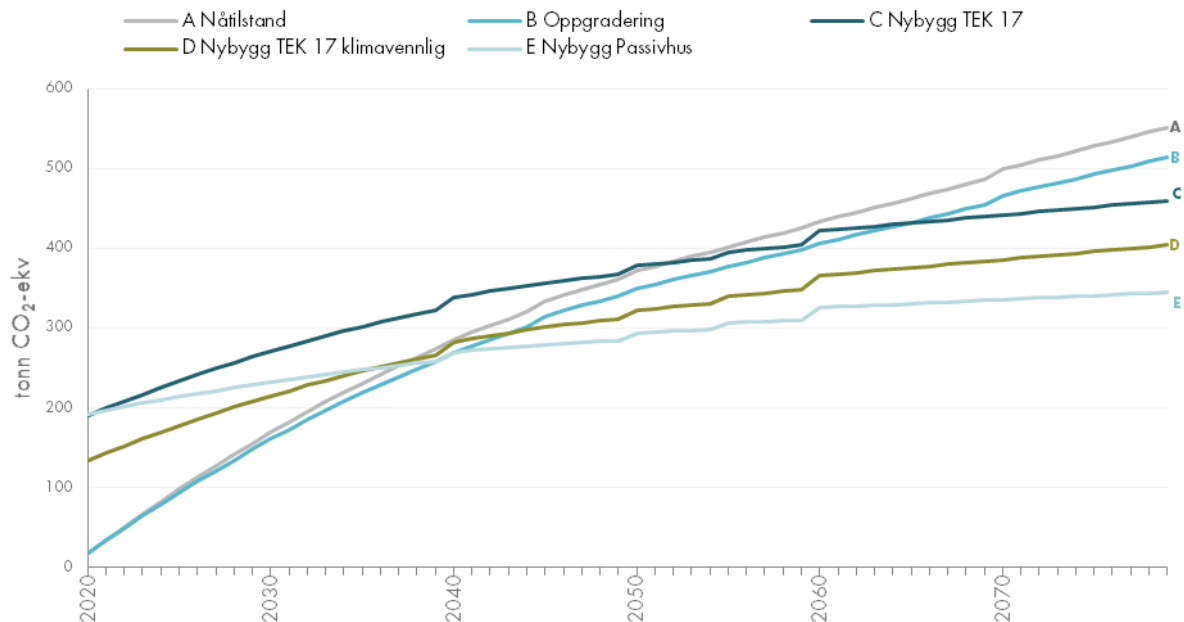


KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, GAMLESMIA



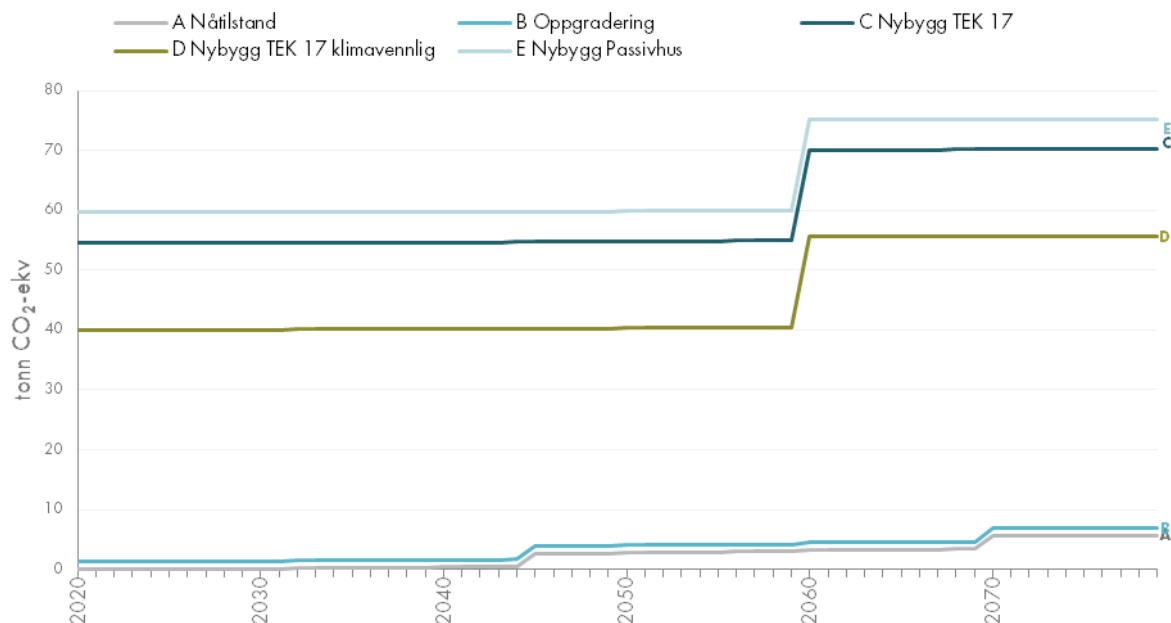
Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er 19-46 år for Snekkerverkstedet.

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, GAMLE SNEKKERVERKSTEDET



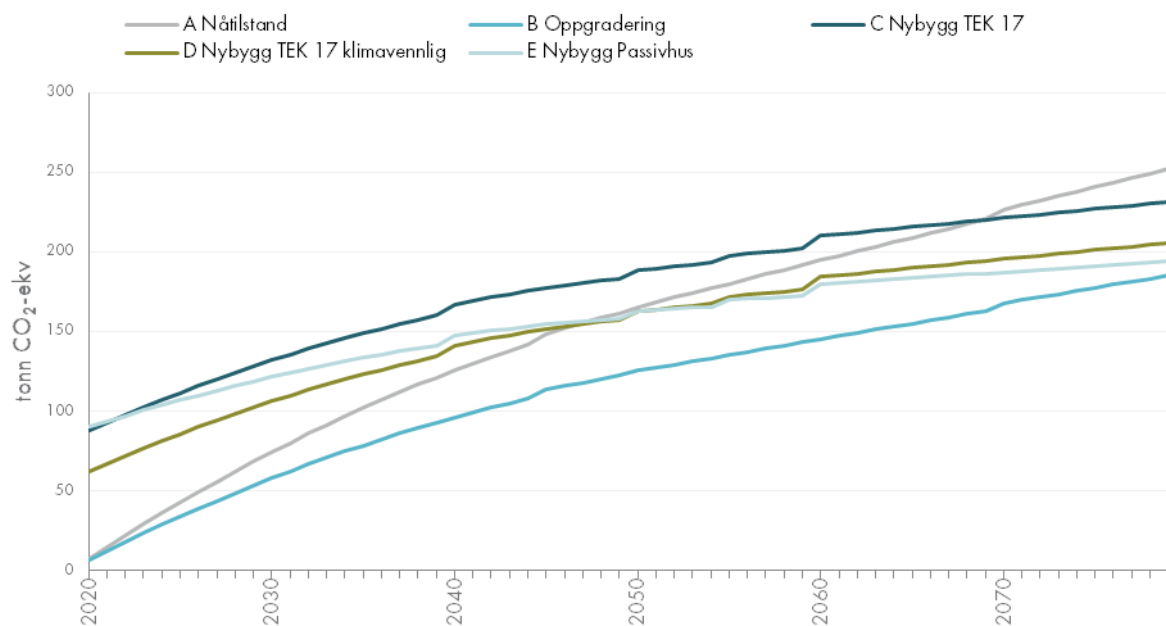
Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er ikke relevant for Raudloven.

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, RAUDLÅVEN

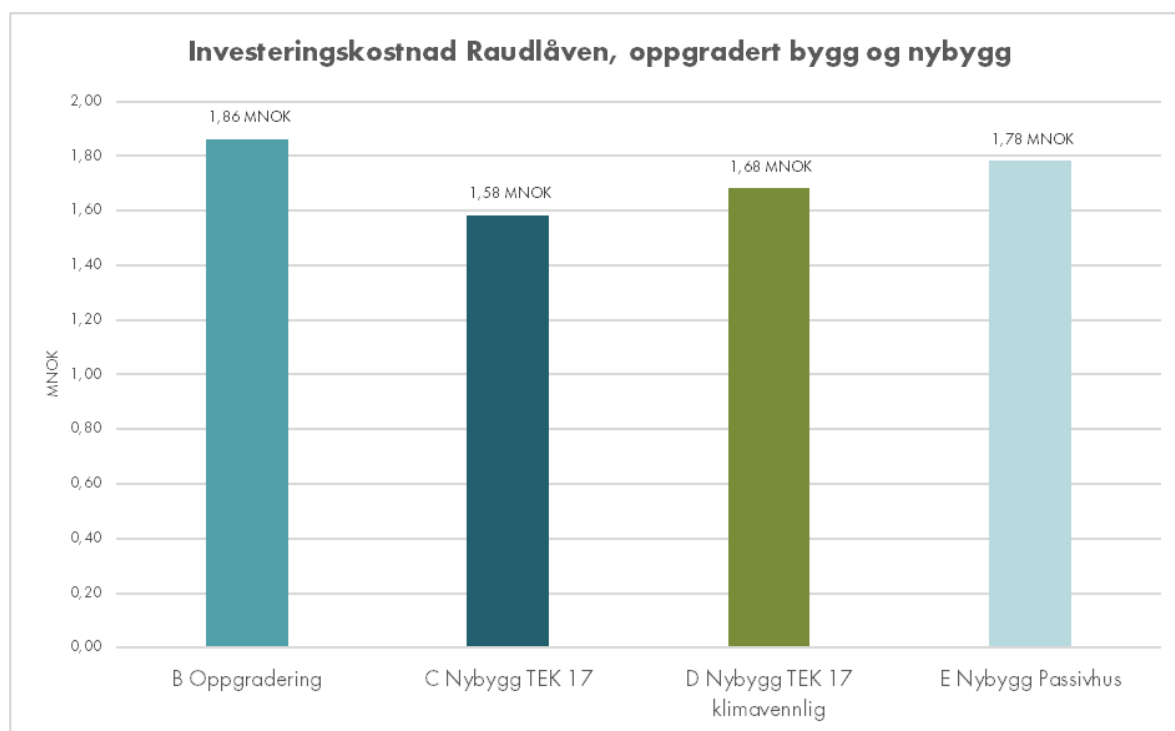
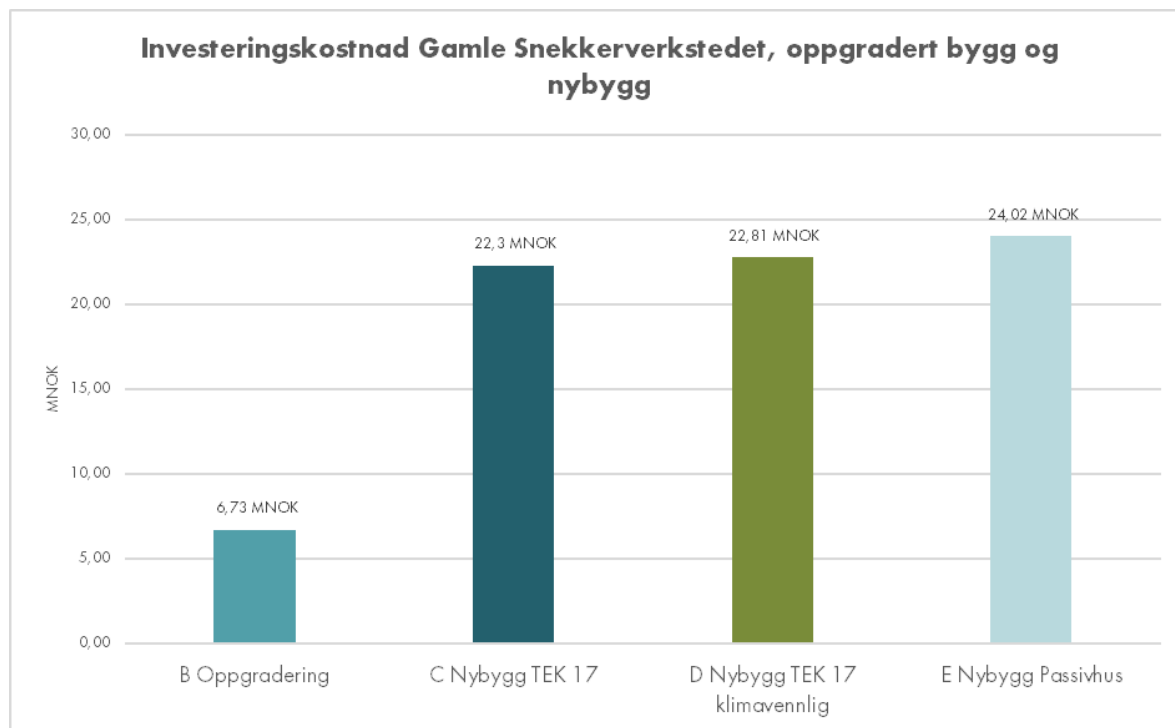


Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er ca. 60 år for Gamlesmia.

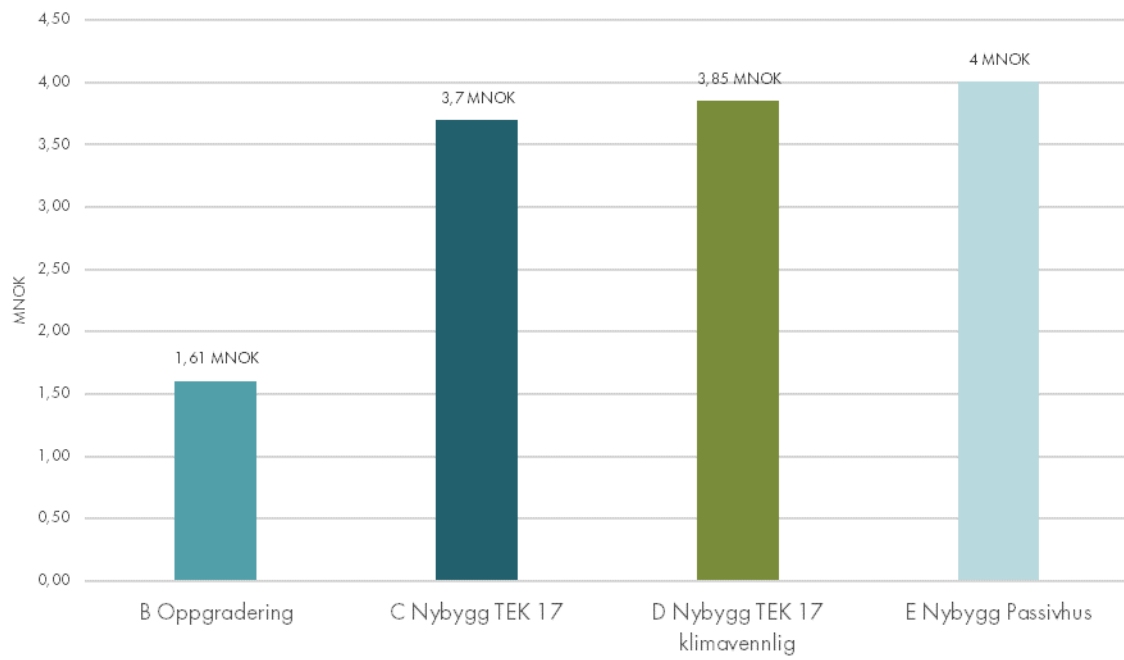
AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, GAMLESMIA



Kostnadsvurderinger



Investeringskostnad Gamlesmia, oppgradert bygg og nybygg



Uthus/sidebygning til Storgata 35, Lillehammer



Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Storgata 35, 2609 Lillehammer
Bruksareal (BRA)	80
Byggeår	Ca. 1890
Bygningstype	Lager
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Lager
Energikilder før/etter oppgradering	Kaldt bygg per i dag / panelovner

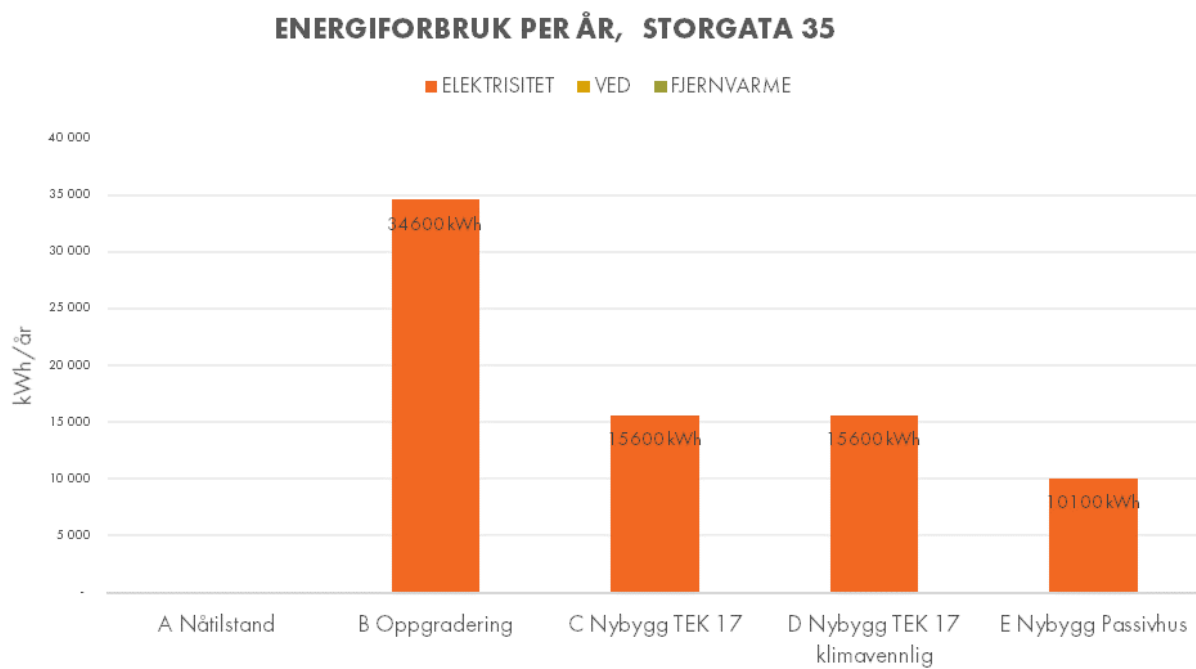
Vernestatus

Bygningen er registrert i Riksantikvarens SEFRAK-register som oppført før 1900. Vernet gjennom kommunedelplan for Lillehammer by (2020-2023), område #8 Lillehammer sentrum, Storgata med bakgårdsbebyggelse. Del av NB! Område (119). Se kap 3.2.4 Bygningsvern i dokument om Bestemmelser og retningslinjer.

