

**Bærekraftig
klimaforbedring
av eldre hus**

Fagrapport

24.1.2019

Forord

Dokumentasjonsprosjektet «Bærekraftig klimaforbedring av eldre hus» ble gjennomført av Fortidsminneforeningen i 2016. Prosjektet var støttet av Husbankens kompetansemidler og hadde en styringsgruppe bestående av Marte Boro fra Riksantikvaren, Vegard Heide fra Husbanken, Sigrid Murud fra Bygg og Bevar og Ola H Fjeldheim fra Fortidsminneforeningen. Prosjektet ble ledet av Dag Erlend Lohne Mohn fra insam as.

På bakgrunn av dokumentasjonsprosjektet ble det produsert og publisert en brosjyre rettet mot eiere av gamle hus, *Enøk i gamle hus* (Fortidsminneforeningen, 2017). Brosjyren gir råd om fire enkle tiltak til huseiere som ønsker å klimaforbedre sitt gamle hus. Rådene er basert på funn i dokumentasjonsprosjektet. Denne fagrapporten forklarer bakgrunnen for dokumentasjonsprosjektet og underbygger påstandene og de anbefalte tiltakene i brosjyren ved å vise til relevant dokumentasjon.

Rapporten er ment for dem som ønsker å fordype seg i temaet bærekraftig klimaforbedring av eldre hus, og dem som ønsker å vite mer om dokumentasjonen og begrunnelsene som ligger bak rådene, påstandene og tiltakene i brosjyra.

Oslo, 15. januar 2019

Innholdsfortegnelse

1.	Bakgrunn.....	3
	Kunnskapsgrunnlag	4
	Om modellhuset.....	4
2.	Om tiltakene	5
	Tiltak 1: Etterisolering (mot loft og kjeller).....	6
	Tiltak 2: Vinduer (oppgradering med varevinduer/innervinduer).....	9
	Tiltak 3: Tetting	12
	Tiltak 4: Temperaturstyring	13
3.	Totalvurdering energisparing - energibruk	13
4.	Konklusjoner og funn	15
5.	Kilder	16

1. Bakgrunn

Fokuset på energiøkonomisering i nye og eldre hus er i dag stort. Om lag en tredjedel av bolighusene i Norge er bygget før 1956 (SSB, 2013) og behovet for å energiøkonomisere bolighus fra denne perioden er derfor betydelig. Innenfor tematikken enøk gis det råd fra ulike hold. De fleste av disse fokuserer av forskjellige grunner på større inngrep og mer kompliserte tiltak, med tilhørende store kostnader og høy terskel for gjennomføring. Huseiere kan lett få inntrykk av at energiøkonomisering er dyrt og tidkrevende, og at de må gjøre mye for å få en effekt. Samtidig bekrefter Enovas potensial- og barrierestudie at blant de største hindrene for at huseiere iverksetter enøk-tiltak er manglende lønnsomhet og manglende motivasjon (Enova, 2012).

Det er også en økende oppmerksomhet rundt og anerkjennelse av betydningen av eksisterende/stående hus i dette bildet. Utslippsreduksjonen og reduksjonen i energibruk som disse husene kan bidra med er betydelig. Blant annet omtales dette i FN's klimapanelers hovedrapport fra 2014:

As buildings are very long-lived and a large proportion of the total building stock existing today will still exist in 2050 in developed countries, retrofitting the existing stock is key to a low-emission building sector. (Allen et al., 2014, s. 690)

Dette underbygger prosjektets rasjonale: vi kan ikke og kommer ikke til å bytte ut alle eksisterende bygninger med nye passivhus. Derfor er det nødvendig å gjennomføre tiltak på husene som allerede står, og å gjøre det på best mulig måte. En annen del av rasjonale var at det er større barrierer for å gjennomføre store tiltak enn for å gjennomføre små og mellomstore tiltak.

Prosjektet «Bærekraftig klimaforbedring av eldre hus» var først og fremst en gjennomgang av eksisterende forskning og kunnskapsgrunnlag. Formålet var å sammenstille en pakke med tiltak for eiere av trehus fra før 1956. Det var også en sentral oppgave å undersøke om det er belegg for å hevde at gevinsten ved å energiøkonomisere eksisterende/stående hus er stor. At det mest bærekraftige er å ta vare på og forlenge levetiden til de husene vi allerede har, og se hvilken klimainnsats man kan gjøre med disse.

Utgangspunktet for dette prosjektet var at husene fra før 1956 (heretter kalt eldre hus) i all vesentlighet har en annen bygningsfysikk enn nyere hus. Det ble langt vanligere å isolere med materialer som krevde fuktsperre, og husene ble i større grad konstruert for dette. Materialene som ble benyttet til isolasjon hadde også andre

egenskaper enn tidligere. Nyere hus er tettere, slik at ventilasjon blir nødvendig. I 1956 økte Husbanken lånerammen for de som valgte å varmeisolere nye bygg. Dette førte til at andelen hus med isolasjon økte fra om lag 27% til 84% i perioden 1956-1959. (Skeie, 2014) Litt forenklet kan man si at før 1956 ble det benyttet andre bygningsteknikker og andre prinsipper for isolasjon og fuktvandring. Dette må man ta hensyn til ved energiøkonomisering i eldre hus. Faren for skader øker når det gjøres tiltak på eldre hus, og tiltak som forårsaker skader er ikke bærekraftige. For å redusere risikoen for fuktskader, råteskader og dårlig innelima bør man gjøre tiltak som spiller på lag med husenes bygningsfysikk. Prosjektet «Bærekraftig klimaforbedring av eldre hus» skulle undersøke om kunnskapen, produktene og metodene finnes, og påvise eventuelle mangler i kunnskapsgrunnlaget. Prosjektet skulle også sammenstille og gjøre tilgjengelig relevant kunnskap.

Et annet formål med prosjektet var å vurdere hva som totalt sett er mest effektiv klimaforbedring av husene fra før 1956, og formidle disse løsningene. Vi skulle se på mulighetene for å oppnå store effekter med relativt enkle tiltak og lave budsjetter. Hvis tilstrekkelig mange gjennomfører enklere tiltak vil det ha større effekt enn at få gjør store tiltak.

Kunnskapsgrunnlag

Prosjektet tok utgangspunkt i eksisterende kunnskapsgrunnlag knyttet til eldre hus og energiøkonomisering.

Boligene bygget før 1956 er avgjørende når det gjelder målsettinger om å få ned energiforbruket. Enovas potensial- og barrierestudie fra 2012 viser at potensialet for innsparinger i energiforbruket for boliger bygget før 1956 er på 8,31 tWh per år, noe som utgjør rundt 62% av samlet potensial for alle norske boliger (Enova, 2012, s. 29). Dette tekniske potensialet tar utgangspunkt i boligens totale energibruk og forutsetter en oppgradering til Tek 10-nivå.

Gjennomtenkte og skånsomme tiltak for energieffektivisering i eldre hus har stor effekt på reduksjon av energibruk, samtidig som man unngår at store kulturhistoriske verdier går tapt, eller å øke risikoen for skader påført av tiltakene. SINTEF-rapporten Energieffektivisering i eksisterende bygninger (Svensson, Haugen, Kalbakk & Gåsbak, 2012) dokumenterer dette. Denne rapporten går gjennom en rekke tiltak i forskjellige eldre hustyper, beregner tiltakenes effekt og hvordan arbeid med tiltakene påvirker huset.

