

Energisparing ved etterisolering av småhus



Norges
byggforsknings-
institutt 1981
særtrykk 267

NBI's feltundersøkelse har vist at innblåsning av mineralull i 100 mm bindingsverksvegger er et effektivt og økonomisk etterisoleringstiltak. Den økonomiske berettigelse av mange andre former for etterisolering er derimot ikke dokumentert. Det overveiende antall huseiere er imidlertid godt fornøyd med virkningen av etterisoleringen og mener at de har fått lunere og varmere hus.

NBI har gjennomført en feltundersøkelse av 83 småhus med ulike former for etterisolering med sikte på å klarlegge:

- Energiforbruket til romoppvarming før og etter tilleggsisoleringen og dermed energibesparelsen.
- Energibesparelsen i forhold til en teoretisk beregnet besparelse.
- Eventuell hevning av varmekomforten (intervjuundersøkelse).
- Forholdet mellom etterisoleringsteknikker og energibesparelse.

Gjennom etteriseringsfirmaer og Den Norske Stats Husbank ble det innhentet adresselister på ialt 350 hus, hvorav ca. 200 hadde fått energisparelån. Mange av husene falt etter hvert ut av forskjellige grunner: Det kunne vise seg umulig å få dokumentert pålitelige opplysninger om energiforbruket før og etter isoleringsarbeidet, det var dels foretatt påbygninger o.l., andre familier kunne være flyttet inn osv.

I mange av de 83 hus som var med i sluttundersøkelsen, var det utført flere forskjellige typer etterisoleringsarbeider. Det totale antall av hver type var:

Innblåsning av mineralull i yttervegger eller i bjelkelag	i 66 hus
Isolering med mineralullmatter eller plater	i 23 hus

Nye vinduer og dører (helt eller delvis) i 40 hus

Undersøkellesmaterialet har fått en dominans av etterisoleringsarbeider med innblåsning av mineralull i forhold til etterisoleringsarbeider med mineralullmatter eller plater og utskifting av vinduer og dører. Dette skyldes at frafallet i undersøkelsen var størst i de siste grupper.

Alle husene ble etterisolert sommerhalvåret 1977. De er geografisk fordelt på Oslo, Akershus, Østfold, Telemark og Bergen.

Husenes energiforbruk er funnet for de to siste år før tilleggsisoleringen og for de to påfølgende år. Oppgaver over elforbruk og oljeleveranser har vært innhentet fra lokale elverk og oljeleverandører. Forbruket av fast brensel har i sin helhet vært innhentet fra huseierne. Samlet for alle husene utgjorde elektrisitet 68 %, flytende brensel 28 % og fast brensel 4 % av totalforbruket, og med nær samme fordeling før og etter isoleringsarbeidene. En oversikt over husenes størrelse, energiforbruk og besparelse, isoleringskostnader m.m. finnes i tabell 1.

Husenes energiforbruk

Det samlede energiforbruk i en bolig kan oppdeles i 3 hovedgrupper:

- Tilsiktet romoppvarming (varmeovner o.l.).
- Varmtvannsberedning.
- Forbruk til alminnelig husholdning (lys, koking, TV, radio, elektriske husholdningsapparater o.l.).

NBI har ved andre feltmålinger funnet normtall for energiforbruket til varmtvannsberedning og alminnelig husholdning i avhengighet av antall personer, omfanget av energiforbrukende husholdningsutstyr, boligens størrelse m.m., og disse normtall er benyttet i denne undersøkelsen for fordeling av energiforbruket. Som eksempel vil en familie på 3 personer i en gjennomsnittsbolig ha et årsforbruk på 3400 kWh til varmtvannsberedning og 5200 kWh til alminnelig husholdning. Forbruket til husholdning og varmtvann endres normalt ikke som følge av en streng eller mild fyringssesong, og det er antatt at disse forbruk er de samme før og etter at husene er tilleggsisolert.

Energiforbruket i elektriske varmeovner o.l. er funnet som differansen mellom totalt elforbruk i huset og dette beregnede forbruk til varmtvannsberedning og husholdning. I fyringssesongen vil en betydelig del av energiforbruket til husholdning og varmtvannsberedning gå over til varme i rom-

→

←
mene. For det tilfellet som er nevnt ovenfor, vil dette bidraget ifølge NBI's erfaringsmateriale utgjøre 4200 kWh.

Den samlede energimengde til romoppvarming vil være summen av energiforbruket i varmeovner og varmetilskuddet fra husholdning og varmtvannsberedning.