Vurderte tiltak

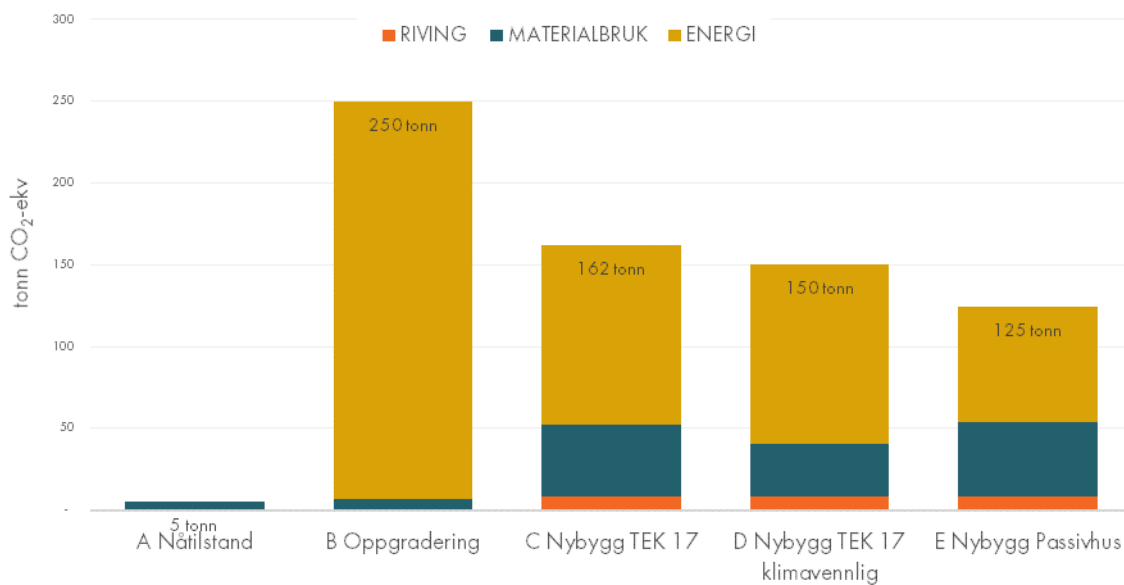
- 20 cm isolasjon i skråtak
- 15cm isolasjon i yttervegg

Beregnet energibruk



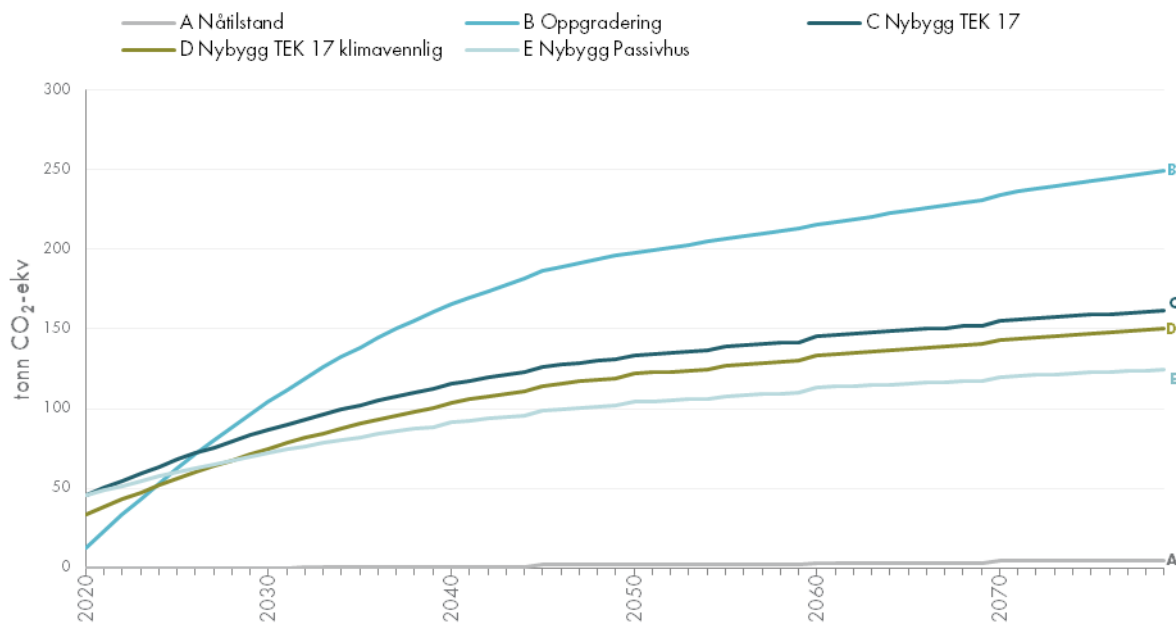
Beregnet klimagassutslipp

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, STORGATA 35

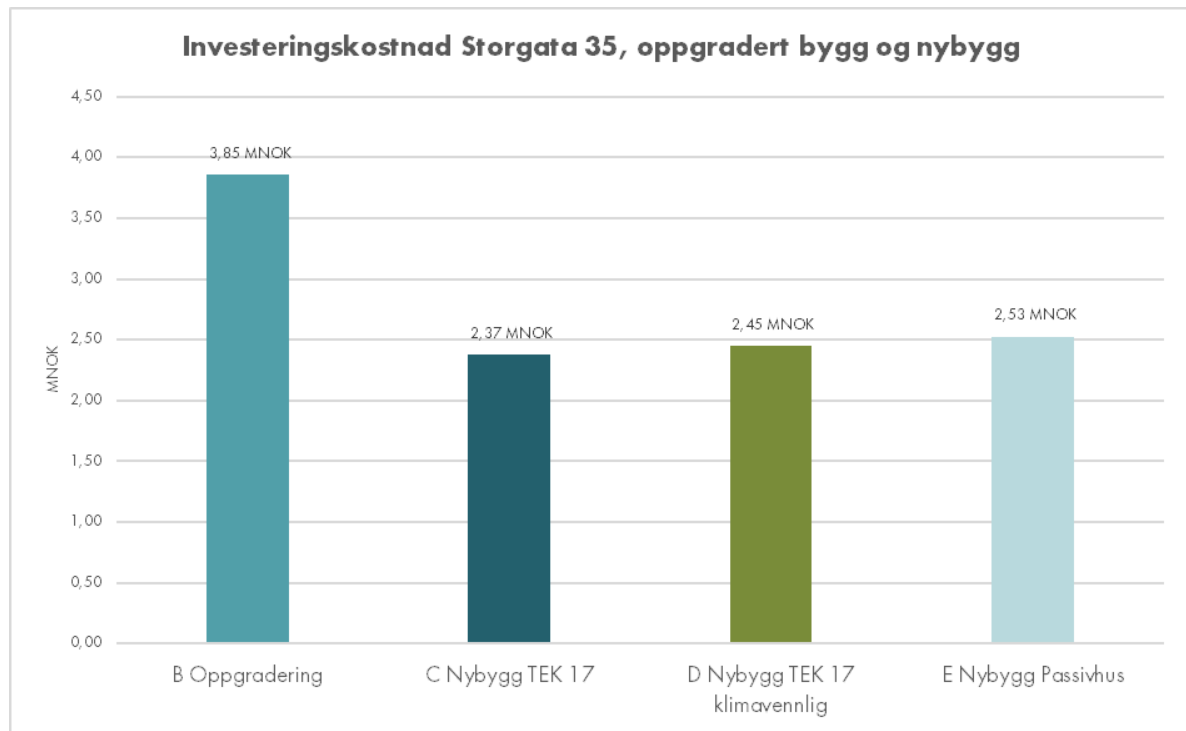


Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er 4-6 år.

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, STORGATA 35



Kostnadsvurderinger



VEDLEGG 2 NØKKELINFORMASJON OG DETALJERTE RESULTATER PER BYGG FOR OBJEKTER MED PLANLAGTE/GJENNOMFØRTE TILTAK

Melkefabrikken på Hamar



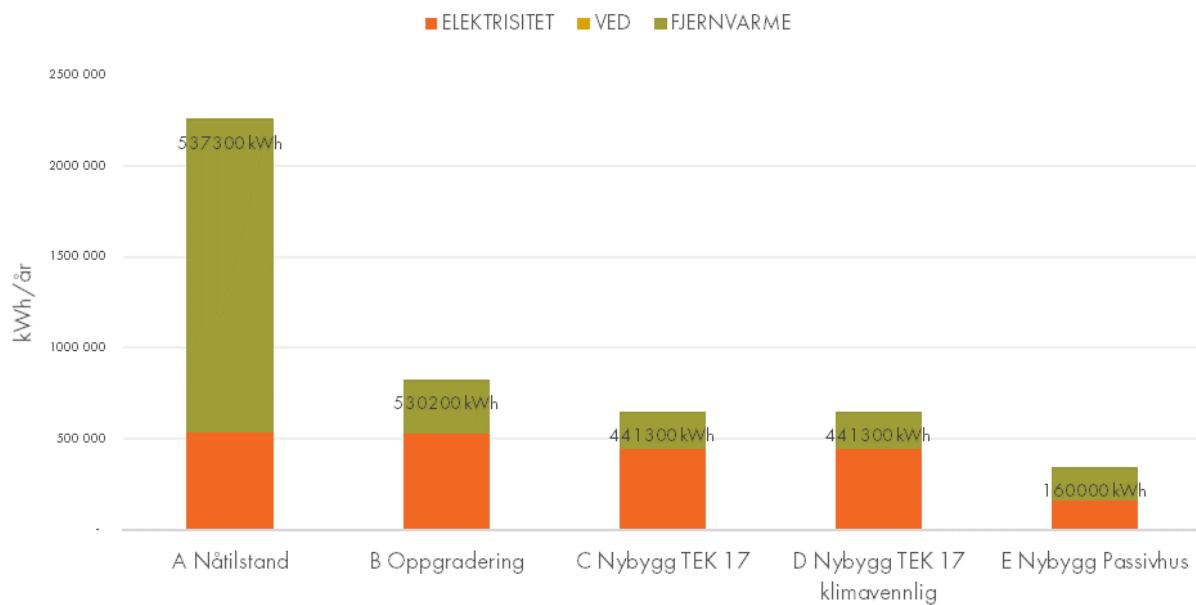
Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Storhamargata 44
Bruksareal (BRA)	6370 m ²
Byggeår	1875
Bygningstype	Kontor
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Mur
Bruksformål	Kontor
Energikilder før/etter oppgradering	Fjernvarme / Fjernvarme

For Melkefabrikken på Hamar er tiltakene gjennomført. Det som benevnes som nåtilstand var situasjonen før oppgraderingen/transformasjonen.

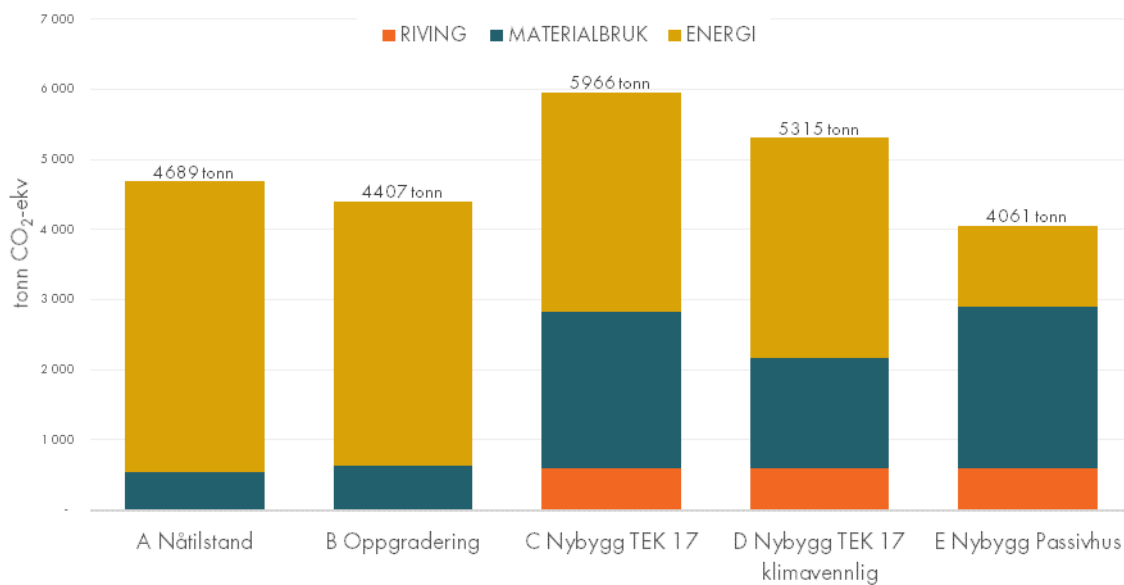
Energiberegninger

ENERGIFORBRUK PER ÅR, MELKEFABRIKKEN PÅ HAMAR



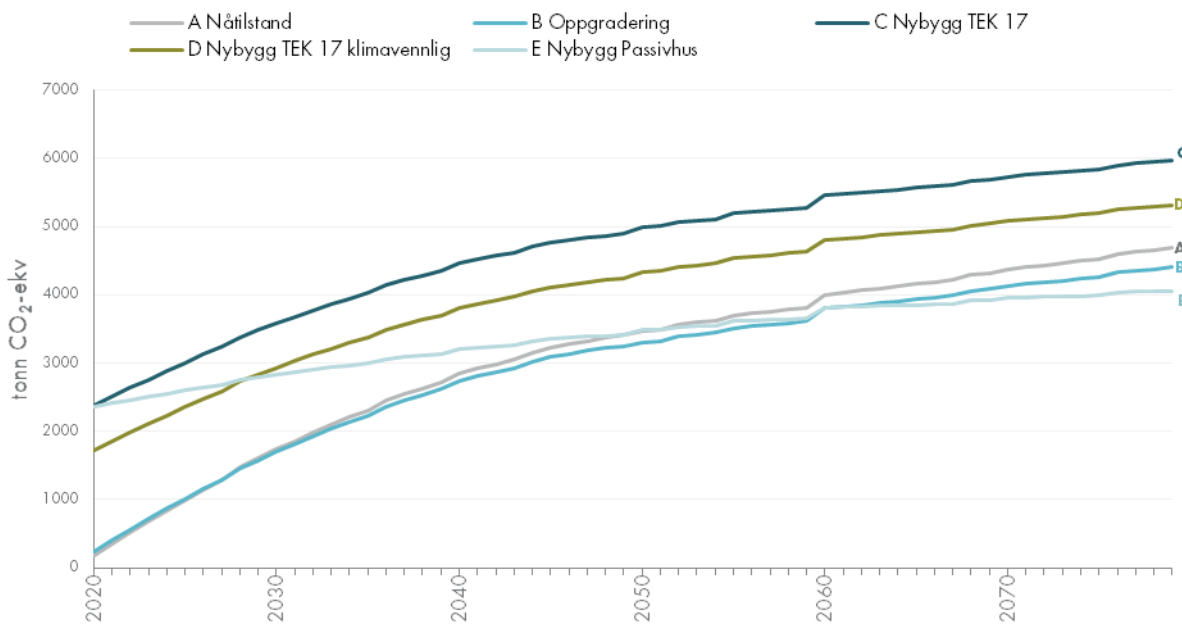
Klimagassutslipp

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, MELKEFABRIKKEN PÅ HAMAR

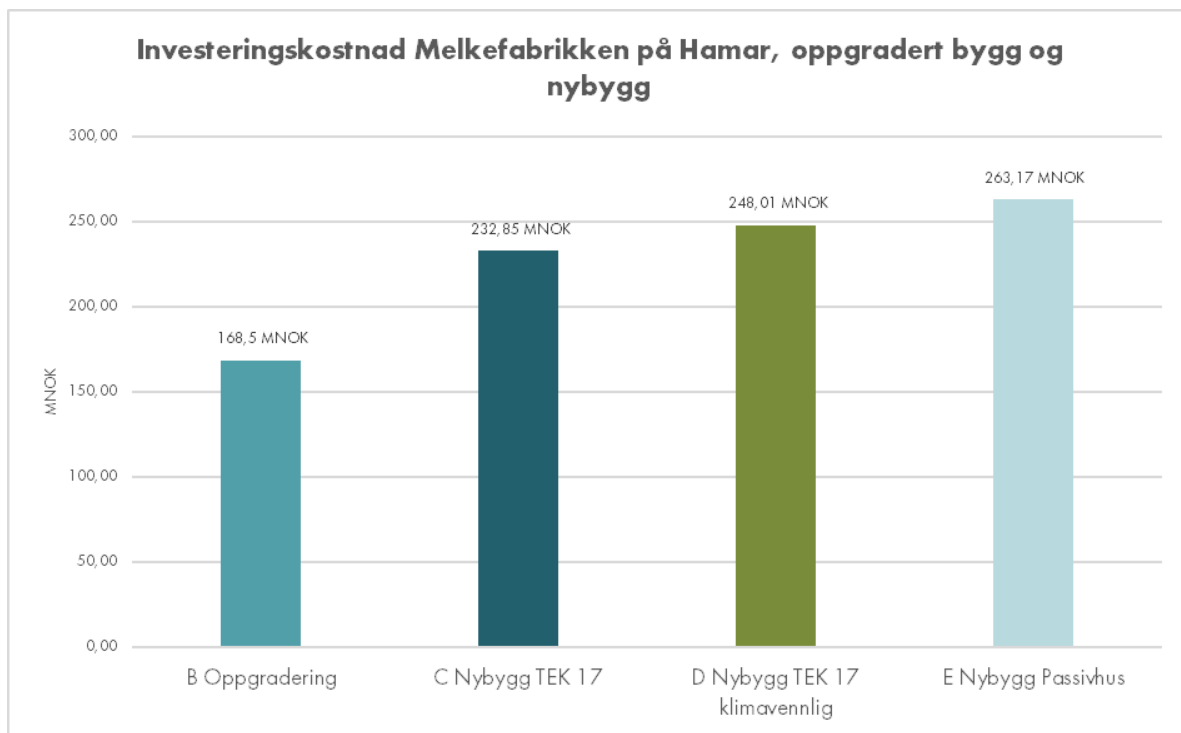


Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er 39-44 år (gjelder kun scenario E).