Bruk av trefiberbaserte isolasjonsmaterialer har like gode isolasjons- og varmelagringsegenskaper som mineralull (Berge, 2007) (Byggforsk, 2004) og er totalt sett mer klimavennlige på grunn av lave utslipp i forbindelse med produksjon og trevirkets egenskaper med hensyn til lagring av karbon. At trefiberbaserte isolasjonsprodukter lagrer karbon gjør at dette materialet kommer godt ut i regnestykkene som beregner energibruk/co2-ekvivalenter. Dette er en etablert beregningsmetode, og dokumenteres og forklares tydelig i publikasjonen Isolere og lagre CO₂, utarbeidet av Civitas. (Selvig E, 2017)

En forutsetning som er benyttet i beregningene i arbeidet er bruk av Nordisk elmiks. Dette er en metode for å regne ut klimafotavtrykket knyttet til forbruk av elektrisitet i Norge, som tar hensyn til at Norge er en integrert del av det nordiske kraftmarkedet.

LCA (livsløpsanalyse) er en metode for å beregne miljøbelastning gjennom hele livsløpet til et produkt eller en tjeneste. Fra utvinning av råvare, produksjon, transport, bruksfase og avhending. I dette prosjektet har vi tatt med de mest relevante delene av livsløpet (vugge til port), da det er små eller ingen utslipp knyttet til avhending av materialene som er benyttet, bygget er ment å vare lenge, materialene kan gjenbrukes, trenger ikke deponeres.

Om modellhuset

Alle hus fra perioden vi her tar for oss er forskjellige, men for å kunne gjøre vurderinger, sammenligninger og effektmålinger av tiltak har vi benyttet et modellhus. Modellhuset er et slags gjennomsnittshus fra perioden. Huset er i bindingsverk og har kledning i tre. Det har opprinnelig ingen eller liten grad av isolasjon, bortsett fra stubbloftsleire i bjelkelag mot loft og kjeller. Huset er frittstående og er bygget i to etasjer. Det har kaldt kjeller og kaldt loft og et samlet oppvarmet areal på BRA 146m². 74% av boligen er oppvarmet til en temperatur på 21

grader. De resterende 26% har en temperatur på 10 grader. Ut i fra husets opprinnelige egenskaper er det beregnet et varmetap på de forskjellige flatene og bygningsdelene og en viss tetthet. Til sammen kalkuleres det at huset har et årlig energiforbruk (til oppvarming, teknisk utstyr, tappevann og belysning) på 44082 kWh (Entelligens, 2017).

Vi har tatt utgangspunkt i vurderinger gjort i Lars Myhres doktoravhandling ved NTH (Myhre, 1995), og tall fra SSB om norske boliger. Det samme huset er også benyttet i Enovas potensial- og barrierestudie (Enova, 2012).

Eneboliger	>1956	1956-70	1971-80	1981-90	1991-2000	2001-10
BRA per enhet	146	146	152	181	159	168
Antall enheter per bygg	1	1	1	1	1	1
lengde x bredde	8.86x8.24	8.76x8.35	10.8x7.01	13.85x8.70	12.48x8.52	13.11x8.52
Etasjer	2	2	2	1.5	1.5	1.5
Takhøyde	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4
U-verdi for konstruksjonen (original/ delvis oppgradert)						
Vegger	0,96/0,39	0,5/0,33	0,41/0,29	0,28/0,22	0,28/0,21	0,21/0,16
Gulv, etasjeskille	0,6/0,27	0,28/0,18	0,36	0,18/0,15	0,25	0,15
Tak/himling	0,81/0,31	0,33/0,20	0,20/0,16	0,22/0,16	0,18/0,15	0,14/0,13
Vinduer	2.6	2.6	2.6	2.2	2	1.6
Dører	2.5	2.5	2	2	2	1.6
Innetemperatur						
Oppvarmet del av bolig %	74%	82%	82%	86%	86%	86%
Uoppvarmet del av bolig %	26%	18%	18%	14%	14%	14%
Temperatur oppvarmet del	21	21	21	21	21	21
Temperatur uoppvarmet del	10	10	10	10	15	15
Gjennomsnitt	19.44	19.92	19.92	20.16	20.16	20.16
Luftutskifting	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5
Vindusorientering						
Sør-Vest-Øst-Nord	35-35-20-10					
Andel av BRA	20%	15%	15%	15%	15%	15%

Modellhuset (kolonnen til venstre) og egenskaper ved dette, hentet fra bakgrunnsrapport 1/3 til Potensial- og barrierestudie - energieffektivisering av norske boliger (Enova 2012)

Prosjektet har tatt for seg en kategori bolig som er utbredt i Norge, men funnene i prosjektet og tiltakene beskrevet i brosjyren har likevel gyldighet for andre typer boliger, spesielt trehus, med annen konstruksjon eller med flere boenheter.

2. Om tiltakene

I prosjektet var det ønskelig å finne de tiltakene som ga mest mulig effekt, uten at de medførte for omfattende inngrep i bygget. Det skulle også være en relativt lav terskel for gjennomføring. Gjennom litteraturstudier og diskusjoner i styringsgruppa ble det valgt ut fire tiltak som etter prosjektet ble presentert i brosjyra «Enøk i gamle hus», utgitt våren 2017. Tiltakene som ble presentert var som følger:

1. Etterisolering (mot loft og kjeller)
2. Vinduer (oppgradering med varevinduer/innervinduer)
3. Tetting (begrensning av varmelekkasjer rundt vinduer, dører, overganger vegg-tak og lignende)

4. Temperaturstyring (natt- og/eller dagsenking)

Tiltakene er definert som små og mellomstore, sammenlignet med tiltak som krever en større inngripen i bygningen og bygningsfysikken og hvor selve tiltaket blir mer omfattende når det gjelder arbeidsmengde og kostnader. I denne sammenhengen er *større tiltak* enten betydelig dyrere, krever en langt større arbeidsmengde, eller medfører større utslipp. Eksempler på dette kan være:

- Etterisolering av vegger (utføring, utskifting av kledning, innføring av fuktsperre m.m.)
- Utskifting av vinduer (til lavenergivinduer) og dører

Etterisolering av yttervegger vil i de aller fleste tilfeller kreve demontering og bytting av utvendig kledning, samt utføring for å få plass til isolasjon. Et slikt tiltak vil også føre til at veggen blir stående lenger ut enn vinduer og grunnmur, noe som igjen vil kunne føre til merarbeid. Tatt i betraktning hvor omfattende prosess isolering av yttervegger krever, er isolering mot loft og kjeller å regne som et mellomstort tiltak, sammenlignet med isolering av yttervegger.

Lav skaderisiko gir bedre bærekraft. I dette prosjektet er det et vesentlig poeng at tiltakene som ble presentert er forbundet med lav skaderisiko. Dette fordi skader som oppstår på grunn av innføring av tiltak med uegnede metoder eller produkter medfører et behov for større utskiftninger og inngrep som igjen fører til nye og større utslipp. Dessuten har små og mellomstore tiltak i seg selv en lavere skaderisiko enn store tiltak.

Innblåsing i hulrom i yttervegg-konstruksjoner (uten å fjerne/skifte kledning) er et tiltak som er utelatt da det medfører økt risiko for fuktskader og malingsavflassing. Dette på grunn av at utvendig kledning vil bli kaldere, og fare for at isolasjonen blir fuktig ved nedbør (Svensson et al., 2012, s. 23).