I de husene der det er fyrt med vanlig brensel er de nyttbare energimengder beregnet ut fra følgende virkningsgrader: Ved 65 %/o, koks 70 %/o, flytende brensel 75 %/o.

Alle tall i det etterfølgende gjelder den samlede energimengde til romoppvarming, temperaturkorrigert til et normalårs graddagtall.

Teoretisk energiforbruk

For å se hvor stor den virkelige energibesparelsen er i forhold til en teoretisk beregnet besparelse, er årsvarmebehovet for hvert enkelt hus beregnet ved den isolasjonsstandard huset hadde henholdsvis før og etter isoleringsarbeidet. Differansen vil tilsvare den teoretiske besparelse i varmeforbruket. Ved beregningene er det ikke gjort fradrag for arealer som utgjøres av delvegger, trapper, piper o.l. Hele huset, eller leiligheten, er beregnet som et stort rom hvor arealet er beregnet til midten av hver yttervegg og med en etasjehøyde lik senteravstanden mellom etasjeskillere. Teoretisk årsvarmebehov er beregnet ut fra transmisjonstapet alene, dvs. produktet:

$k\text{-verdi} \times \text{areal} \times \text{graddagtall}$

for yttervegger, vinduer og dører, tak og gulv. Graddagtallet er beregnet ut fra en innetemperatur på +20°C. Beregningsmetoden tar altså ikke hensyn til varmetapet ved ventilasjon, men heller ikke hensyn til varmegevinsten ved solstråling og varme fra personer m. m. Det er med andre ord regnet om om disse varmetap og varmegevin-

ster oppveier hverandre. I virkeligheten vil nok varmetapet ved ventilasjon i de fleste tilfeller være noe større enn de samlede varmegevinster, men såvel husenes ventilasjonstap (husenes utetthet) som varmegevinsten ved solstråling gjennom vinduene (vindusstørrelse, orientering, avskjerming) vil variere i så høy grad fra hus til hus at det ikke er mulig å finne frem til pålitelige tall i de enkelte tilfeller. Hensikten har vært å få en enklest mulig beregningsmetode slik at resultatene fra undersøkelsen lett kan anvendes i praksis.

Den benyttede beregningsmetode gir et teoretisk energiforbruk som ligger meget nær det virkelige energiforbruk i vanlige småhus. Før etterisoleringen av de 83 husene gir således beregningsmetoden i gjennomsnitt et teoretisk forbruk pr. hus på 28 560 kWh, mens det virkelige gjennomsnittsforbruk var 27 910 kWh, altså en forskjell på bare 2,3 %/o.

Virkelig energibesparelse

Energibesparelsen varierte i meget høy grad fra hus til hus, men også fra det første år til det neste. Første året etter at isoleringsarbeidene var utført, var den gjennomsnittlige besparelse for alle husene bare 25 %/o av hva isoleringen teoretisk skulle gi, mens besparelsen det andre året økte til 58 %/o. Årsaken til denne økning i besparelsen fra det første til det andre året er usikker, men synes i noen grad å kunne tilskrives følgende:

- Første året fortsatte beboerne å varme opp sine hus som før og fikk derfor vesentlig høyere temperaturkomfort og mer gjennomvarme hus.
- Dette førte til at besparelsen første år ble langt mindre enn ventet, slik at beboerne fant at de igjen måtte økonomisere med varmen om de skulle oppnå de ventede besparelser.

- Stigende energipriser og den generelle informasjonskampanje om energiøkonomisering kan ha forsterket spareviljen det andre året.

I det etterfølgende er det sett bort fra forbruket første året etter tilleggisoleringen. Besparelsen er regnet ut fra middelforbruk i de to årene før tilleggisoleringen og forbruket det andre året etter. Den store variasjonen i målt besparelse fra hus til hus fremgår av fig. 1. Noen hus hadde en besparelse som var vesentlig større enn det den teoretiske beregningen skulle tilsi. Den annen ytterlighet er representert ved hus som tilsynelatende brukte mer energi etter at isoleringsarbeidene var utført. Det må imidlertid advares mot å trekke konklusjoner med utgangspunkt i disse mer ekstreme enkeltresultater, da det her kan dreie seg om sterkt endrede bruksvaner før og etter isoleringen eller andre utenforliggende forhold, kanskje endog feilaktige opplysninger om energiforbruket.