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, MELKEFABRIKKEN PÅ HAMAR



Kostnadsvurderinger



Breie

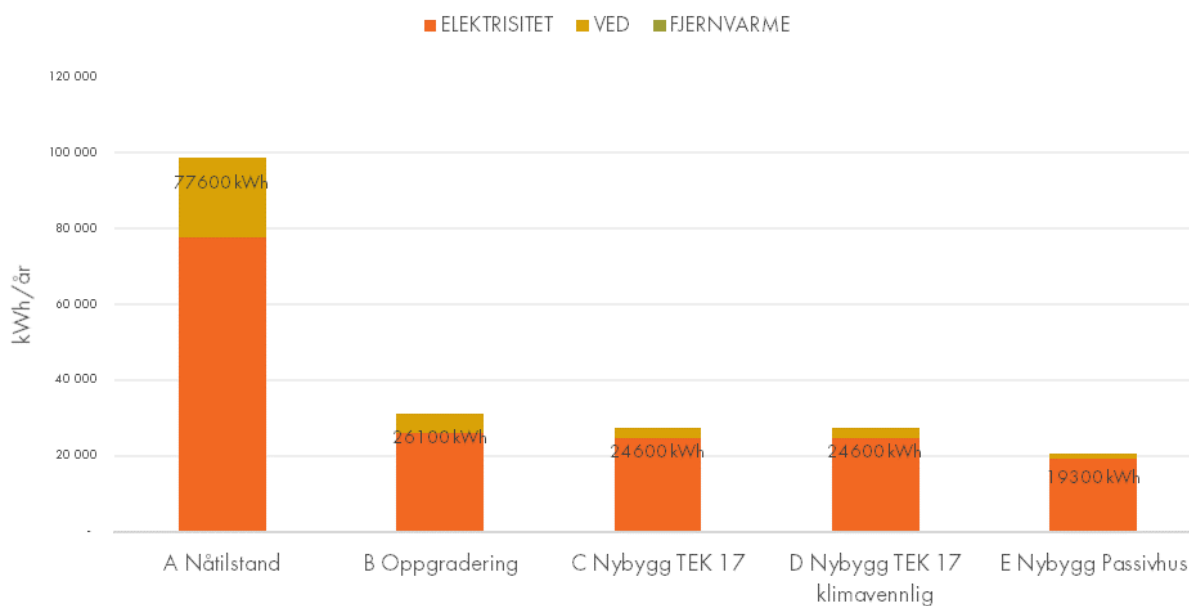


Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Breiesvegen 150, 2890 Etnedal, gnr/bnr 136/1
Bruksareal (BRA)	328
Byggeår	1923-25
Bygningstype	Bolig
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Bolig
Energikilder før/etter oppgradering	Direkte elektrisk, LLVP og vedovner / bergvarmepumpe, vedovner

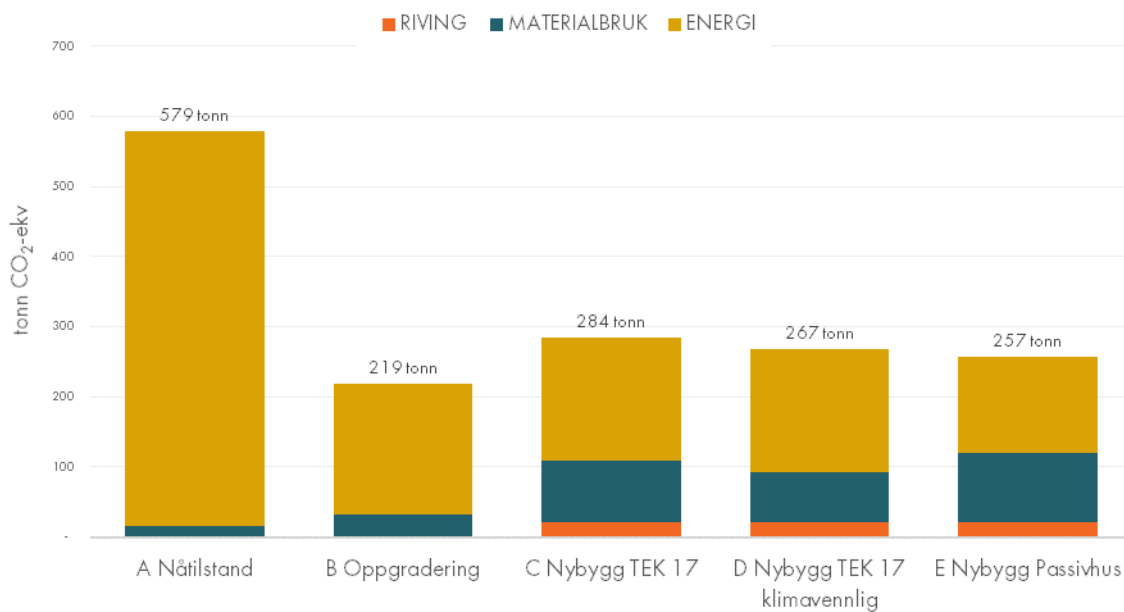
Energiberegninger

ENERGIFORBRUK PER ÅR, BREIE



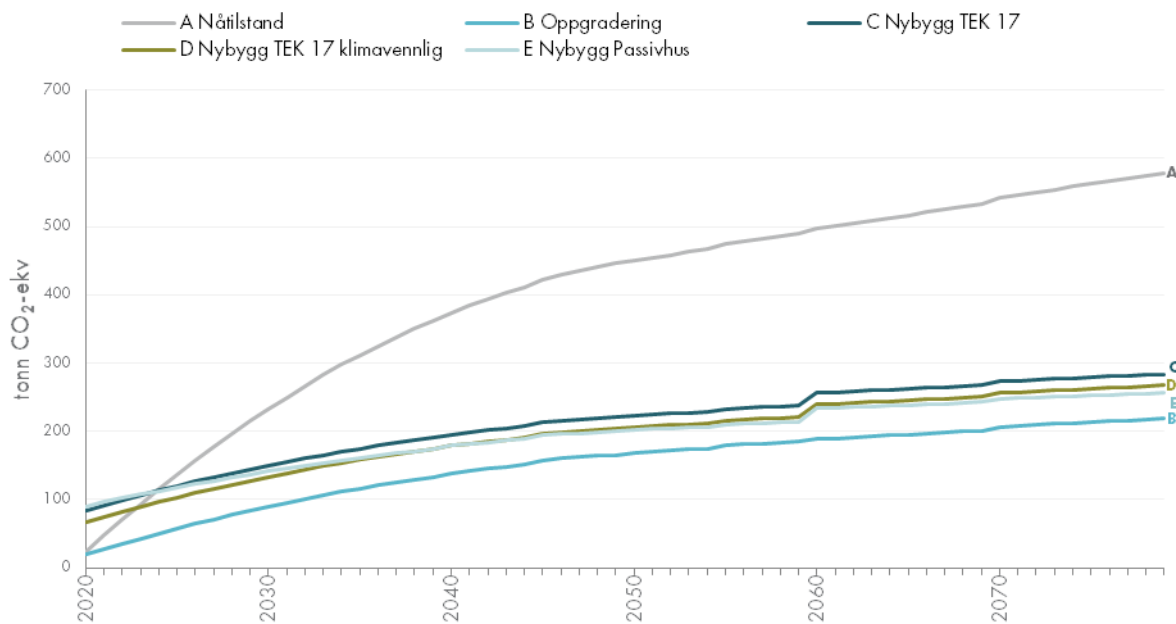
Klimagassutslipp

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, BREIE

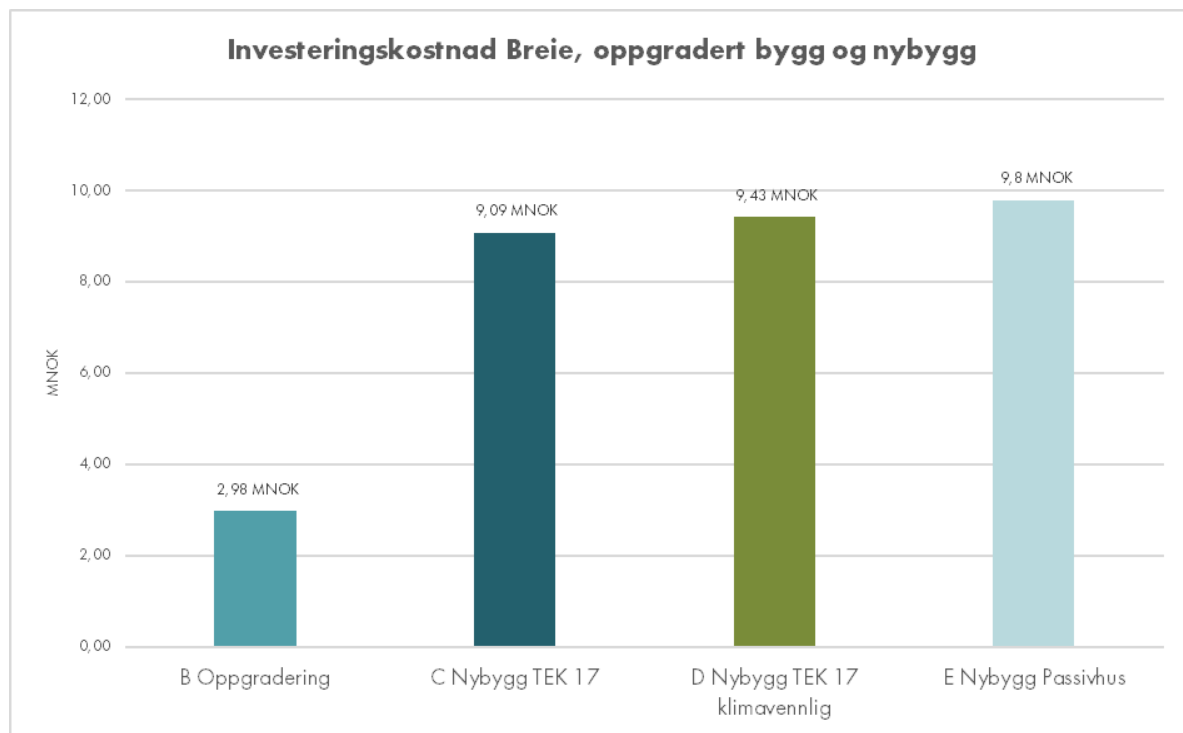


Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er over 60 år.

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, BREIE



Kostnadsvurderinger



Jorderik

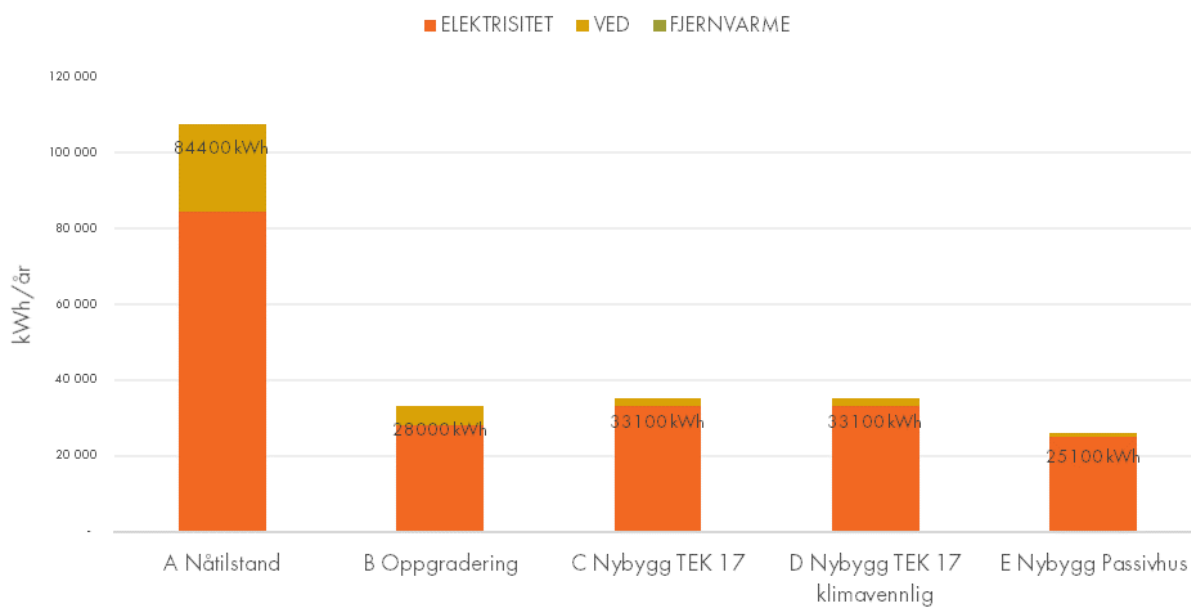


Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Erik Bues veg 17, 2615 Lillehammer
Bruksareal (BRA)	300
Byggeår	Mellom 1725-50
Bygningstype	Bolig
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre (laft)
Bruksformål	Bolig
Energikilder før/etter oppgradering	Direkte el, ved / bergvarmepumpe, ved