Til sammenligning kan Enova gi støtte til «oppgradering av bygningskroppen» noe som forutsetter «...at du har etterisolert boligens yttervegger, tak og grunnmur, skiftet ut vinduer og ytterdører, i tillegg til at du gjenvinner varme i ventilasjonsluft.» (Enova, 2018). Med andre ord fordrer støtten fra Enova at huseiere gjennomfører mange og omfattende tiltak.

Tiltak knyttet til oppvarming, utskifting av varmekilder og lignende er ikke en del av dette prosjektet, men kan likevel ha stor betydning for den totale energibruken og klima-avtrykket i et hus. Det kan også påvirke effekten av de forskjellige tiltakene Dette er ikke tatt med for å begrense omfanget av prosjektet, som orienterer seg mot tiltak for å redusere oppvarmingsbehov.

Vi har valgt å behandle etterisolering mot loft og kjeller som ett samlet tiltak, men det vil forekomme situasjoner hvor det kun er aktuelt å gjøre tiltak på ett av de to stedene. Uavhengig om dette utføres mot loft eller mot kjeller så er omfanget av tiltakene relativt like og energibesparelsen relativt lik.

Tiltak 1: Etterisolering (mot loft og kjeller)

Utgangspunkt

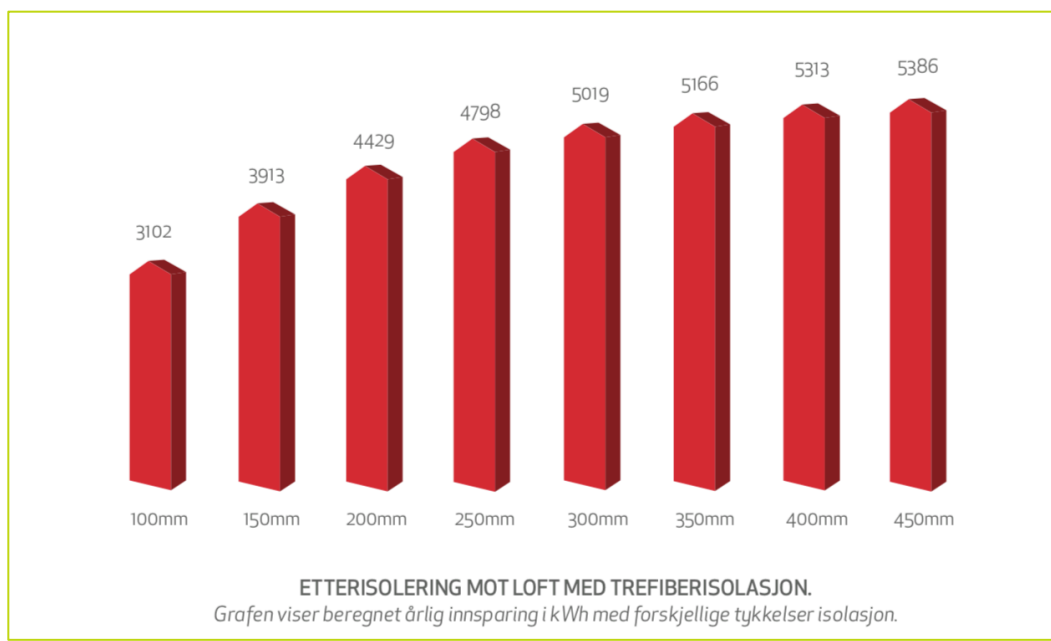
Modellhuset er i etasjeskillene ikke isolert med annet enn stubbloftsleire. Mot kaldloft er det tatt utgangspunkt i en U-verdi på $u=0,81$, mot uoppvarmet kjeller er dette tallet $u=0,61$.

Effekt og isolasjonstykkelse

Effekten av isolering mot loft og kjeller er stor. Fordelingen av varmetap på et tungt bindingsverkshus er beregnet i SINTEF-rapporten Energieffektivisering i eksisterende bygninger. (Svensson et al., 2012). Her er varmetapstallet for forskjellige elementer av bygget fordelt. Tak (loft) og gulv (kjeller) til sammen har et varmetap på 28%.

Basert på beregninger gjort av energirådgiverne i Entelligens AS har vi kommet fram til at innsparingspotensialet er klart størst ved de første 20 cm. (Entelligens, 2017) Dette er i brosjyren beskrevet slik:

Det er ikke et stort poeng å legge tykke lag. Den klart største innsparingen skjer ved de første 20 cm. Deretter avtar effekten ganske kraftig. (Fortidsminneforeningen, 2017)

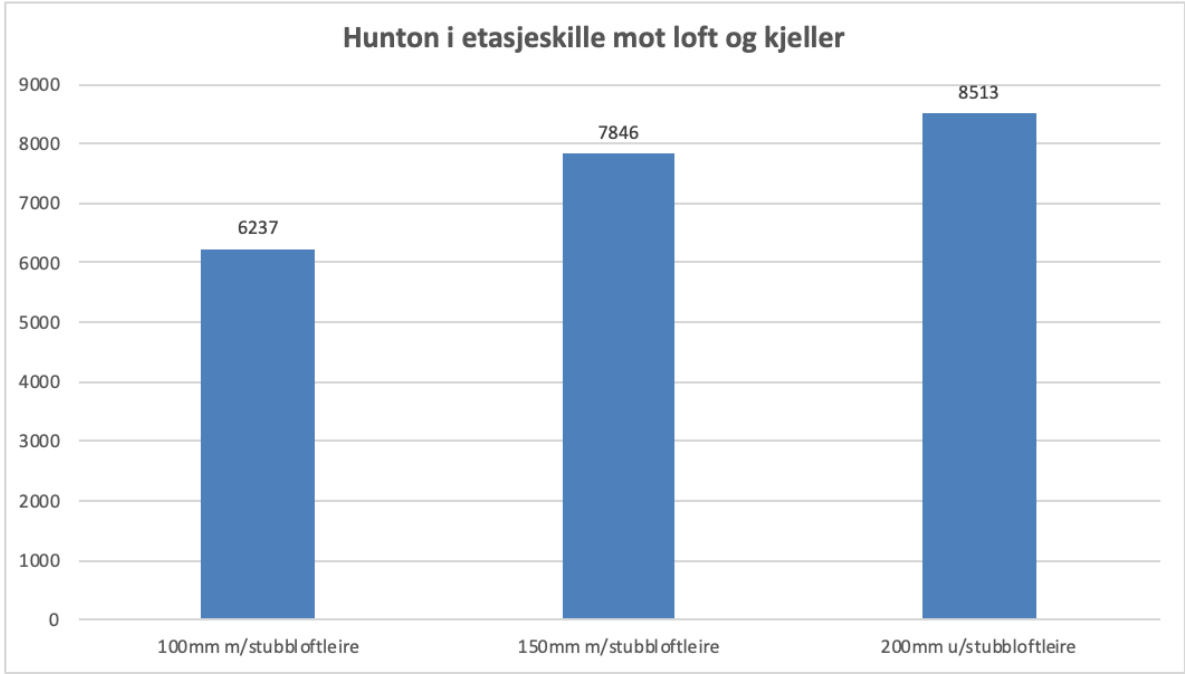


Illustrasjon fra Enøk i gamle hus.