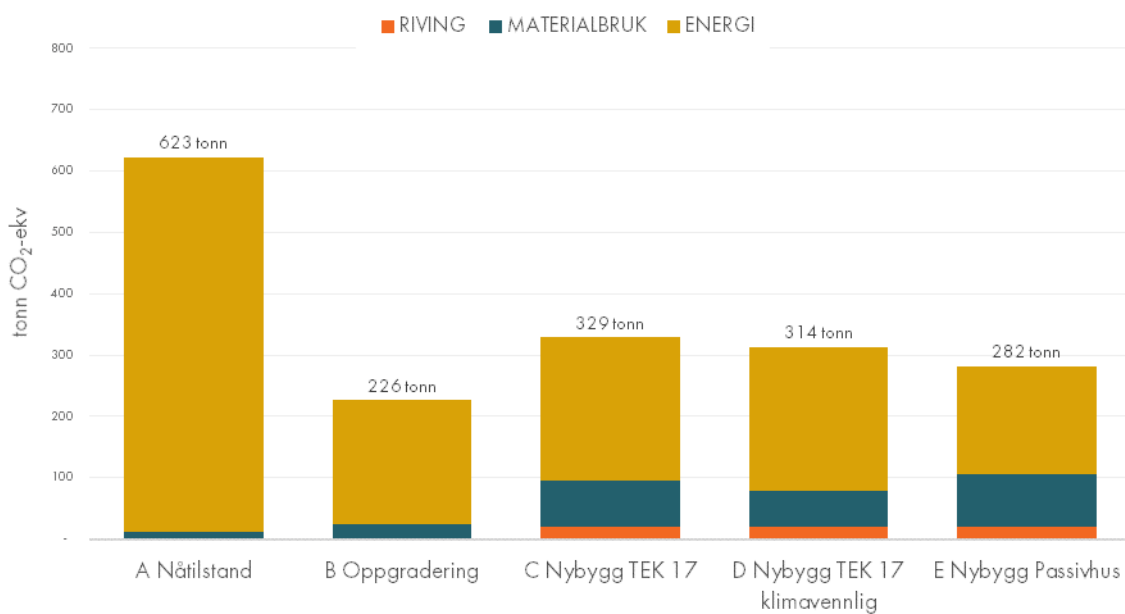
Energiberegninger

ENERGIFORBRUK PER ÅR, JORDERIK



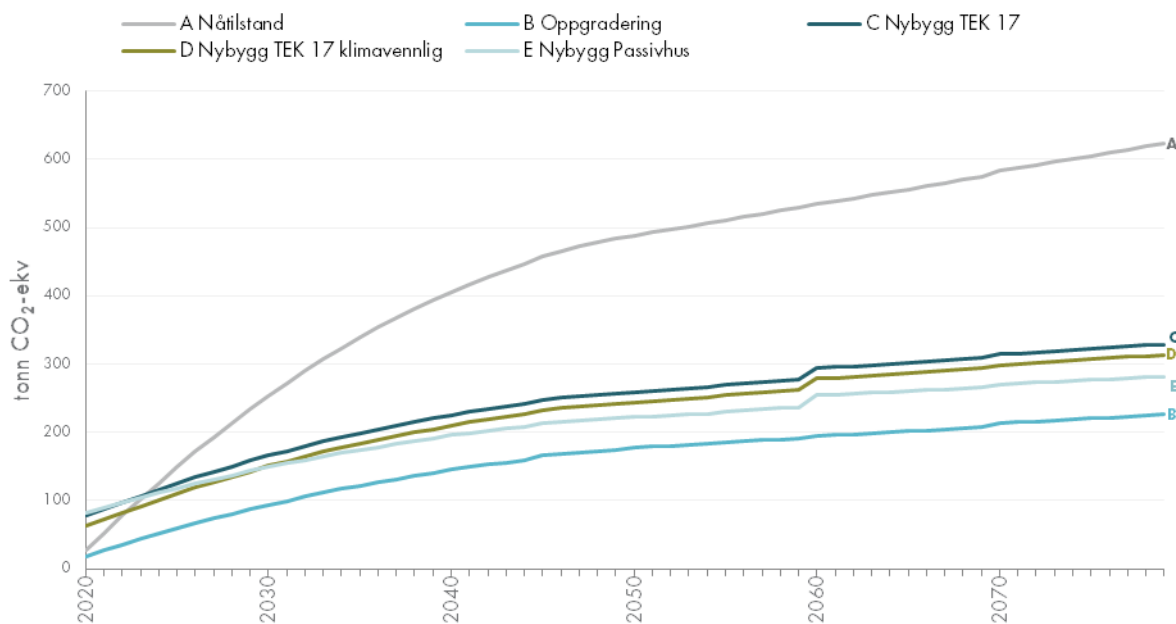
Klimagassutslipp

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, JORDERIK

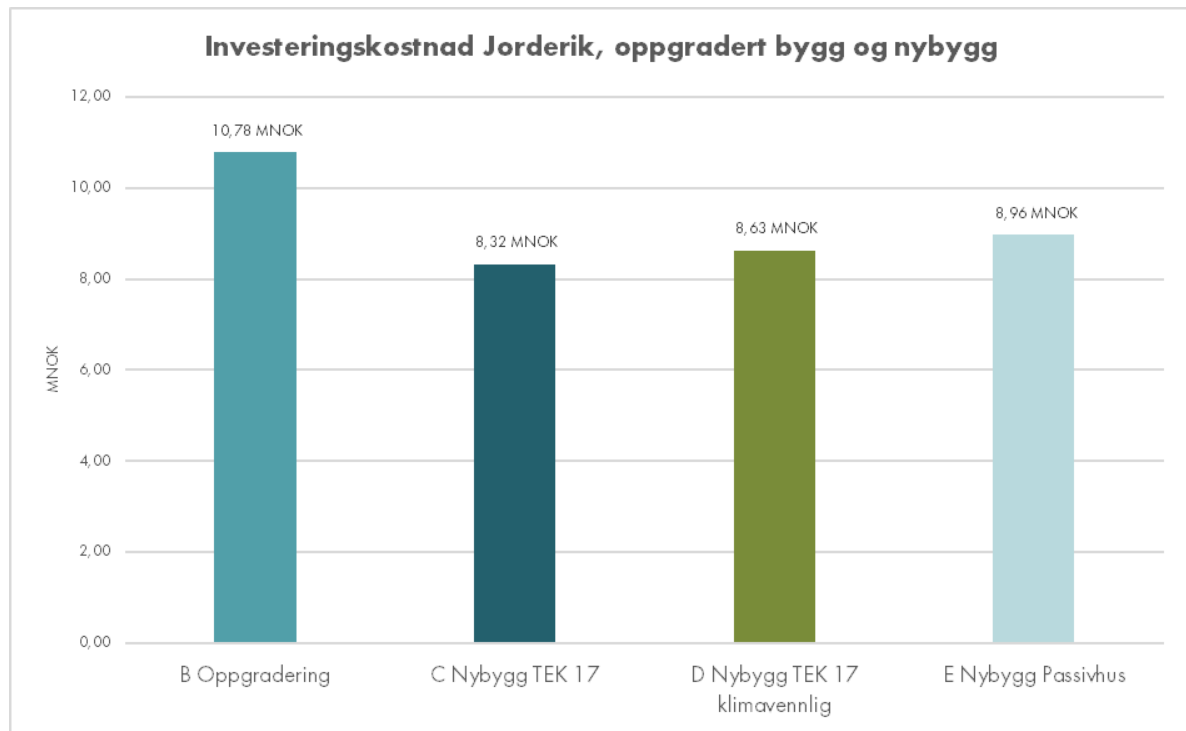


Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er over 60 år.

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, JORDERIK



Kostnadsvurderinger



Hytte/gjenbruksprosjekt med materialer fra rivingshus i Gran

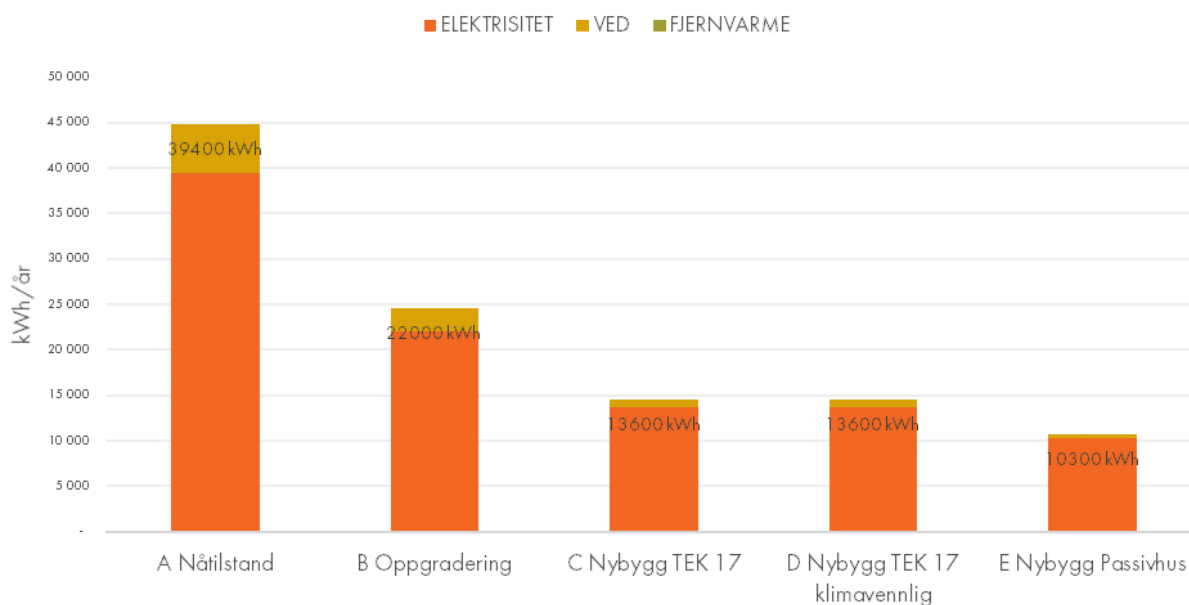


Nøkkelinformasjon

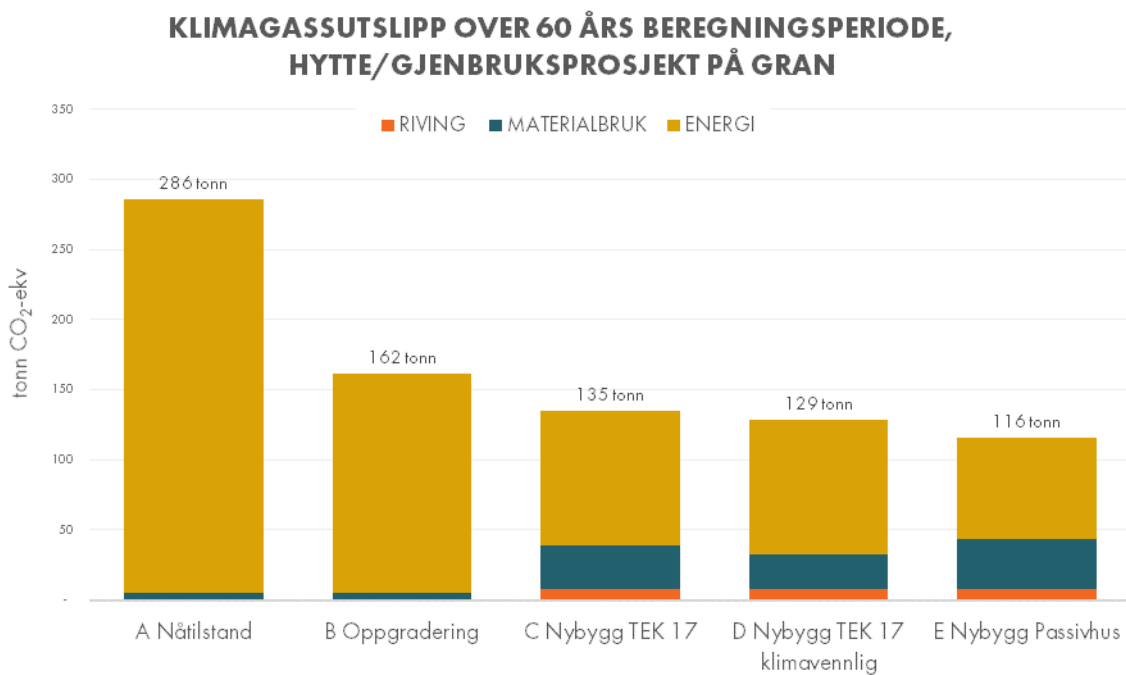
Beliggenhet/adresse	Årlifossvegen 379 – 381, 3680 Notodden
Bruksareal (BRA)	123
Byggeår	Ikke kjent
Bygningstype	Bolig
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Bolig
Energikilder	Direkte el, ved / direkte el, ved

Energiberegninger

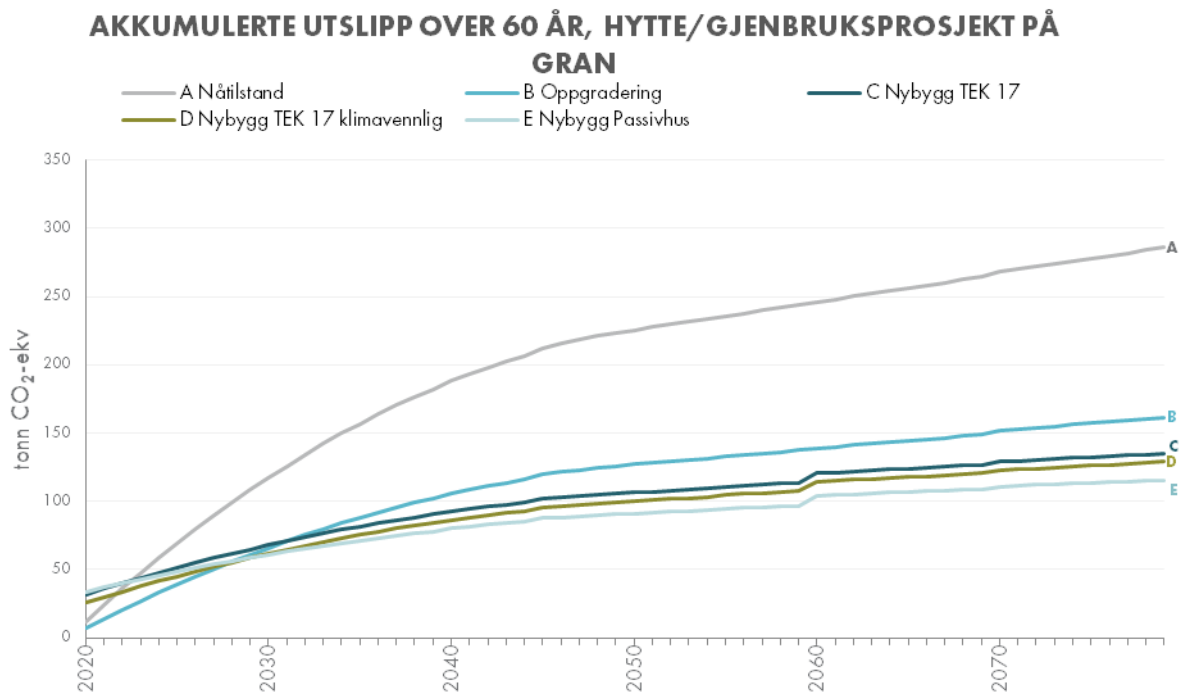
ENERGIFORBRUK PER ÅR, HYTTE/GJENBRUKSPROSJEKT PÅ GRAN



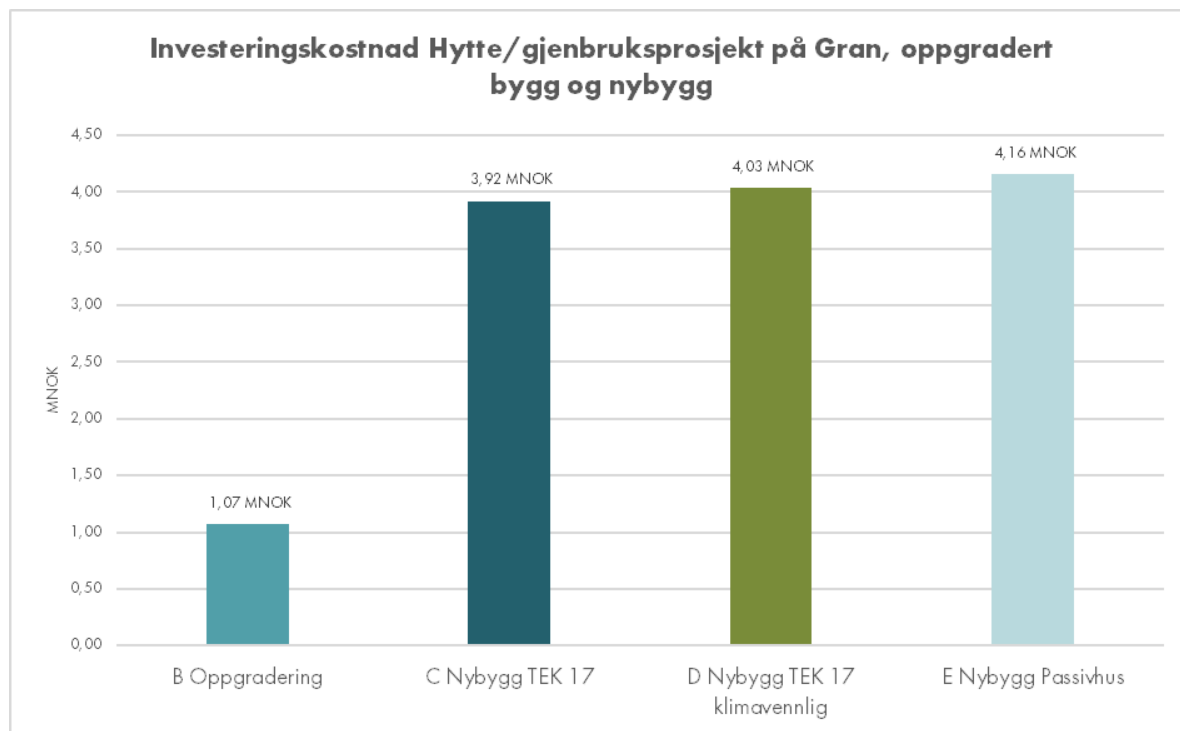
Klimagassutslipp



Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er over 60 år.