Dette er også dokumentert i andre undersøkelser og beregninger. Blant annet kommer dette fram i arbeidet til Søren Vadstrup i Passivhus Norden:

The first 10 cm insulation material provides nearly 90% savings. So more than 10-15 cm of insulation material in walls, floors or roofs, does not pay – regarding energy or economy. (Vadstrup, 2015)

Spørsmålet om tykkelse på isolasjonslaget avhenger også av hva det faktisk er plass til.



Loft og kjeller: Beregnet årlig innsparing i kWh med forskjellige tykkelser isolasjon, med og uten stubbløftleire.

Et mellomstort tiltak

Dette tiltaket er definert som mellomstort, da det i de fleste tilfeller ikke forutsetter større inngrep. Tiltaket kan gjennomføres ved å fylle eksisterende hulrom med egnet isolasjonsmateriale. Ofte kan dette gjøres uten å komme i konflikt med gulvkonstruksjoner og uten å heve bjelkelag eller gjøre andre større inngrep.

Isolasjonsmaterialer

I brosjyren *Enøk i gamle hus* heter det blant annet:

Skal du etterisolere et gammelt hus er det klokt å ta hensyn til hvordan huset er bygget og hva slags materialer som er brukt. Derfor anbefaler vi å bruke isolasjonsmaterialer som har samme egenskaper som materialene i huset for øvrig. Da bryter man ikke opp husets opprinnelige logikk og fysikk, men spiller heller på lag med dette. Derfor anbefaler vi på det varmeste trebaserte eller andre naturbaserte isolasjonsmaterialer. (Fortidsminneforeningen, 2017, s. 6)

Og:

Enkelt forklart virker disse materialene på samme måte som treverket i huset ellers. De tar til seg fuktighet som produseres i huset, og de slipper den ut igjen. Dermed kan behovet for dampsperre reduseres, slik at det kan være tilstrekkelig med en dampbrems, eller det er nok dampbremsing i eksisterende tapeter, plater o.l. (Fortidsminneforeningen, 2017, s. 6)

Dette er begrunnet med blant annet funnene i masteroppgaven til Erik Lunde ved NTNU, hvor det er gjort mye arbeid med simuleringer og sammenligninger av fuktforhold i trefiberisolasjon, og fukttransport i konstruksjoner hvor trefiberisolasjon er benyttet. Her konkluderes det blant annet med følgende:

Trefiberisolasjonen er mindre avhengig av innvendig dampsperre. Trefiberisolasjon klarer seg minst like bra som mineralull under de testede klimabelastningene. Den er ikke like avhengig av tett innvendig dampbrems som mineralull. (Lunde, 2014, s. 16, 16)

Dette bekreftes også av Bjørn Berge i *Isolasjonsmaterialer av trevirke* (Berge, 2007, s. 16) Videre heter det i *Enøk i gamle hus* (Fortidsminneforeningen, 2017, s. 6):

Disse isolasjonsmaterialene har omtrent like god isolasjonseffekt som de mer vanlige glassvatt- og steinullproduktene, men de har også egenskaper i forhold til fukt som passer bedre inn i gamle hus.

Isolasjonseffekten til forskjellige isolasjonsprodukter er dokumentert i en rekke rapporter og undersøkelser og i produsentenes egne datablader, tekniske godkjenninger og varedeklarasjoner (epd, TG og lignende). Isolasjonsevnen måles i varmekonduktivitet. Denne viser seg å være tilnærmet like bra i trefiberbaserte isolasjonsprodukter som i mineralull-produkter (Berge, 2007, s. 7), (Byggforsk, 2004) Et annet moment er at varmekapasiteten (varmelagringsevnen) i trefiberbaserte isolasjonsprodukter er høyere enn i konvensjonelle isolasjonsprodukter, noe som beskytter mot overoppheting om sommeren og dermed reduserer behovet for kjøling/aircondition. (Berge, 2007)

Klimaregnskapet

Trebasert isolasjon er også et klimavennlig valg sammenlignet med isolasjonsprodukter basert på mineralull. Dette underbygges hovedsakelig av tre hovedargumenter.

1. Utslippene og energibruken ved produksjon av trefiberisolasjon er lave.

Dette er dokumentert i produsentenes miljødeklarasjoner (epd), som er utarbeidet etter gitte standarder. Isocell (EPD, 2014), Glava glassull (Glava, 2012), Rockwool mineralull (Rockwool, 2013). De forskjellige produsentenes data er sammenstilt i flere rapporter, blant annet i livssyklus (LCA)- sammenligningen til Jonas Holme/SINTEF (Holme, 2014, s. 6) I forbindelse med prosjektet «Bærekraftig klimaforbedring av eldre hus» har dette også blitt sammenstilt av Entelligens (Entelligens, 2017, s. 17).

2. Produktene er laget av en fornybar råvare som lagrer karbon
3. Produktene er enkle å resirkulere med lave utslipp og kostnader

Beregningsmodell for forholdet mellom karbonopptak og utslipp for trebaserte isolasjonsmaterialer kan for eksempel leses i SINTEF-rapport Fag 23 (Schlanbusch, 2014, s. 10) Råvaren er restprodukter/avfallsprodukter fra trelastproduksjon (Hunton m.fl.) og resirkulert avisepapir (Isofiber m.fl.)

I Norge er i dag markedsandelene til de trebaserte isolasjonsproduktene foreløpig lave, men ved et større volum og en økt produksjon er det sannsynlig at energibruk og utslipp ved produksjon vil bli enda lavere. Hunton har i 2018 satt i gang produksjon lokalt i Norge (Gjøvik) og leverer norskprodusert trefiberisolasjon fra og med i år. Nye oppdaterte epd-er fra det norske produksjonsmiljøet vil bli presentert i løpet av 2019.

Det norske markedet for trefiberbasert isolasjon er som nevnt lite, beregnet av AS Hunton til ca. 0,5% av totalmarkedet for isolasjon. Det er også relativt få produsenter og produkter tilgjengelig i Norge. For å kvalitetssikre at prosjektet hadde en god nok tilgang til produktdokumentasjon og miljødeklarasjoner innenfor produktområdet trefiberisolasjon ble det også gjort undersøkelser innenfor det svenske, tyske og østerrikske markedet, som er langt mer modent enn det norske. Arbeidet var rettet mot både isolasjonsevne og energibruk ved produksjon. Oppdraget med gjennomgang av dokumentasjon og kunnskapsgrunnlag i forskjellige databaser for bygningsmaterialer i Tyskland og Østerrike ble utført av Dorina S. Dobnig for insam as på vegne av Fortidsminneforeningen, og sammenstilt i en rapport. (Dobnig, 2016)

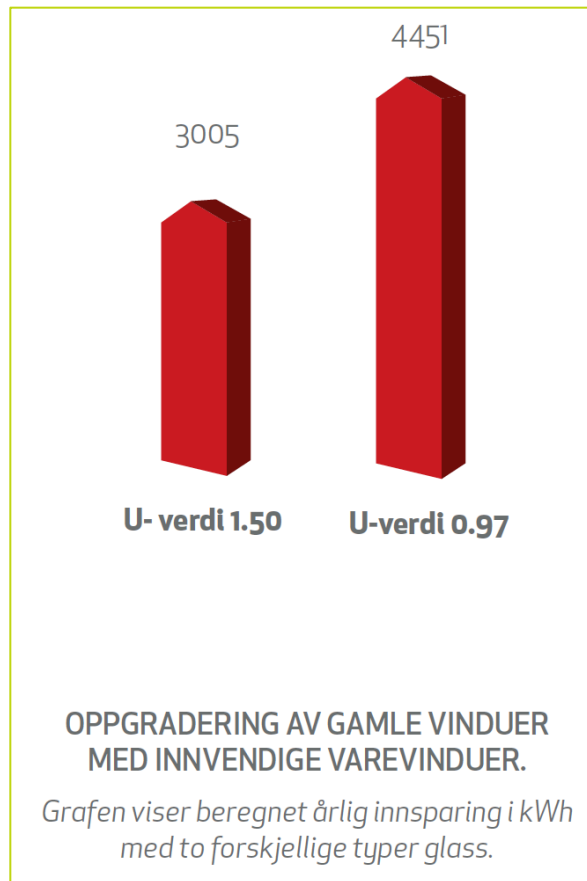
Tiltak 2: Vinduer (oppgradering med varevinduer/innervinduer)

Utgangspunkt

I modellhuset er det tatt utgangspunkt i vinduer med gamle innervinduer, med en U-verdi på $u=2,6$. I bygninger hvor det kun er enkle vinduer vil dette være enda lavere, $u=4,6$. Hvis det i utgangspunktet kun er enkle vinduer vil en oppgradering av vinduene gi en enda større besparelse.

Effekt

Utskifting av vinduer til moderne lavenergivinduer er et svært utbredt tiltak når eldre boliger skal moderniseres og der man ønsker et varmere og tettere hus. Dette er ofte begrunnet med at en stor del av varmetapet foregår gjennom vinduer og dører, beregnet til å utgjøre hele 18% av et typisk hus fra denne perioden (Svensson et al., 2012).



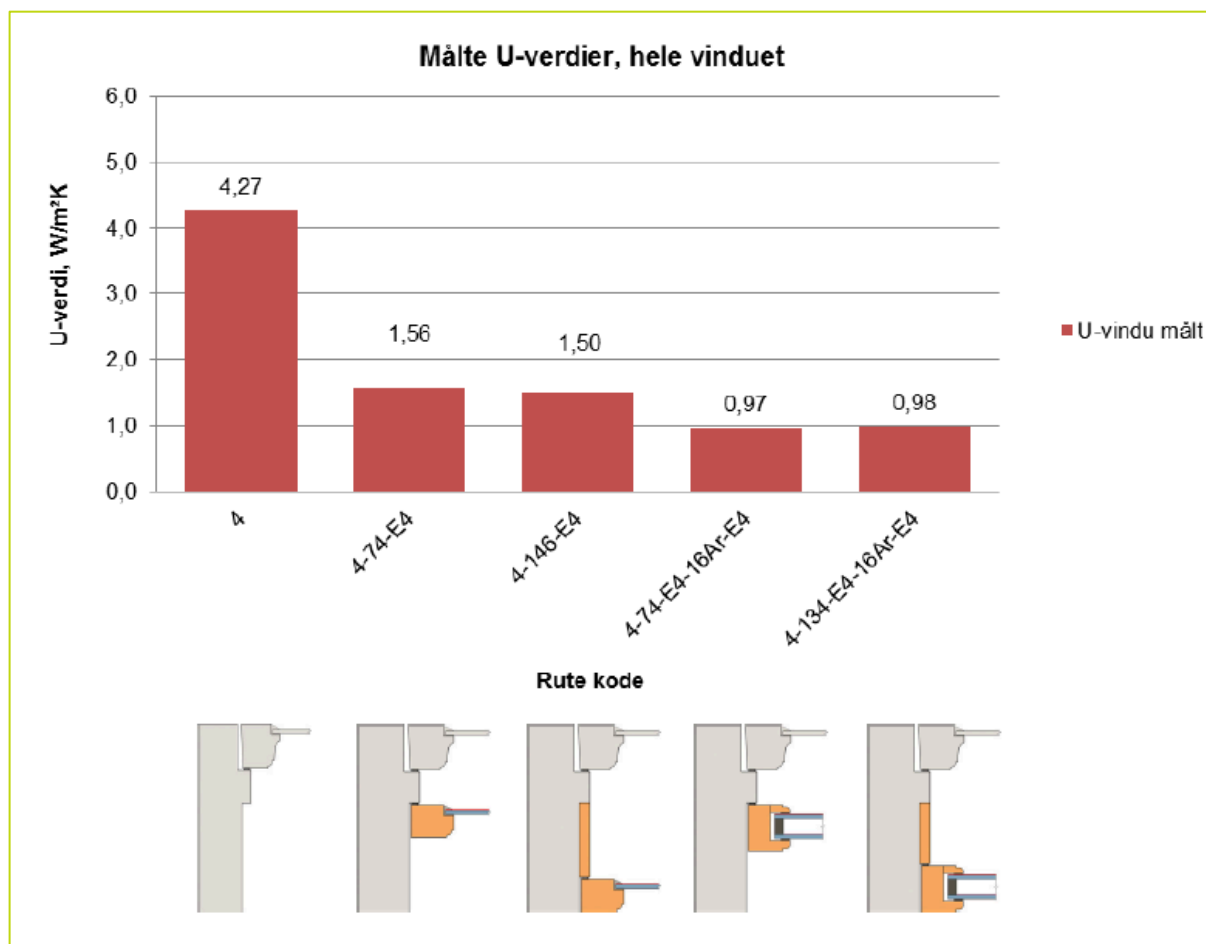
Illustrasjon fra Enøk i gamle hus

Å oppgradere eksisterende (bevaringsverdige) vinduer i eldre hus har vært praksis i mange år for mange av dem som har ønsket å ta vare på så mye som mulig av opprinnelige bygningsdeler. Den mest energieffektive metoden å gjøre dette på, som samtidig bevarer autentiske kvaliteter er å installere varevinduer (innervinduer), eventuelt å oppgradere opprinnelige varevinduer. Vi har beregnet effekten av en oppgradering med to forskjellige typer glass i varevinduene, det ene med et-lags energiglass med lavemisjonsbelegg ($u=1,5$) det andre med 2-lags isolerglass med lavemisjonsbelegg ($u=0,97$). Det har av flere blitt utført grundige målinger og analyser av effekten av dette og lignende tiltak, blant annet i SINTEF-rapporten Energieffektive bevaringsverdige vinduer, hvor det blant annet heter:

Ved å montere en innvendig vareramme med riktig rute kan U-verdien til et utbedret vindu bli minst like lav som for et nytt vindu med samme antall lag glass. Midt på ruten blir U-verdien litt høyere i et utbedret, gammelt vindu fordi ett av hulrommene er fylt med luft i stedet for argon, men dette ekstra varmetapet blir mer enn oppveid av at U-verdien til karm-/ramme-delen blir lavere i et vindu med vareramme enn i et nytt vindu med vanlige rammer. Årsaken til denne positive karm-/ramme-effekten er at avstanden mellom innvendig og utvendig glassoverflate blir større i et vindu med vareramme enn i et nytt vindu med vanlig, enkel ramme. Det medfører at varmen får en lengre vei å gå gjennom karm og ramme.

(Homb & Uvsløkk, 2012, s. 5)

De varmetekniske fordelene med varevinduer og lavemisjonsglass er også beskrevet av Søren Vadstrup i Center for bygningsbevaring i Danmark (Vadstrup, 2010).