Kostnadsvurderinger



Grøna i Østre Toten - Hovedbygg

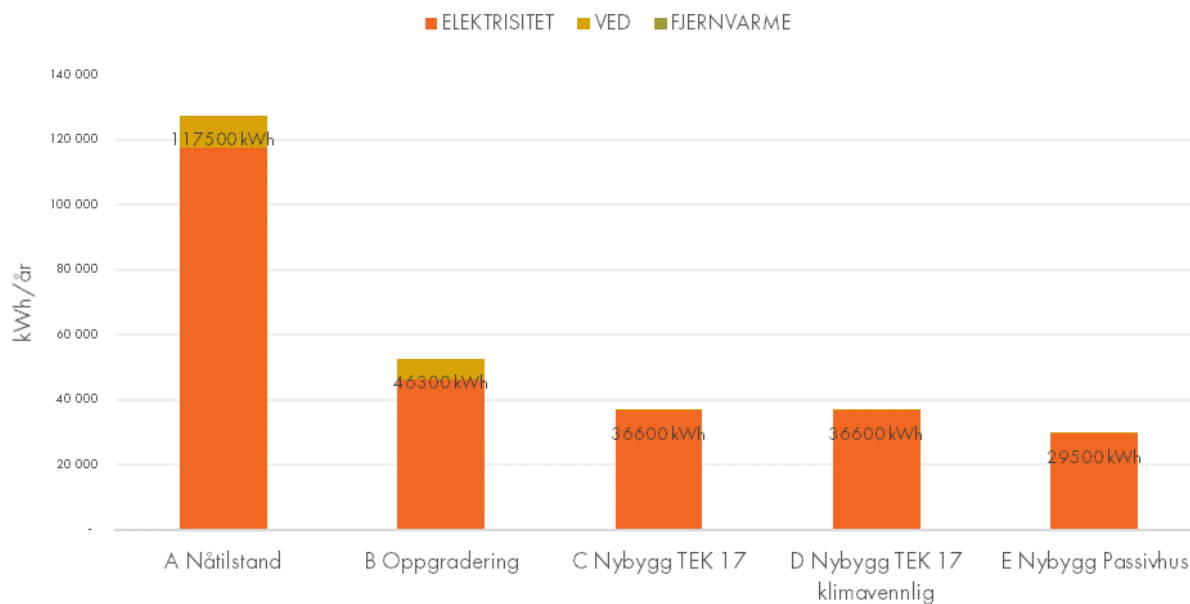


Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Nordås, 2848 Skreia
Bruksareal (BRA)	512 i scenario A og 534 i scenario B gpa påbygg
Byggeår	1700-tallet
Bygningstype	Bolig
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Bolig
Energikilder før/etter oppgradering	Direkte elektrisitet og ved / bergvarmepumpe og ved

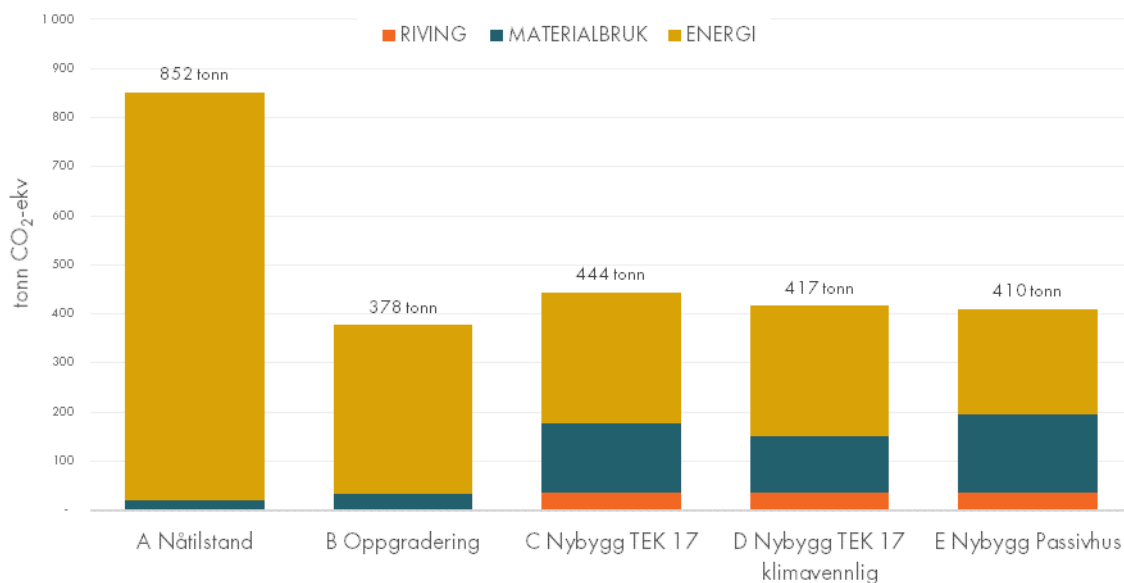
Energiberegninger

ENERGIFORBRUK PER ÅR, GRØNA HOVEDBYGG



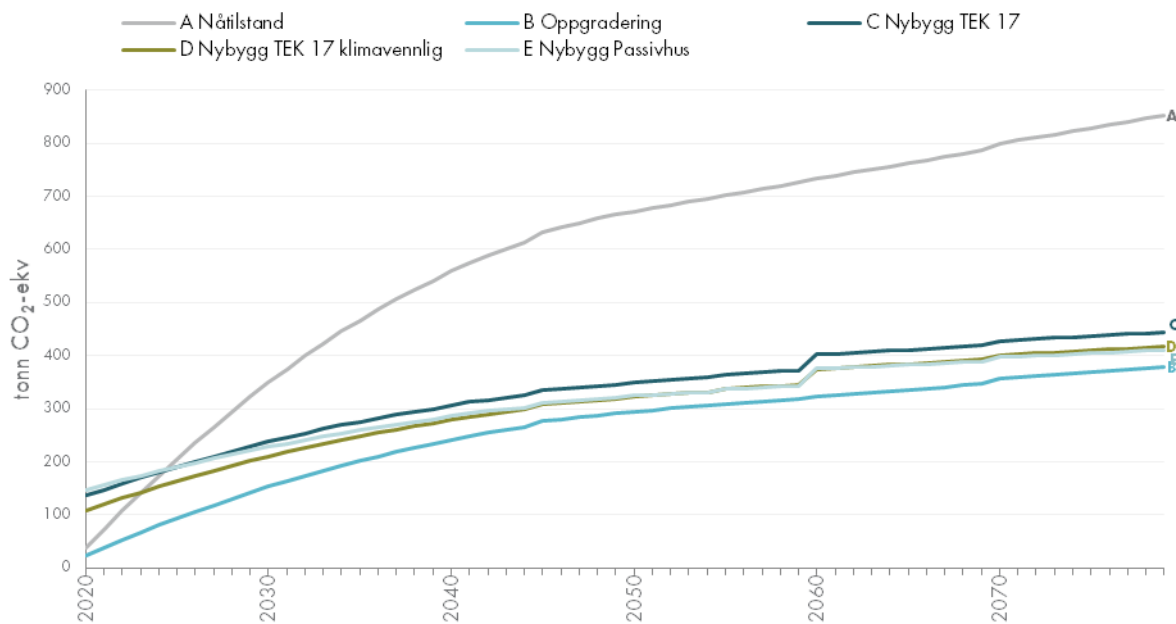
Klimagassutslipp

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, GRØNA HOVEDBYGG

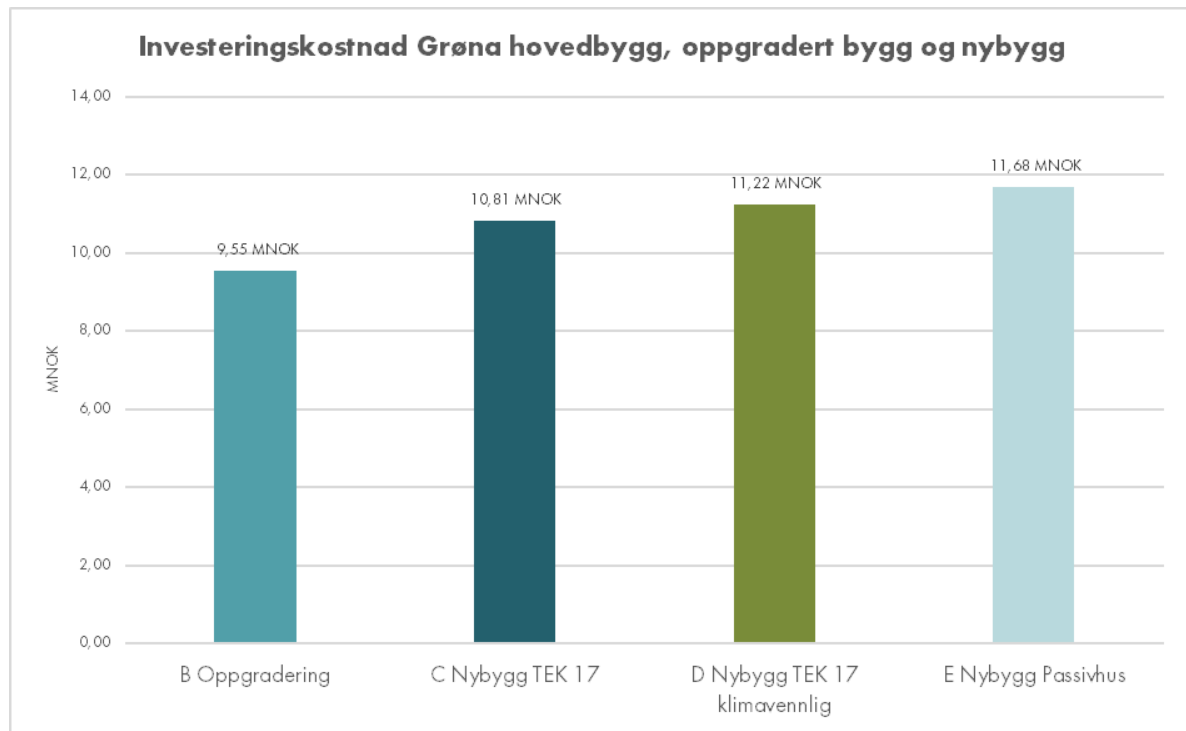


Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er over 60 år.

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, GRØNA HOVEDBYGG



Kostnadsvurderinger



Grøna i Østre Toten - Stabbur

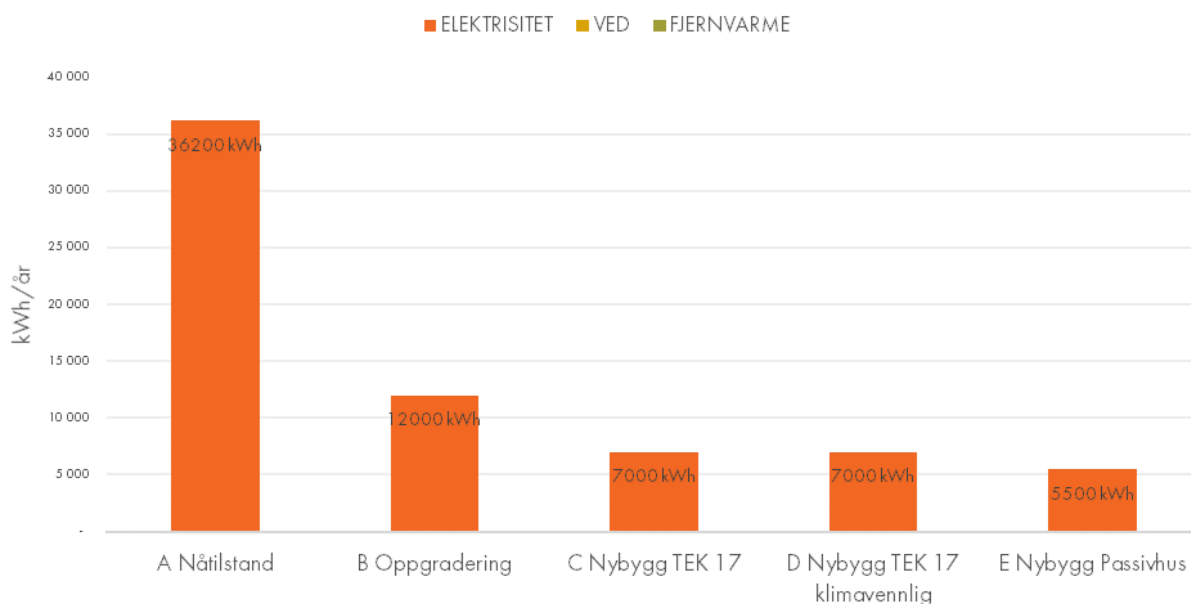


Nøkkelinformasjon

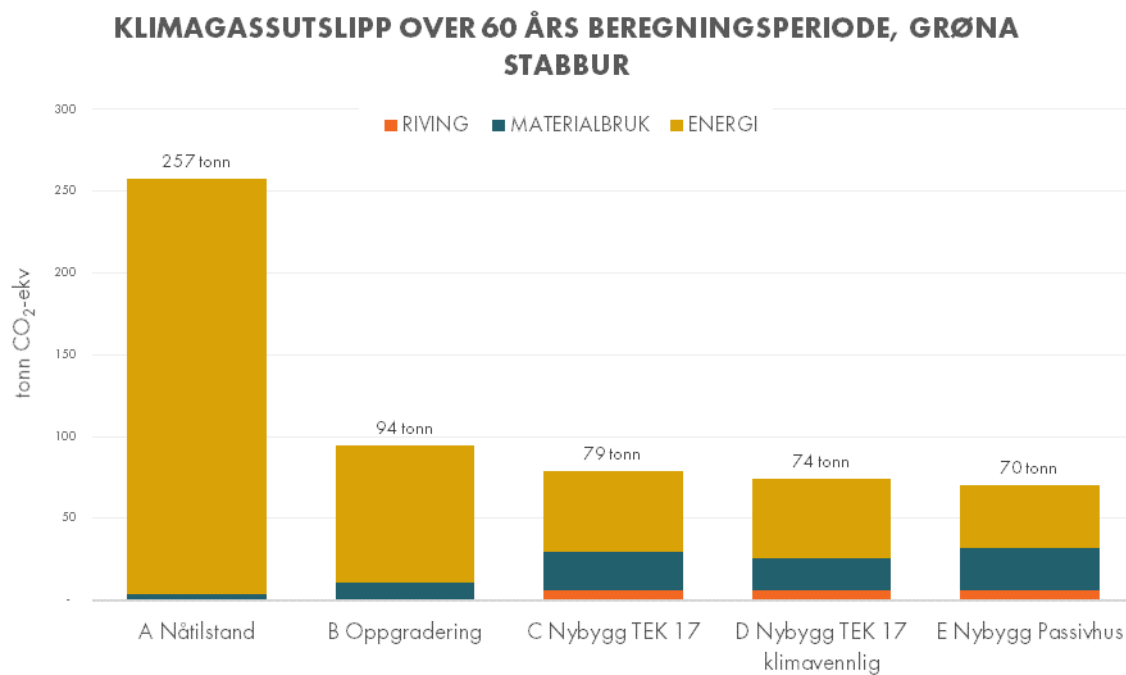
Beliggenhet/adresse	Nordås, 2848 Skreia
Bruksareal (BRA)	94
Byggeår	1800-tallet
Bygningstype	Bolig
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Bolig
Energikilder før/etter oppgradering	Direkte elektrisitet / bergvarmepumpe

Energiberegninger

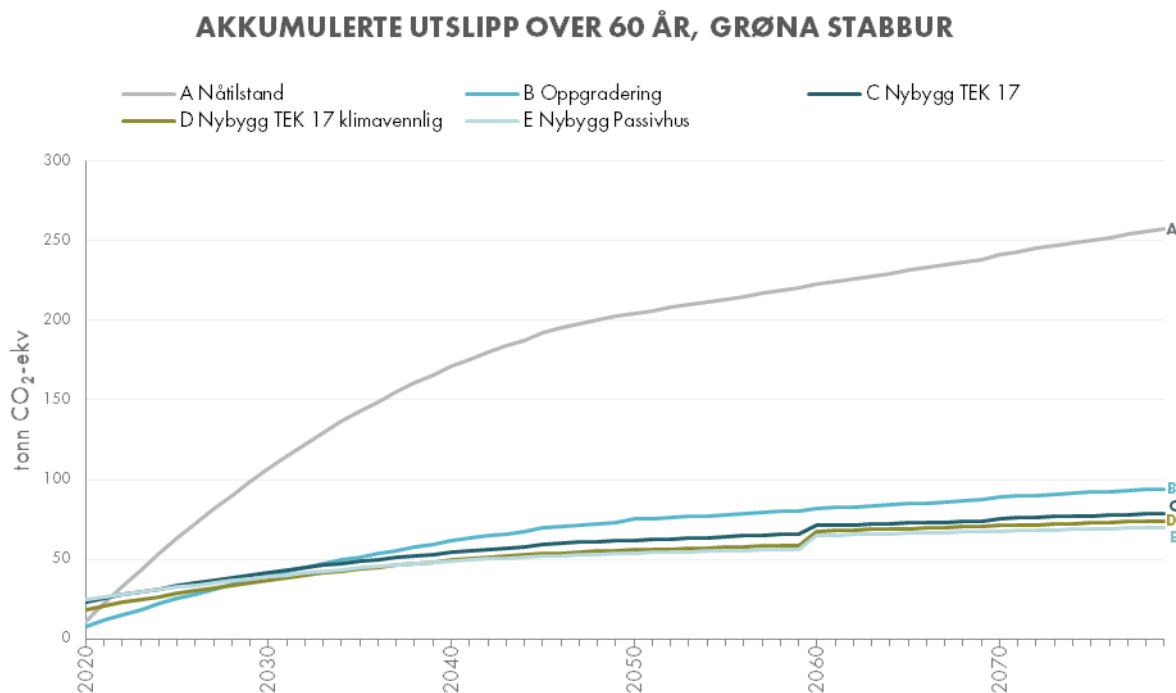
ENERGIFORBRUK PER ÅR, GRØNA STABBUR



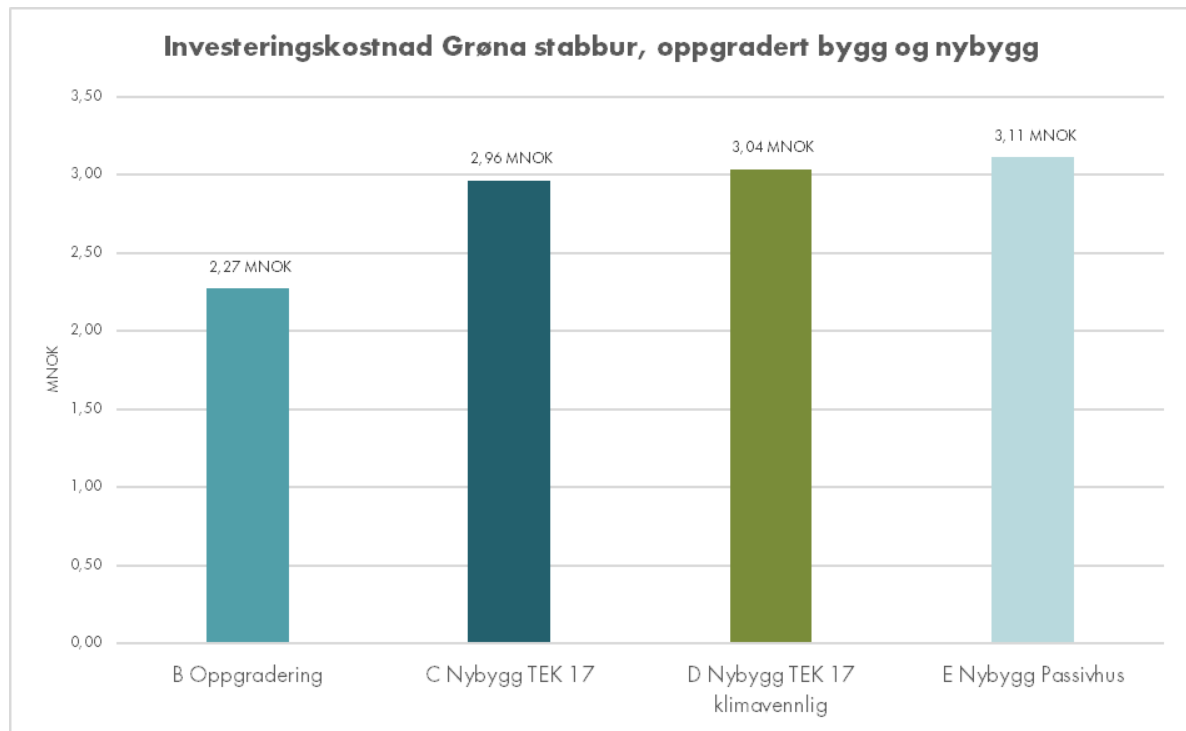
Klimagassutslipp



Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er 7-15 år.