Figur fra «Energieffektive bevaringsverdige vinduer» (Sintef 2012). Illustrasjonen viser U-verdi for forskjellige vindusløsninger: Kun originalvindu uten varevindu lengst til venstre, deretter originalvindu med to forskjellige glasstyper i varevinduet, og to forskjellige avstander mellom varevindu og originalvindu.

Et mellomstort tiltak

En oppgradering til varevinduer med energiglass/isolerglass i eksisterende, bevaringsverdige vinduer er å anse som et middels stort tiltak, da det i liten grad blir behov for å gjøre endringer på lysåpning, innramming etc. Det vil si at inngrepet i huset er lite, og det vil være lite behov for utskifting av andre materialer i sammenheng med oppgraderingen. Oppgraderingen kan utføres uavhengig av om det har vært varevinduer fra før av. Det er hensiktsmessig at vinduene for øvrig er i relativt god stand, hvis ikke bør de restaureres for å sikre enda lengre levetid. Om det har vært varevinduer fra før av kan det vurderes å erstatte glasset i disse med energiglass/isolerglass, hvis konstruksjonen tillater dette.

Klimaregnskapet

For å vurdere klimaeffekten må produksjonen av varevinduer og energibruken forbundet med dette med i regnestykket. Prosjektet fant ikke dokumentasjon på dette i eksisterende kunnskapsgrunnlag i det norske markedet. Det var mulig å finne LCAer og EPDer for nye (hele) vinduer, men ikke for varevinduer alene. Det ble derfor bestilt en livsløpsvurdering/LCA fra Norsk Treteknisk Institutt. (Tellnes, 2017) Denne rapporten ble utarbeidet og ble benyttet som grunnlag i beregningene gjort i prosjektet. Rapporten tok for seg to typer varevinduer, med både 1- og 2- lags glass. I beregningene gjort i prosjektet ble det tatt utgangspunkt i 2-lags vinduer. I dokumentasjonsarbeidet utført i det tyske og østerrikske arbeidet (Dobnig, 2016) ble det funnet dokumentasjon på energibruken til flere typer varevinduer. Både disse og beregningene til Norsk Treteknisk Institutt viser at utslipp knyttet til varevinduer i et vugge til port-perspektiv er lavere enn ved å skifte ut hele vinduene. Dette er sammenlignet med flere av de store vindusprodusentene på det norske markedet. (Entelligens, 2017)

Tiltak 3: Tetting

Utgangspunkt

Luftlekkasje/tetthet måles i oms/h, og i modellhuset er denne satt til å være 8 oms/h. I realiteten vil denne ofte være langt høyere, og dermed vil også effekten av tiltak være høyere enn hva eksemplet i brosyren viser.

Effekt

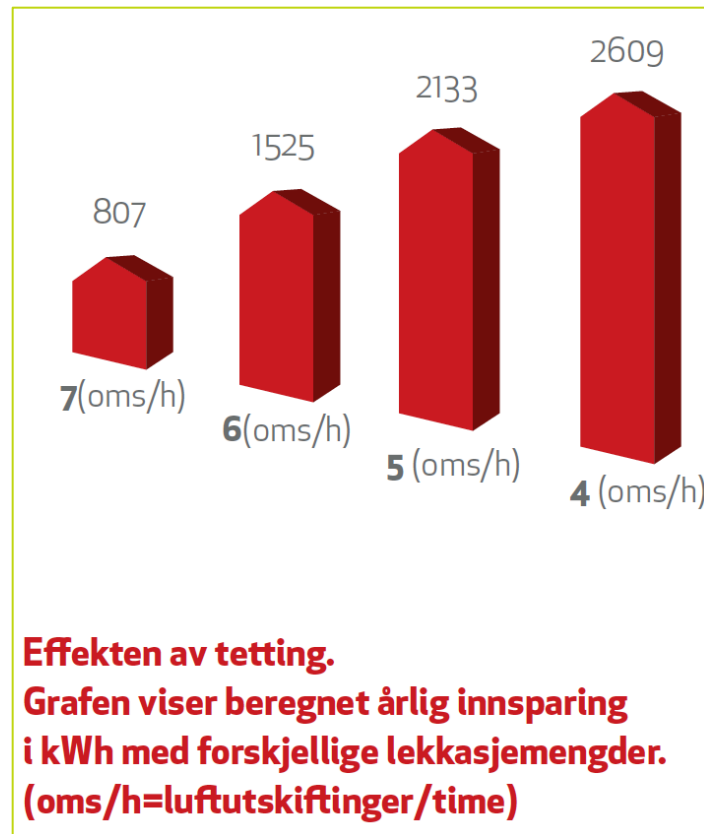
Tetting av overganger mellom vindu og vegg, dør og vegg, vegg og gulv, veg og tak med mer er et tiltak som har god effekt. Tetting med vindsperre på innersiden av kledning på yttervegger er også et effektivt tiltak hvis kledningen likevel skal demonteres. Tiltaket reduserer luftlekkasjen i bygningen, noe som har stor innvirkning på varmetap og energibehov til oppvarming. I tillegg kan tetting redusere trekk/øke termisk komfort i bygningen, og det kan bidra til at isolasjon fungerer bedre ved å redusere luftutskiftning i isolasjonen. Effekten av dette er dokumentert godt i SINTEF-rapporten Energieffektivisering i eksisterende bygninger (Svensson et al., 2012, s. 45) Utover dette påvirker også tetting adferd, siden mindre trekk gir mindre følelse av kulde, og dermed mindre behov for å oppjustere varmekilder.

Et lite og enkelt tiltak

Tiltak med tetting av overganger mellom bygningsdeler (se over) er relativt enkelt, og kan utføres uten store inngrep i boligen og uten omfattende prosjektering og planlegging. For svært mange huseiere vil det være aktuelt å utføre dette tiltaket selv. Termofotografering, med eller uten trykktesting vil bidra til å gjøre tiltaket mer målrettet, ved å finne ut hvor store lekkasjene er og hvor lekkasjene er størst. Dette er tiltak som normalt sett vil bli utført av fagfolk. Likevel faller dette tiltaket etter vår vurdering inn i kategorien lite, da det er ingen behov for utskiftning av materialer, lave kostnader og liten arbeidsmengde.

Klimaregnskapet

Mengden materialer som går med til tetting er svært begrenset. Hvis man i tillegg benytter organiske materialer (lin, ull, trefiber eller lignende) vil utslippet være minimalt sammenlignet med effekten. I klimaregnskapet for prosjektet Bærekraftig klimaforbedring av eldre hus er utslippene satt til 0. Effekten av tetting måles i luftlekkasje sett opp mot reduksjon av energibruk, og vises i grafene under. Utgangspunktet er 8 oms/h. Eldre hus har imidlertid ofte større utetthet enn dette, potensialet for innsparing er da tilsvarende større.



Illustrasjon fra Enøk i gamle hus

Tiltak 4: Temperaturstyring

Effekt

Forskjellige hustyper har svært forskjellig effekt av temperaturstyring. Sintef har beregnet dette til å ligge mellom 4% og 14% innsparing i energibruk på forskjellige boligtyper. (Svensson et al., 2012) Dette ved å senke temperaturen fra 21 til 19 grader om natten. I vårt prosjekt er det to former for tiltak som har blitt vurdert på modellhuset, nattsenking (4 timer), dagsenking (5 timer) eller begge deler (9 timer). Som et utgangspunkt vil det være forbundet med lav risiko å senke temperaturen de delene av døgnet boligen ikke benyttes, eller man sover. Hvis temperaturen senkes betydelig kan det oppstå fare for dannelse av kondens. Det er derfor ikke å anbefale.

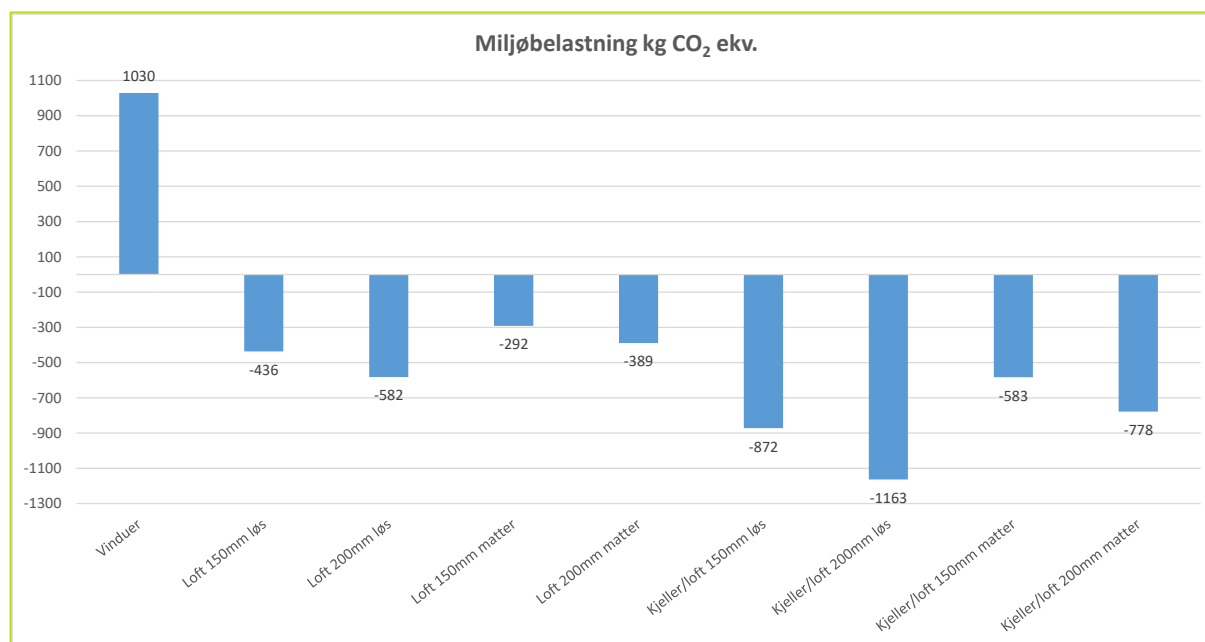
Tiltaket

Dette er et svært enkelt og lite tiltak. Det krever ingen eller få ombygginger. Hvis man ønsker å etablere et avansert system for temperaturstyring kan det kreve noen investeringer, men mange varmekilder har allerede i dag muligheter for døgnstyring.

3. Totalvurdering energisparing - energibruk

På modellhuset var det beregnet et årlig forbruk av energi (oppvarming, teknisk utstyr, tappevann og belysning) på 44 082 kWh. Ved innføring av samtlige tiltak (200mm isolasjon, varevinduer med $u=0,97$, tetting til 4 oms/h og natt/dag-senking) vil beregnet forbruk kunne reduseres årlig med 18040 kWh. Hvis kun to tiltak innføres med de «enkleste» løsningene (150mm isolasjon og varevinduer med $u=1,50$) er den årlige innsparingen beregnet til 10820 kWh.

Hvilke tiltak som gjennomføres vil variere fra hus til hus. I brosjyren (Fortidsminneforeningen, 2017) viser vi noen eksempler på kombinasjoner av tiltak og hvor stor innsparing disse fører til sammen. Vi har også gjennomført beregninger av miljøpåvirkning ved innføring av samtlige anbefalte tiltak i modellhuset.



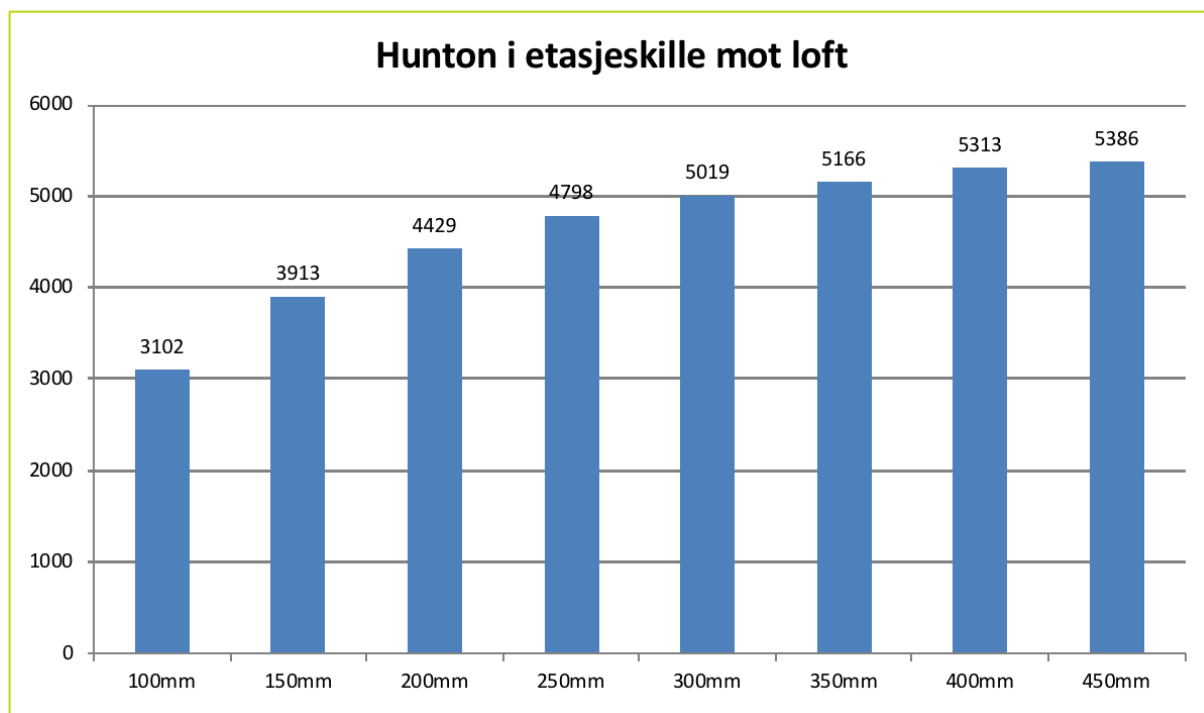
Miljøbelastning i kg CO₂-ekvivalenter knyttet til etablering av varevinduer (lengst til venstre) og forskjellige tykkelser med trefiberisolasjon. Trefiberisolasjonen har som vi ser negativ belastning (karbonfangst).

Vi velger å ha med karbonfangsten man oppnår ved bruk av trefiberbaserte isolasjonsmaterialer siden dette er en etablert beregningsmetode som i størst mulig grad reflekterer utslippsbildet for tiltakene. Det faglige grunnlaget for denne beregningsmetoden med opptak og utslipp er dokumentert i Norsk Standards NS-EN 16485:2014, Tømmer og skurlast – Miljødeklarasjoner (StandardNorge, 2014) og NS-EN 15804:2012, Bærekraftige byggverk – Miljødeklarasjoner. (StandardNorge, 2012). Beregningsmetoden for mengden karbon i treverk er utført i henhold til NS-EN 16449:2014 Tre og trebaserte produkter – Beregning av biogent karboninnhold i tre og omdanning til karbondioksid.