Kostnadsvurderinger



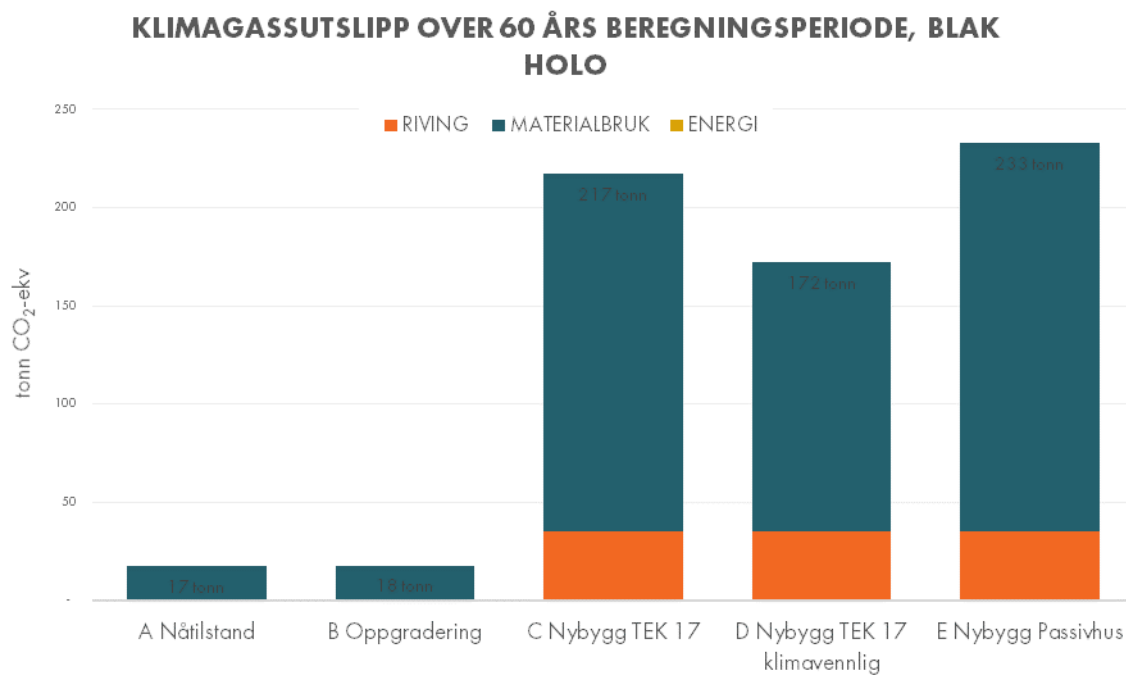
Enhetslåven på Blak Holo



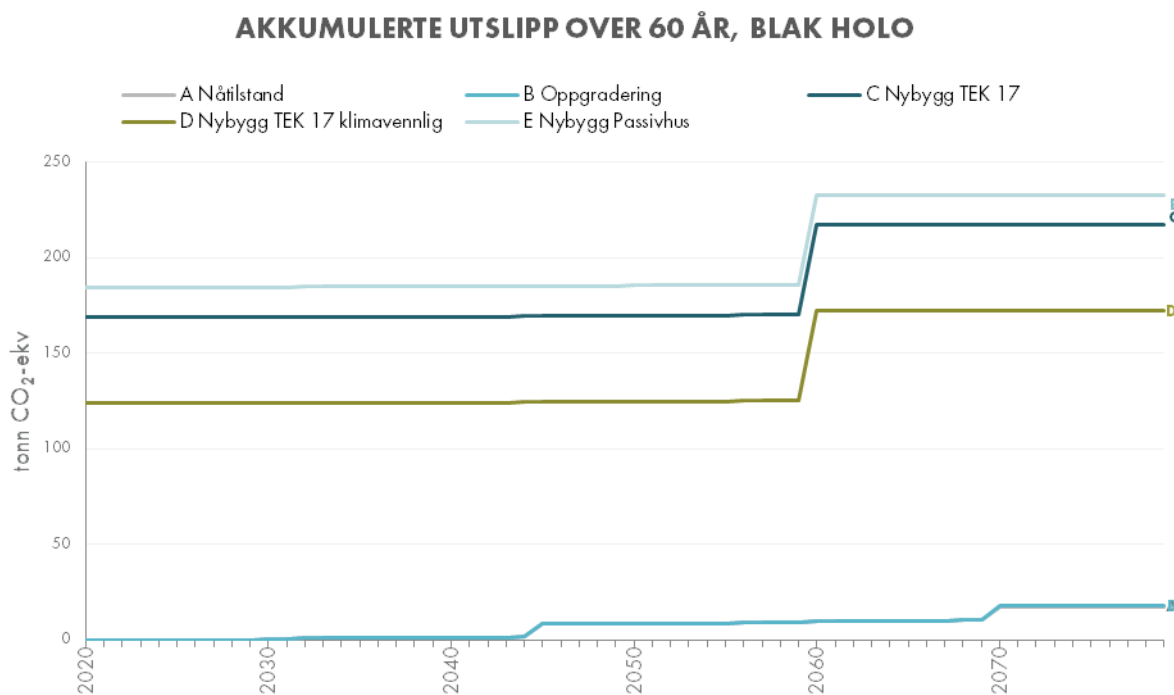
Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Holovegen 118, 2355 Gaupen
Bruksareal (BRA)	356
Byggeår	Tidlig 1900-tall
Bygningstype	Låve
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Låve
Energikilder før/etter oppgradering	Kaldt bygg

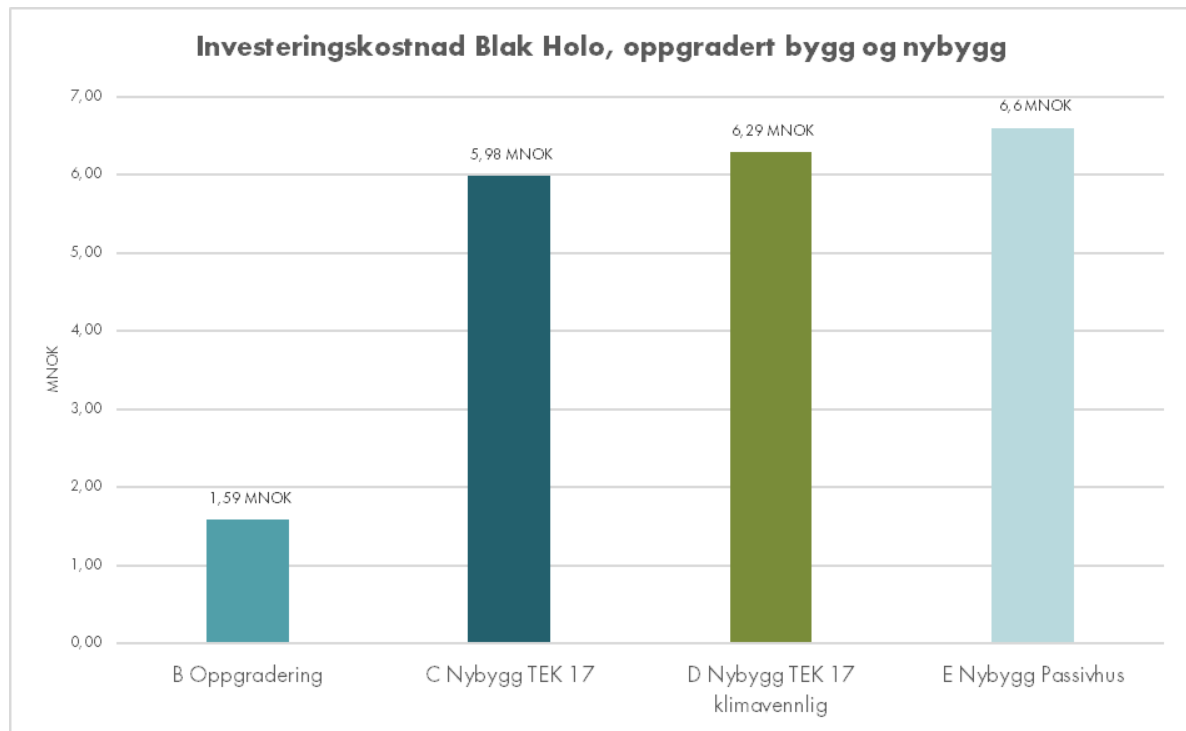
Klimagassutslipp



Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er ikke relevant.



Kostnadsvurderinger



Søndre Land næringshage

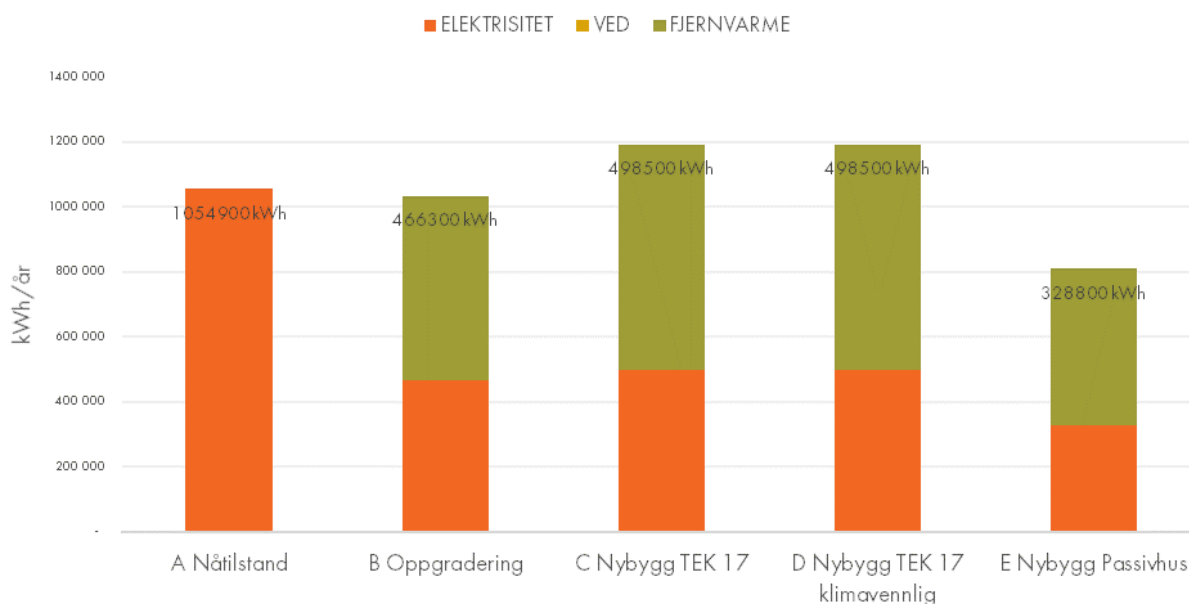


Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	
Bruksareal (BRA)	9756
Byggeår	1960-tallet
Bygningstype	Industri/lager, kontor
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Betong
Bruksformål	Industri/lager, kontor
Energikilder før/etter oppgradering	Direkte elektrisitet / fjernvarme

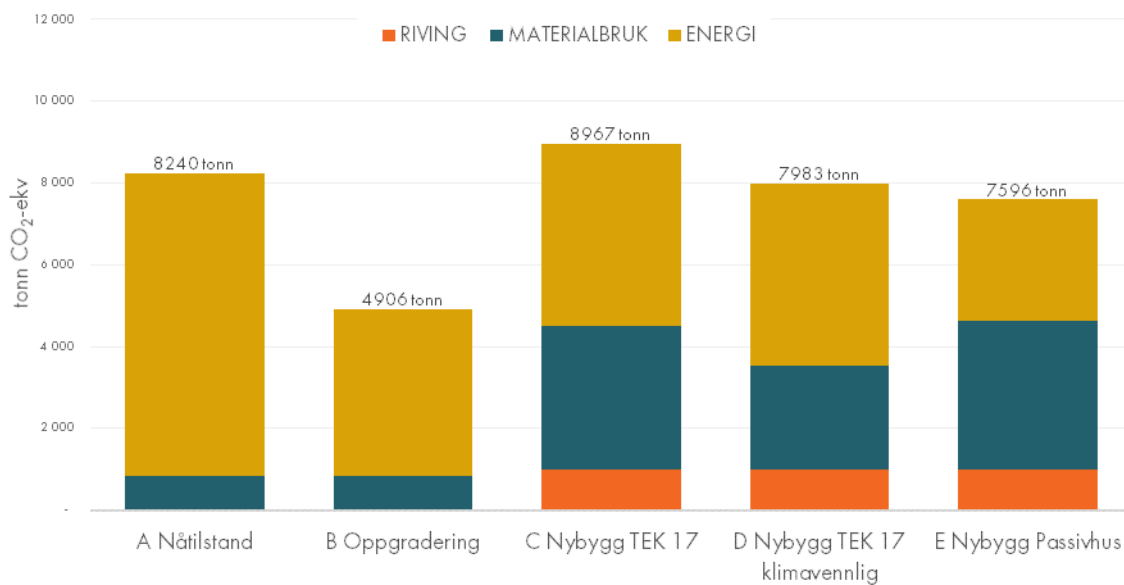
Energiberegninger

ENERGIFORBRUK PER ÅR, SØNDRE LAND NÆRINGSHAGE



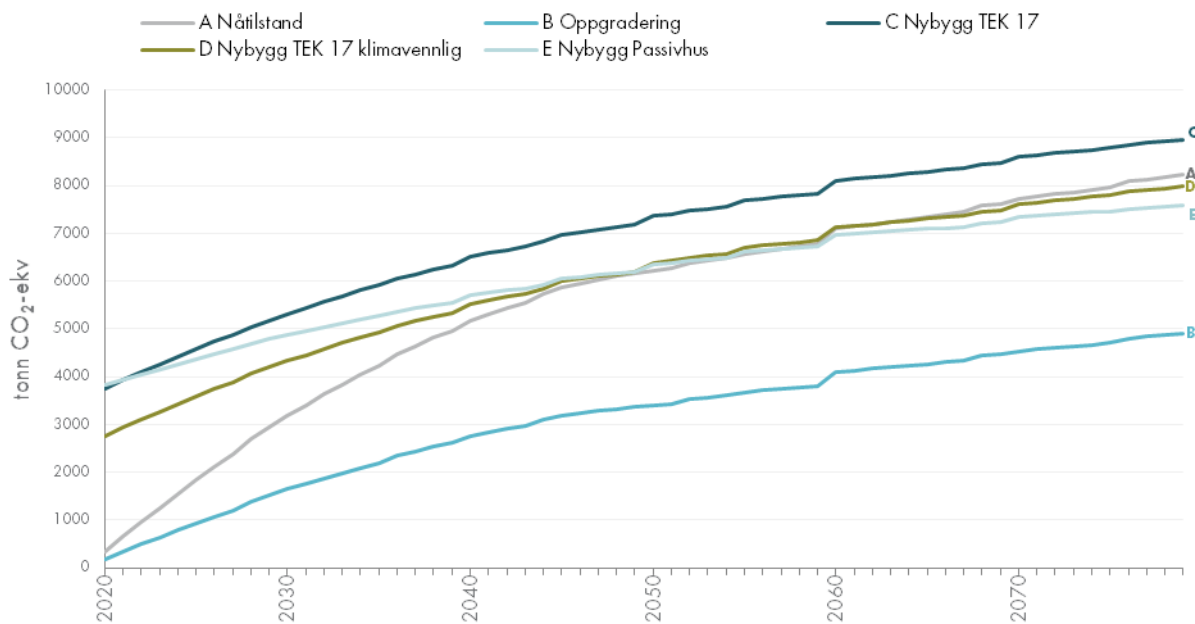
Klimagassutslipp

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, SØNDRE LAND NÆRINGSHAGE

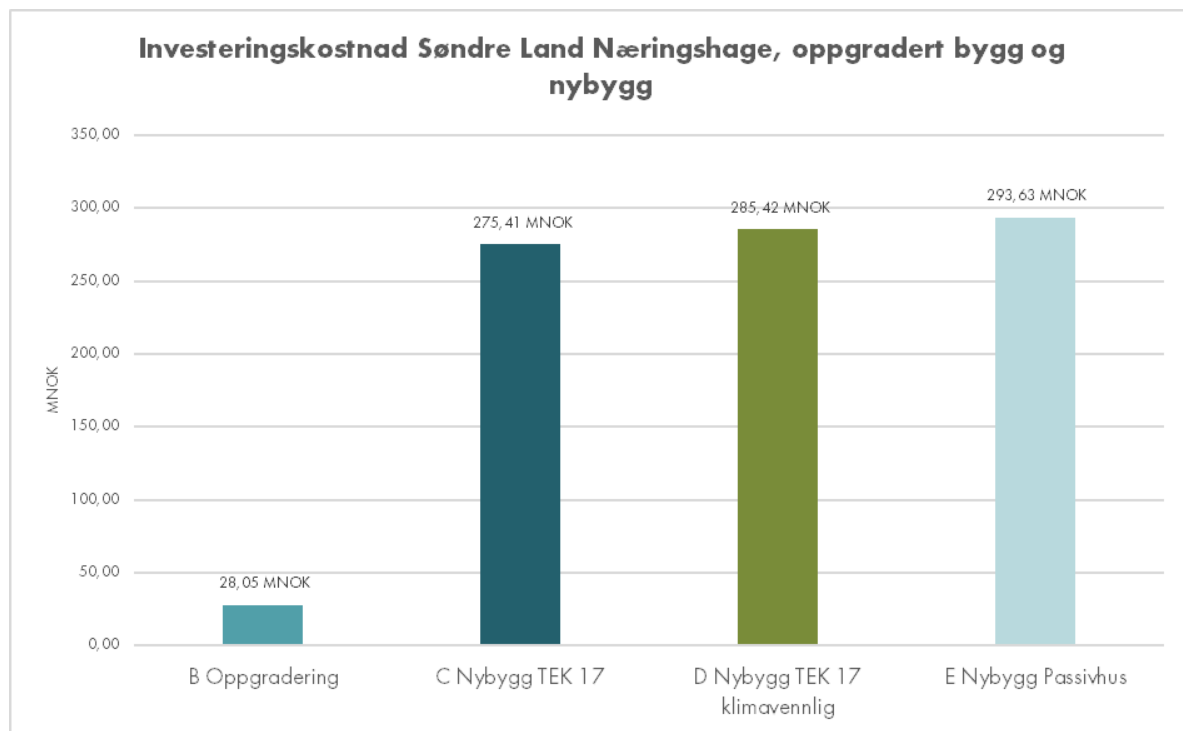


Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er langt over 60 år.

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, SØNDRE LAND NÆRINGSHAGE



Kostnadsvurderinger



Steinfjøs Steig Gård



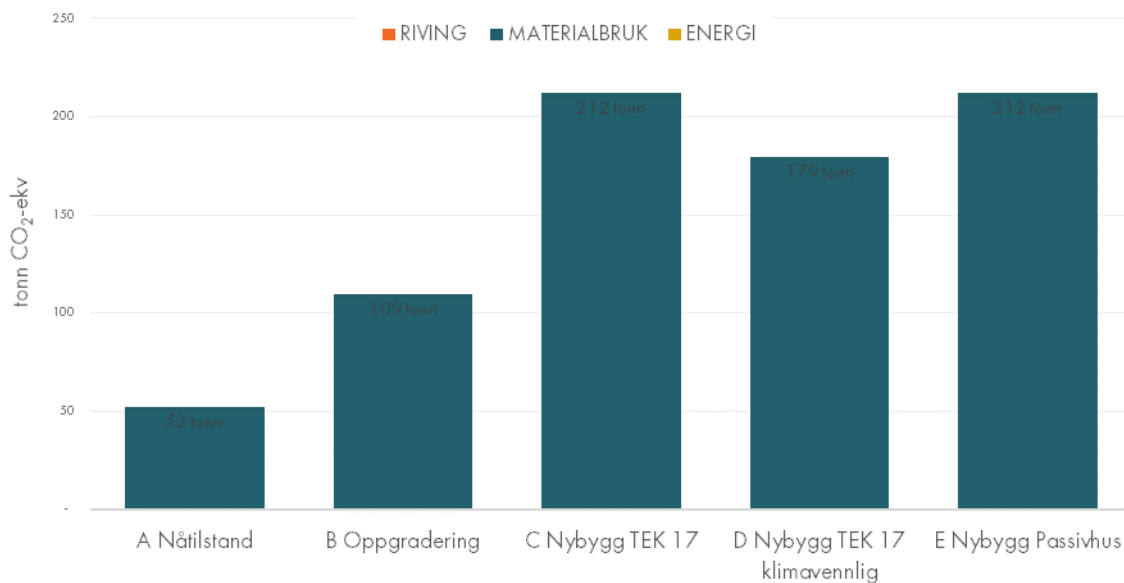
Nøkkelinformasjon

Beliggenhet/adresse	Dålstigen 481, 2647 Sør-fron
Bruksareal (BRA)	567
Byggeår	Ikke kjent
Bygningstype	Fjøs/landbruksbygg
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Fjøs/landbruksbygg
Energikilder før/etter oppgradering	Kaldt bygg

Klimagassutslipp

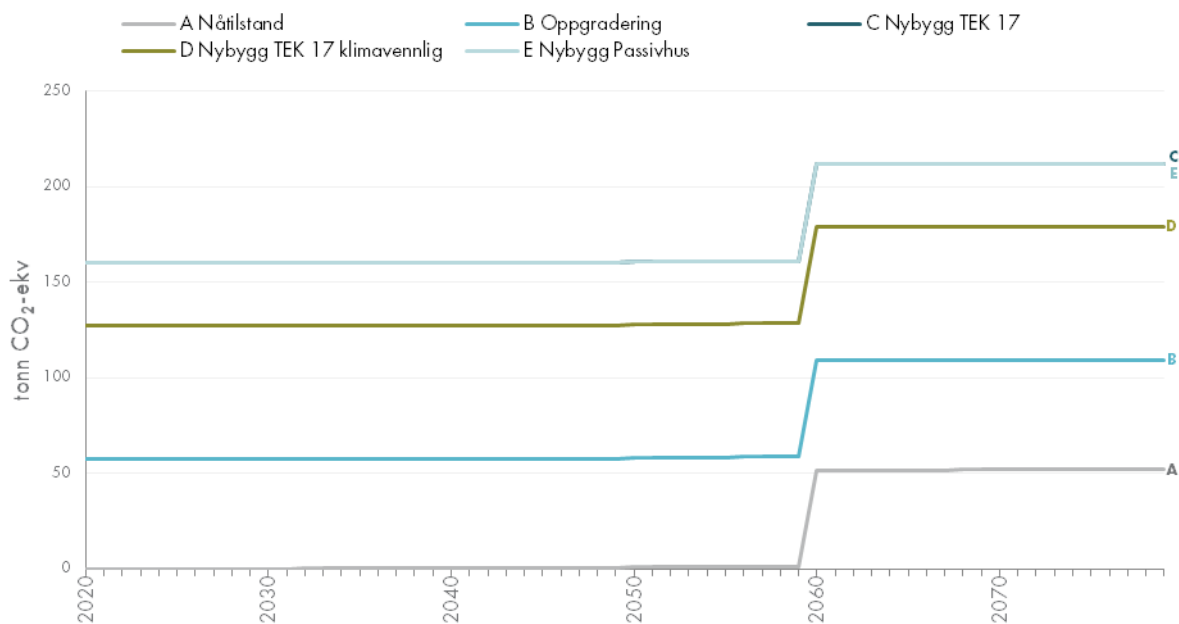
Rivingsutslipp er null for nybyggene da det ikke er aktuelt å rive det gamle fjøset. Blir det oppført nytt, blir i så fall det gamle stående.

KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, STEIG GÅRD



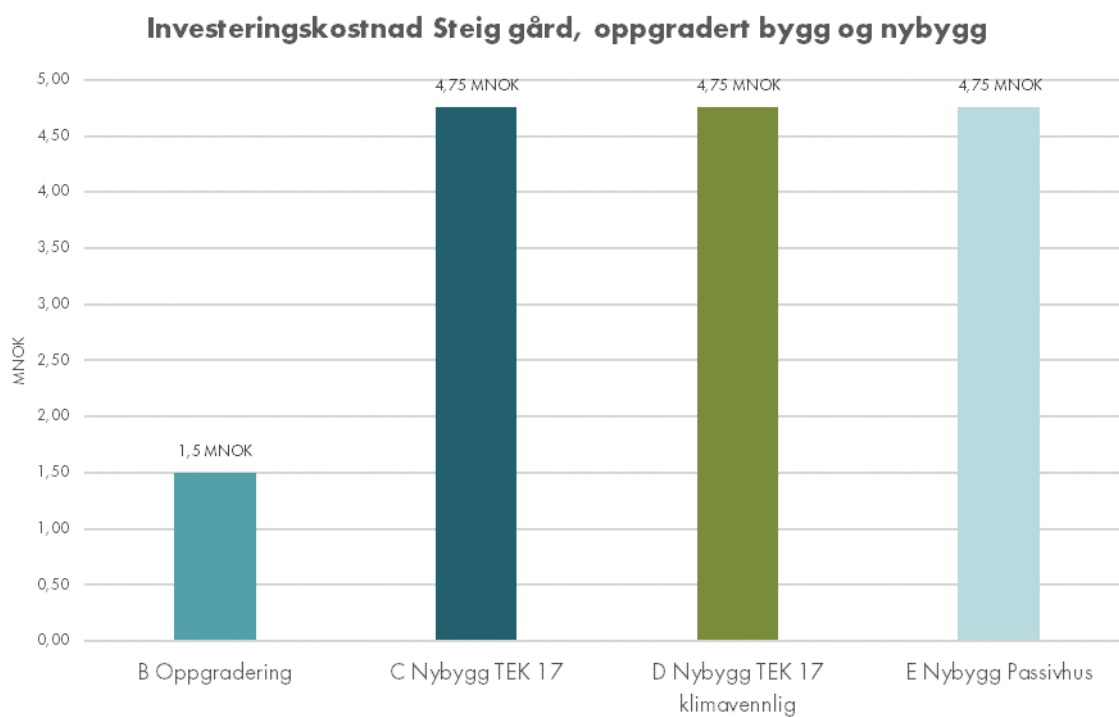
Tilbakebetalingstid for klimagassutslipp for å rive og bygge nytt sammenlignet med å oppgradere er ikke relevant.

AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, STEIG GÅRD



Kostnadsvurderinger

Kostnadene er satt likt for scenario C til D.



Bankbygget på Heggenes (Tingvang)

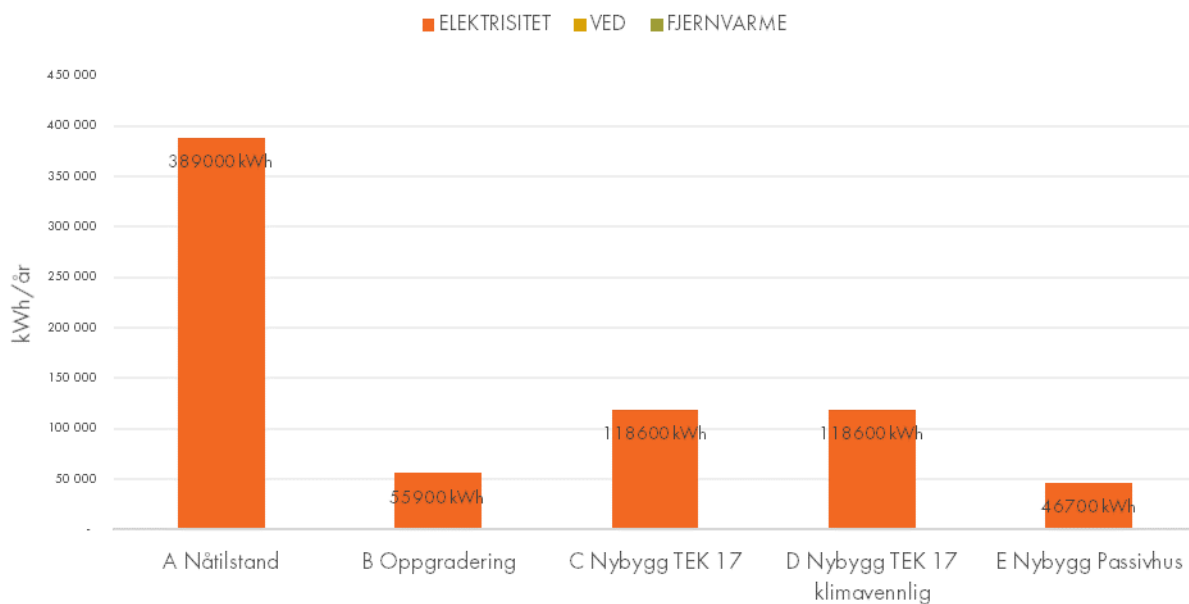


Nøkkelinformasjon

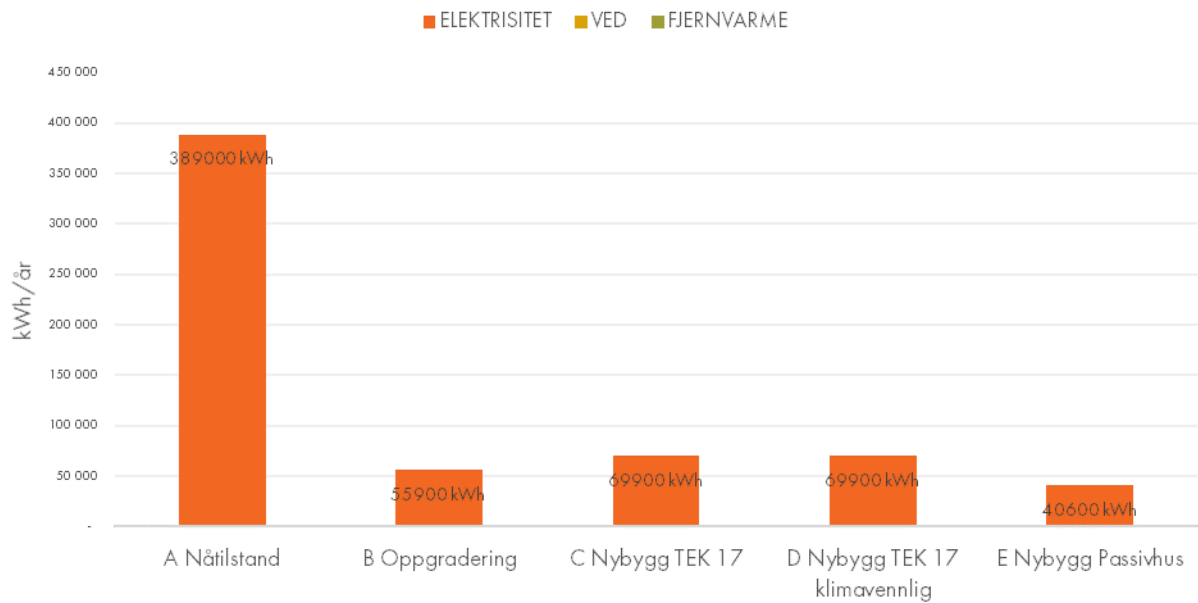
Beliggenhet/adresse	Bygdinvegen 1987, 2940 Heggenes
Bruksareal (BRA)	1302
Byggeår	1965-68, tilbygg fra 1985
Bygningstype	Kontor/næringsbygg
Hovedmaterialer/konstruksjonstype	Tre
Bruksformål	Bank, kontor
Energikilder før/etter oppgradering	Elkjel / Bergvarmepumpe, elkjel