En vesentlig fordel med disse tiltakene er at de fungerer raskt. Gevinsten i reduksjon kommer med en gang, ikke etter mange år. Betydningen av raske reduksjoner framheves av FN's klimapanel som svært viktig for å redusere risikoen for å overstige togradersmålet.

Beregningene basert på metoden over er benyttet i utregningen som er utført av Entelligens viser at tiltakene som foreslås i prosjektet i et utslippsperspektiv kommer svært positivt ut. Dette med en isolasjonstykkelse på 200mm i etasjeskiller mot loft og kjeller. Det vil si at energibruken knyttet til produksjon av vinduer og isolasjonsmaterialer omregnet i co₂-ekvivalenter er mindre enn karbonfangsten som bruken av trefiberbasert isolasjon medfører. (Entelligens, 2017)

Ved bruken av denne typen isolasjonsmaterialer vil karbonfangsten være større jo tykkere lag isolasjon man benytter. Likevel anbefaler vi 200mm som et utgangspunkt, siden den største delen av energisparingen i huset skjer ved de første 200mm isolasjon, deretter flater effekten ut. Samtidig er 200mm ofte enkelt å installere i et hus uten at tiltaket blir stort. Se illustrasjon under.



Besparelse i kWh/år med ulike isolasjonstykkelser i etasjeskille mot loft. (Entelligens, 2017)

4. Konklusjoner og funn

- Små og mellomstore tiltak på eldre hus bidrar til omfattende reduksjon i energibruk og utslippsreduksjon, spesielt i et livsløpsperspektiv.
- Klimaregnskapet for de anbefalte tiltakene i «Enøk i gamle hus» gir totalt sett en utslippsreduksjon, **allerede før innsparing i bruksperioden starter**, grunnet lav energibruk ved produksjon og karbonfangst i materialene.
- Utslippsreduksjonen ved innføring av disse tiltakene kommer raskt. Slike tiltak er viktig for å redusere faren for å nå togradersmålet i følge FNs klimapanel.
- Det er en lavere terskel (økonomi og arbeidsmengde) for å gjennomføre små og mellomstore tiltak, det er dermed mer realistisk at dette faktisk blir utført og det er sannsynlig at flere vil utføre tiltakene. Effektene vil derfor være mulig å oppnå på kortere sikt enn hva som er mulig med de mer omfattende og kostbare tiltakene.
- Hvis mange gjør små og mellomstore tiltak på eldre hus vil dette ha en større effekt på utslipp og energi i et samfunnsperspektiv enn om noen få gjør omfattende tiltak. Det er en mindre barriere for gjennomføring av små og mellomstore tiltak, noe som kan bety at flere vil gjennomføre disse.
- Ved å gjennomføre tiltakene og materialbruken som er foreslått i «Enøk i gamle hus» vil man redusere skaderisikoen som energiøkonomisering ellers kan føre til. Grunnen til dette er at eldre hus har en annen bygningsfysikk enn man finner i nyere hus, og tiltakene i brosjyra tar hensyn til dette.
- Den største innsparingen i energibruk ved etterisolering skjer ved de første 200mm isolasjon i etasjeskillere mot loft og kjeller. Denne tykkelsen fører også i mindre grad til behov for større endringer på bygningen enn

tykkere lag.

- Det er behov for mer kunnskap om skaderisiko forbundet med forskjellige typer isolasjonsmaterialer og hvordan disse påvirker eldre hus. Spesielt gjelder dette kondens-, fukt- og råteproblematikk knyttet til etterisolering i eksisterende konstruksjoner.

5. Kilder

- Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J. A., ... Dubash, N. K. (2014). IPCC fifth assessment synthesis report-climate change 2014 synthesis report.
- Berge, B. (2007). *Isolasjonsmaterialer av trevirke*. Gaia Lista.
- Byggforsk. (2004). 573.344 *Varmeisolasjonsmaterialer. Typer og egenskaper*. SINTEF.
- Dobnig, D. S. (2016). *Energibruk i produktfasen*. insam as (for Fortidsminneforeningen). <https://fortidsminneforeningen.no/fagstoff>
- Enova. (2012). *Potensial- og barrierestudie - Energieffektivisering i norske bygg* (Enova rapport 2012:01).
- Enova. (2018). Kriterier for støtte til oppgradering av bygningskroppen Hentet fra https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/2CD651B143F24F94B35093642F677872.pdf&filename=Kriterier%20for%20st%C3%B8tte%20til%20oppgradering%20av%20bygningkroppen.pdf
- Entelligens. (2017). *Bærekraftig energieffektivisering av eldre boliger*. Oslo. <https://fortidsminneforeningen.no/fagstoff>
- EPD, B. (2014). *Isocell Blown insulation made of cellulose fibre Isocell*. Bau EPD GmbH.
- Fortidsminneforeningen. (2017). *Enøk i gamle hus*. <https://fortidsminneforeningen.no/fagstoff>
- Glava, A. (2012). *EPD for Glava glassul*. Epd-norge.
- Holme, J. (2014). *Trefiberisolasjon - miljøvennlig og fuktteknisk godt alternativ?* Innlegg presentert ved Norsk bygningsfysikkdag 2014.
- Homb, A. & Uvsløkk, S. (2012). *Energieffektive bevaringsverdige vinduer. Målinger og beregninger. Rapport*. <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/176832>
- Lunde, E. (2014). *Trefiberbasert isolasjon i bindingsverksvegger*. NTNU.
- Myhre, L. (1995). *Some environmental and economic aspects of energy saving measures in houses* University of Trondheim The Norwegian Institute of Technology Thesis for the Degree of Doctor of Engineering.
- Rockwool, A. (2013). *epd for Rockwool isolering*.
- Schlanbusch, R. M. F., S. Sørnes, K. Kristjansdottir, T. (2014). *Energi- og klimagassanalyse av isolasjonsmaterialer*. SINTEF.
- Selvig E, L. T. (2017). *Isolere og lagre co2*. Civitas. https://www.hunton.no/wp-content/uploads/2018/08/isolereoglagreco2_web.pdf
- Skeie, K., Lien, Risholt. (2014). *Energiplan - tre trinn for tre epoker*. SINTEF Byggforsk.
- SSB. (2013). Boliger, tabellnummer 06266. I. Hentet fra <https://www.ssb.no/statbank/table/06266>
- StandardNorge. (2012). *NS-EN 15804:2012*.
- StandardNorge. (2014). *NS-EN 16485:2014*
- Svensson, A., Haugen, A., Kalbakk, T. & Gåsbak, J. (2012). *Energieffektivisering i eksisterende bygninger*. SINTEF. <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/176814>
- Tellnes, L. G. F. (2017). *Oppdragsrapport LCA Varevindu*. Norsk Treteknisk Institutt.
- Vadstrup, S. (2010). *Energiforbedring av gamle vinduer*. Center for bygningsbevaring i Raadvad.
- Vadstrup, S. (2015). *Sustainable energy improvement of old buildings*. Passivhus Norden.

Vedlegg: *Enøk i gamle hus*, Fortidsminneforeningen (2017)