Energiberegninger

ENERGIFORBRUK PER ÅR, ØYSTRE SLIDRE BANKBYGGET

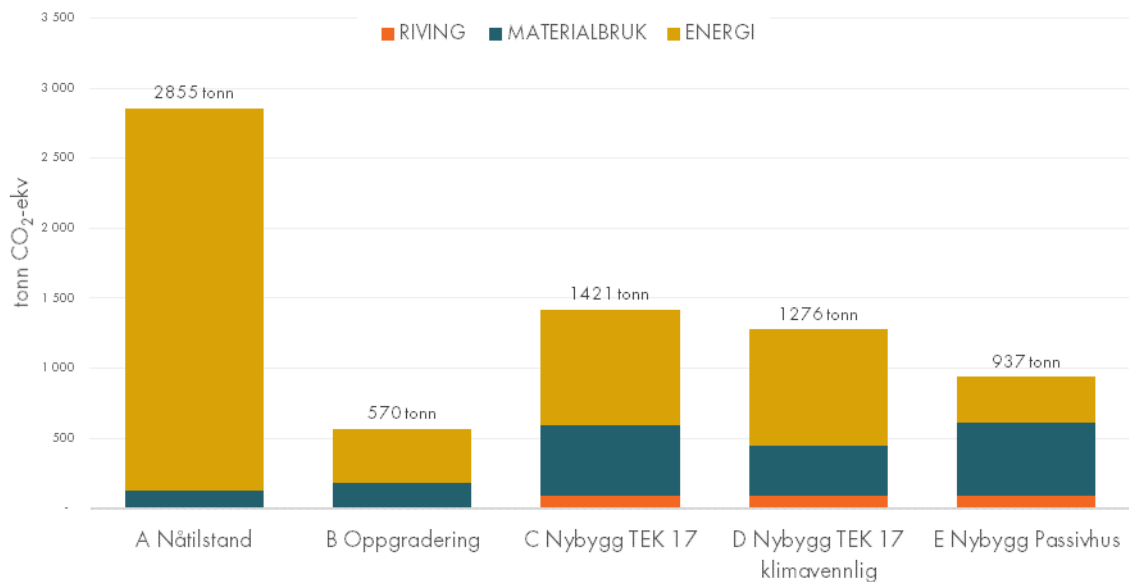


ENERGIFORBRUK PER ÅR, ØYSTRE SLIDRE BANKBYGGET, C-E=A

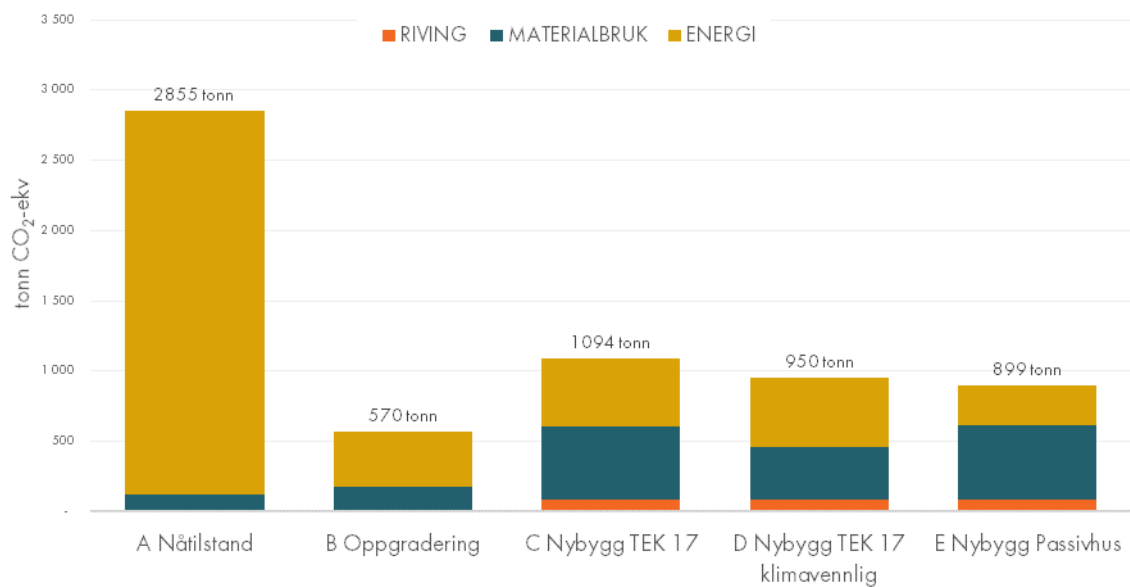


Klimagassutslipp

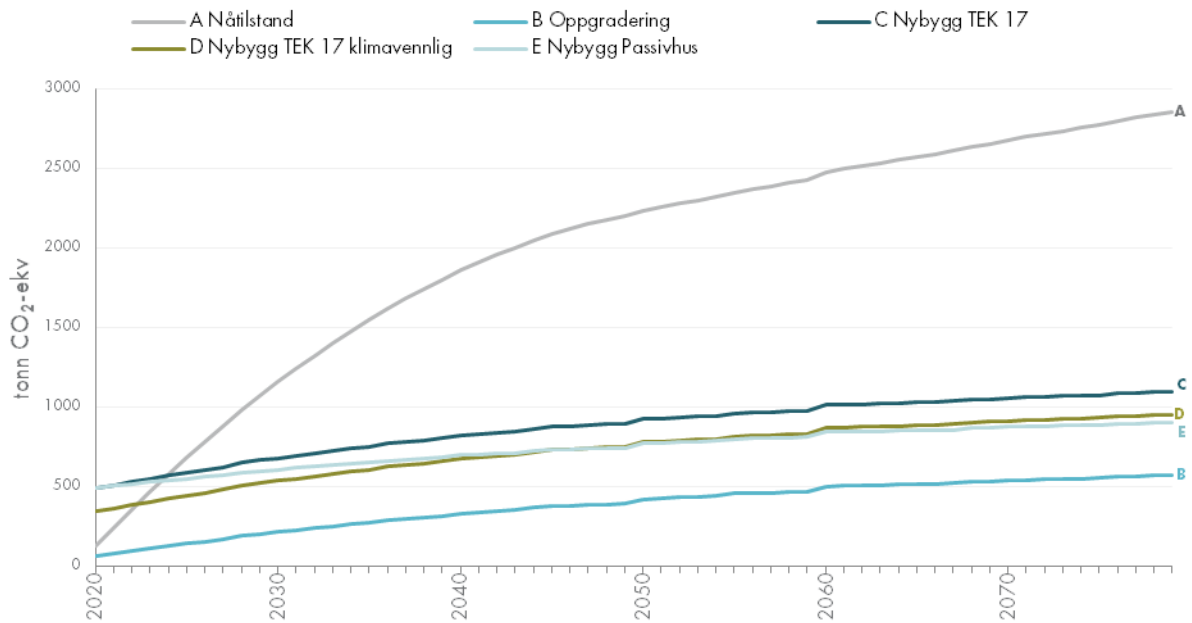
KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, ØYSTRE SLIDRE BANKBYGGET



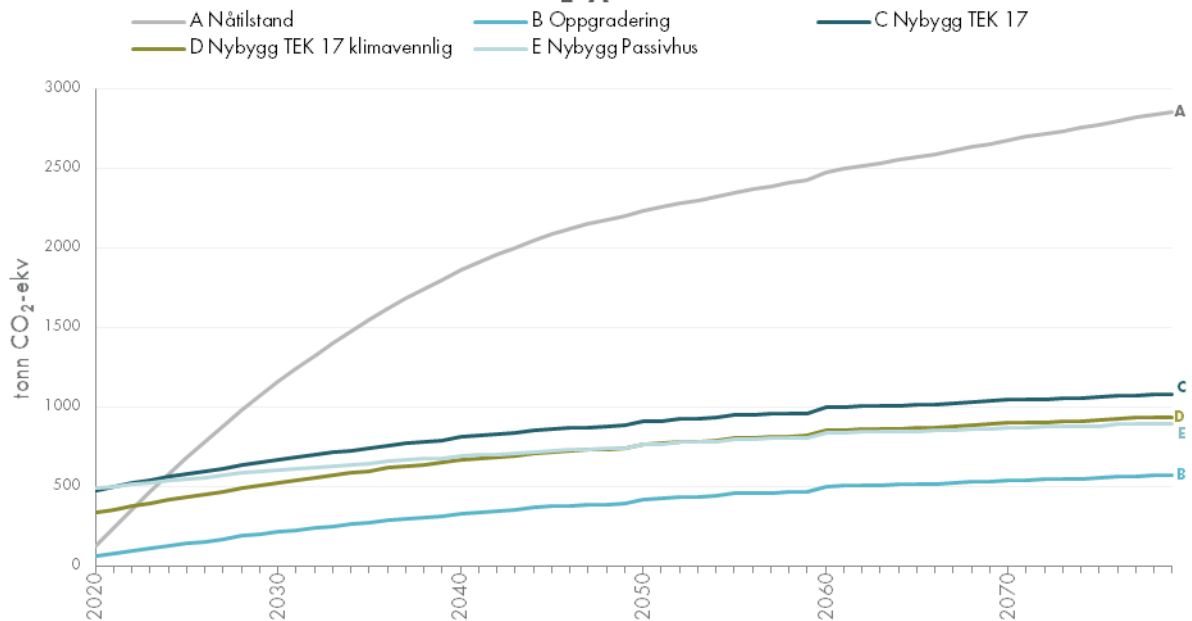
KLIMAGASSUTSLIPP OVER 60 ÅRS BEREGNINGSPERIODE, ØYSTRE SLIDRE BANKBYGGET, C-E=A



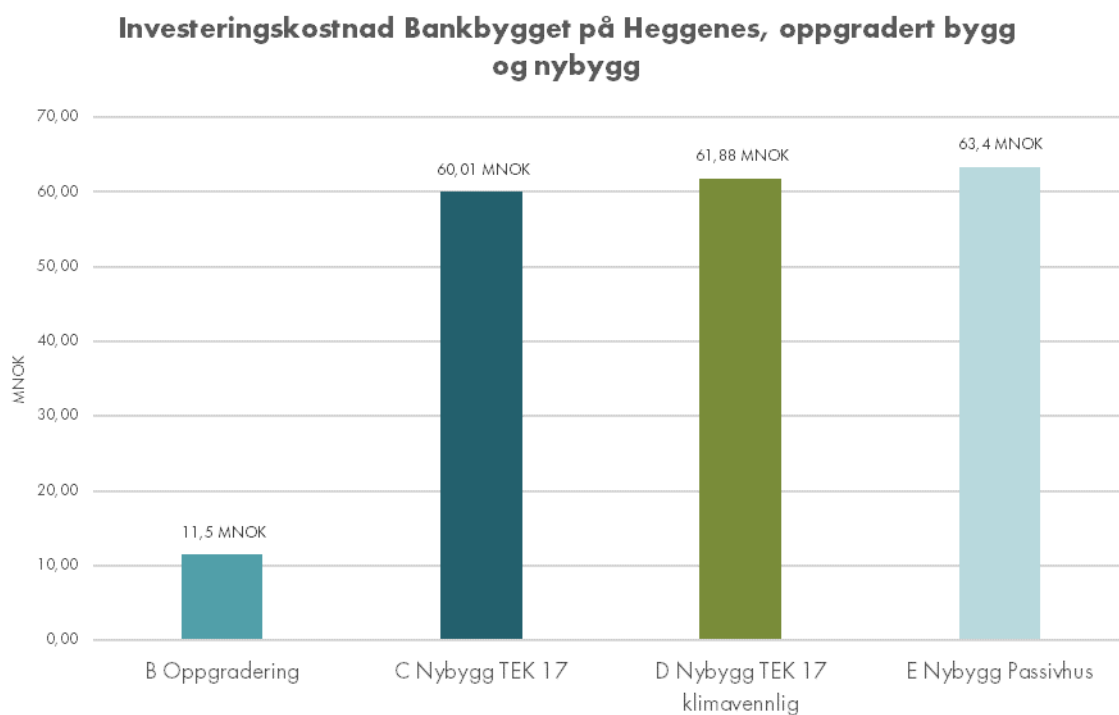
AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, ØYSTRE SLIDRE BANKBYGGET



AKKUMULERTE UTSLIPP OVER 60 ÅR, ØYSTRE SLIDRE BANKBYGGET, C-E=A



Kostnadsvurderinger



VEDLEGG 3 BEREGNED KLIMAGASSUTSLIPP FOR ALLE BYGG OG SCENARIOER

Objekt	kg CO ₂ -ekv./m ² BRA				
	A Nå- tilstand	B Opp- gradering	C Nybygg standard	D Nybygg klima- vennlig	E Nytt passivhus
Vestsidevegen 1126	1551	810	1096	1046	940
Ringelien Gård	2620	1031	816	765	762
Granum gård	1242	872	1222	1171	949
Setton gård	38	441	777	692	790
Nerby gård	1545	692	829	778	759
Rekka i Våler Skånsom	1226	1121	779	728	720
Rekka i Våler	1226	1049	779	728	720
Rekka i Våler Arkitektforslag	1232	551	778	727	717
Breie	1765	668	866	815	782
Jorderik	2077	668	866	815	782
Hytte/gjenbruksprosjekt på Gran	2325	1315	1099	1048	940
Grøna, hovedbygg	1595	708	832	781	769
Grøna, stabbur	2738	1004	838	789	746
Søndre Land Næringshage	845	503	919	818	779
Søndre Land Rådhus	723	712	695	629	558
Søndre Land Rådhus, FV	1222	705	980	869	791
Anders Sandvigsgt. 30	894	855	950	839	768
Toten Montesorriskole	2505	1540	1241	1132	850
Melkefabrikken på Kapp	2609	2161	1243	1132	923
Gamle Snekkerverkstedet	1079	1005	899	790	675
Raudlåven	33	40	413	327	442
Gamlesmia	1068	784	980	871	821
Storgata 35	37	1920	1245	1154	958
Melkefabrikken på Hamar	800	752	1018	907	693
Blak Holo	33	33	413	327	442
Bankbygget på Heggenes	2193	438	1091	980	720
Steig gård	91	193	374	316	374

Objekt	kg CO2-ekv./m² BRA/år				
	A Nå- tilstand	B Opp- gradering	C Nybygg standard	D Nybygg klima- vennlig	E Nytt passivhus
Vestsidevegen 1126	25.9	13.5	18.3	17.4	15.7
Ringelien Gård	43.7	17.2	13.6	12.8	12.7
Granum gård	20.7	14.5	20.4	19.5	15.8
Setton gård	0.6	7.3	13.0	11.5	13.2
Nerby gård	25.8	11.5	13.8	13.0	12.7
Rekka i Våler Skånsom	20.4	18.7	13.0	12.1	12.0
Rekka i Våler	20.4	17.5	13.0	12.1	12.0
Rekka i Våler Arkitektforslag	20.5	9.2	13.0	12.1	12.0
Breie	29.4	11.1	14.4	13.6	13.0
Jorderik	34.6	11.1	14.4	13.6	13.0
Hytte/gjenbruksprosjekt på Gran	38.7	21.9	18.3	17.5	15.7
Grøna, hovedbygg	26.6	11.8	13.9	13.0	12.8
Grøna, stabbur	45.6	16.7	14.0	13.2	12.4
Søndre Land Næringshage	14.1	8.4	15.3	13.6	13.0
Søndre Land Rådhus	12.0	11.9	11.6	10.5	9.3
Søndre Land Rådhus, FV	20.4	11.8	16.3	14.5	13.2
Anders Sandvigsgt. 30	14.9	14.2	15.8	14.0	12.8
Toten Montesorriskole	41.8	25.7	20.7	18.9	14.2
Melkefabrikken på Kapp	43.5	36.0	20.7	18.9	15.4
Gamle Snekkerverkstedet	18.0	16.8	15.0	13.2	11.2
Raudlåven	0.6	0.7	6.9	5.5	7.4
Gamlesmia	17.8	13.1	16.3	14.5	13.7
Storgata 35	0.6	32.0	20.8	19.2	16.0
Melkefabrikken på Hamar	13.3	12.5	17.0	15.1	11.5
Blak Holo	0.6	0.6	6.9	5.5	7.4
Bankbygget på Heggenes	36.5	7.3	18.2	16.3	12.0
Steig gård	1.5	3.2	6.2	5.3	6.2

VEDLEGG 4 DOKUMENTASJON AV MATERIALMENGDER I NYE LÅVE- OG LANDBRUKSBYGG

Materialmengder som ligger til grunn for klimagassberegning for oppføring av nytt låvebygg er gitt i tabellen under. Kun materialer i bygningskroppen er medregnet.

BRA: 248 m²

Materialer	Enhet	Mengde
Betong	m ³	35,9
Armering	kg	3 268
Konstruksjonsvirke	m ³	195
Dører	m ²	36,0
Betong	m ³	47,7
Maling	m ²	186
Armering	kg	4 341
Vindu	m ²	12,0
Murpuss	m ²	96,2
Gulvbord	m ³	5,9
Takplater	m ²	167

Materialmengder som ligger til grunn for klimagassberegning for oppføring av nytt fjøsbygg. Kun materialer i bygningskroppen er medregnet.

BRA: 582 m²

Materialer	Enhet	Mengde
Betong	m ³	271
Armering	kg	4 409
Isolasjon (EPS)	m ³	2,47
Plastplater	m ²	124
Konstruksjonsvirke	m ³	3,03
Isolasjon (Glava)	m ³	6,3
Gips	m ²	50,0
OSB	m ³	0,38
Vinduer	m ²	5,9
Dører	m ²	24,9
Porter	m ²	20,2
Sandwichplater	m ²	883

VEDLEGG 5 BEREGNINGSPARAMETERE I SKJEMATISK NØYSOM BEBOER

Parameter	Enhet	SNB	NS3031
Driftstid oppvarming, belysning og utstyr		16/7/52	16/7/52
Driftstid ventilasjon		16/7/52	24/7/52
Driftstid varmetilskudd personer		24/7/52	24/7/52
Luftmengde i driftstid	m ³ /hm ²	1,2	1,2 *
Luftmengde utenom driftstid	m ³ /hm ²	0,5	1,2 *
Temperatur i fullt oppvarmede rom, i driftstid	° C	21	21
Temperatur i delvis oppvarmede rom, i driftstid	° C	14	21
Temperatur i fullt oppvarmede rom, utenom driftstid	° C	17	19
Temperatur i delvis oppvarmede rom, utenom driftstid	° C	10	19
Energibruk belysning	kWh/m ² år	11,4	11,4
Energibruk elektrisk utstyr	kWh/m ² år	17,5	17,5
Energibruk til varmt tappevann	kWh/m ² år	25	29,8
Varmetilskudd belysning	kWh/m ² år	11,4	11,4
Varmetilskudd el-utstyr	kWh/m ² år	10,5	10,5
Varmetilskudd personer	kWh/m ² år	13,1	13,1
Andel av BRA definert som fullt oppvarmet	%	50	100