Den målte energibesparelse for alle hus, som innbefatter isoleringsarbeidene fra det helt illusoriske til det mest omfattende, var i gjennomsnitt 4110 kWh pr. hus. Dette tilsvarer en midlere reduksjon på 14,7 %/o av varmeforbruket før isoleringen. Figuren viser altså at den virkelige besparelse i gjennomsnitt for alle hus var 58 %/o av det som den teoretiske beregning skulle tilsi.

Når etterisoleringen ikke fullt ut har ført til de besparelser som er ventet, skyldes nok dette først og fremst at isoleringen har gitt en økt varmekomfort, noe som klart fremgikk ved intervjuene. På spørsmål om hvilke merkbare forandringer etterisoleringen hadde medført, svarte de fleste at virkningen hadde vært positiv idet husene varmeteknisk sett var blitt mye bedre etterpå. Uttrykk som lunere hus, jevnere og bedre varme,

→

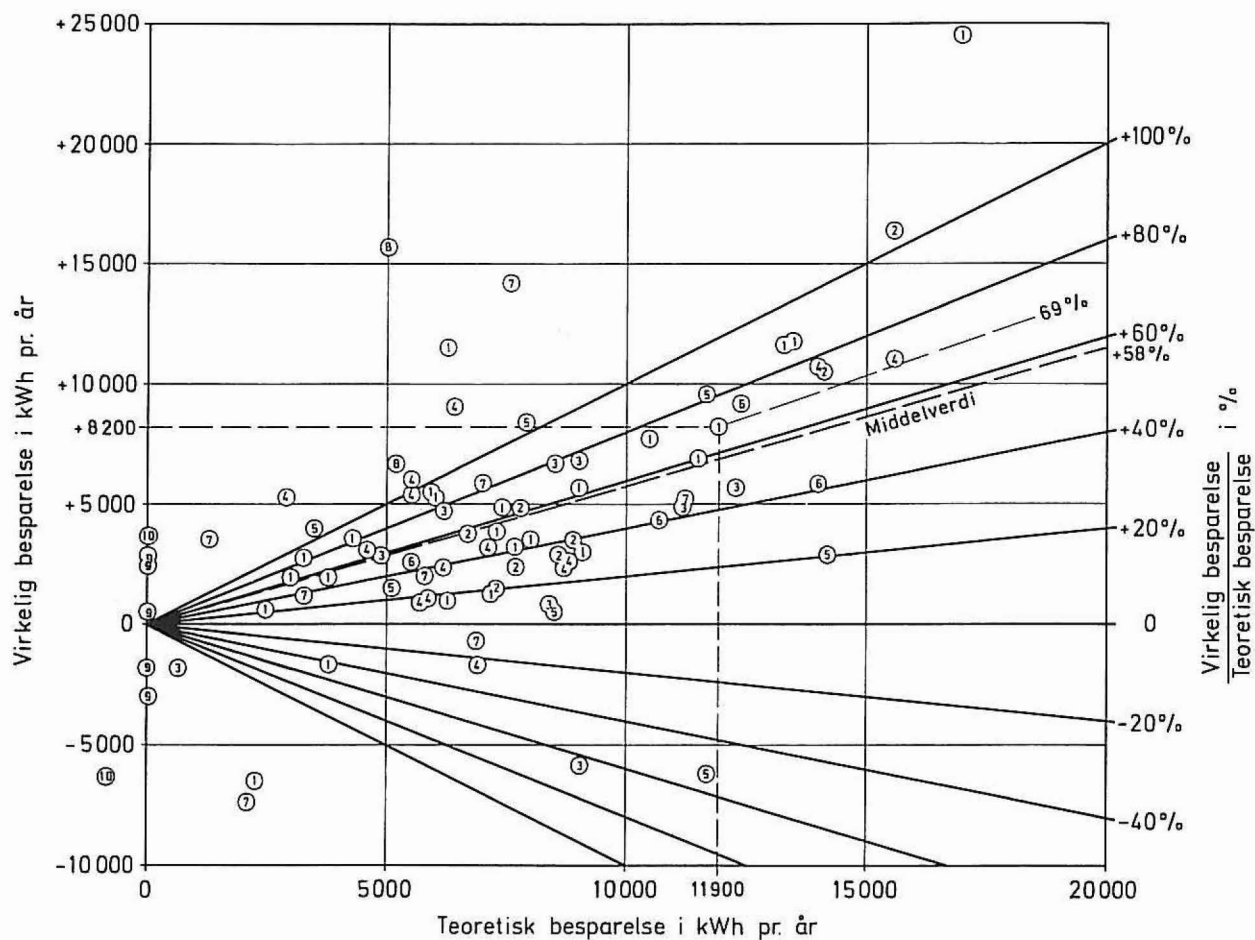


Fig. 1. Teoretisk og virkelig energibesparelse i hvert av 83 etterisolerte hus inndelt i grupper med følgende referansenummer:

1. Mineralullinnblåsning i bindingsverksvegger alene (100 mm hulrom).
2. Mineralullinnblåsning i vegger og tak/gulv.
3. Mineralullinnblåsning i vegger. Mineralullmater i tak/gulv.
4. Mineralullinnblåsning i vegger. Nye vinduer/dører.
5. Mineralullinnblåsning i vegger og tak/gulv. Nye vinduer/dører.
6. Mineralullinnblåsning i vegger. Matter i tak/gulv. Nye vinduer/dører.
7. Mineralullplater eller matter i vegger og tak/gulv. Nye vinduer/dører.
8. Nye vinduer (og dører), fra 1 til 2 lag glass.
9. Nye vinduer (og dører), fra 2 til 2 lag glass.
10. Ikke energisparende etterisoleringstiltak.

Det viste eksempel angir for et hus i gruppe 1:

Teoretisk energibesparelse 11 900 kWh.

Virkelig energibesparelse 8 200 kWh.

Virkelig besparelse relativt til teoretisk besparelse 69%.

←
mindre trekk o.l. viser at de fleste oppfatter virkningen av etterisoleringen som en bedring av varmekomforten enten dette har skjedd gjennom høyere temperatur i enkelte rom eller jevnere varme i hele huset.

Det var ellers tydelig at mange verdsatte den økte varmekomfort høyere enn besparelsen i fyringsutgiftene.

En forskjell i målt og beregnet energibesparelse kan også skyldes at den teoretiske beregningsmodell ikke er helt riktig, blant annet fordi k-verdien av de gamle veggkonstruksjoner sannsynligvis er noe bedre enn det de alminnelige standardiserte k-verdier angir. Den sjablonmessige fordeling av energiforbruket på romoppvarming, varmtvannsberedning og alminnelig husholdningsforbruk kan også føre til gale verdier for enkelte hus. Endelig kan det hende at enkelte etterisoleringsarbeider ikke har vært av tilfredsstillende håndverksmessig kvalitet. Dette er ikke spesielt undersøkt.

Etterisoleringsteknisk

Kostnadene for etterisoleringsarbeidene er innhentet hos de

enkelte huseiere, i alminnelighet i form av dokumenterte regninger. De totale kostnader består av material- og arbeidskostnader, men i et stort antall av de undersøkte husene er isoleringsarbeidet helt eller delvis gjort av huseiere eller bekjente, hvor utgiftene til arbeidslønn kan være begrenset til noe faghjelp. Det har ikke vært mulig å beregne verdien av en arbeidsinnsats, og denne er derfor ikke innkalkulert i isoleringskostnadene.

Etterisoleringsarbeider med innblåsning av mineralull er i sin helhet utført av spesielle firmaer, og de oppgitte kostnader innbefatter her alt arbeid.

Ved de fleste etterisoleringsprosjekter hvor det er anvendt mineralull plater eller matter i vegger eller bjelkelag, er arbeidet helt eller delvis utført som egeninnsats, go de oppgitte kostnader inkluderer således bare i mindre grad direkte arbeidslønn.

Utskifting av vinduer og dører kommer i en mellomstilling idet arbeidene i omtrent like stor grad er delt mellom fullt betalt monteringsarbeid og egeninnsats.

De fleste etterisoleringsarbeider gjør det i en viss grad øn-

skelig med hel eller delvis om-maling av husene, men eventuelle malerarbeider er ikke tatt med i kostnadene.

Alle etterisoleringsarbeider er referert til prisnivået da husene ble isolert, sommeren 1977.

Energipriser

Energiprisene steg jevnt i løpet av de årene undersøkelsen pågikk. I 1977 var elprisen i de aktuelle hus 10—14 øre pr. kWh og effektiv varmepris ved olje- og parafinfyring tilsvarte ca. 15 øre pr. kWh. Siden undersøkelsen har energiprisene steget betydelig, spesielt gjelder dette for brenselenergi. Prisene for etterisoleringsarbeider har hatt en mer moderat stigning.

I den økonomiske sammenligningen er det regnet med en energipris på 15 øre pr. kWh.

Sammenstilling av målinger og beregninger

Undersøkelsen ga meget store variasjoner i de registrerte tall fra hus til hus. Spesielt gjelder dette den målte besparelse i energiforbruket, slik det fremgår av fig. 1. Det sier seg derfor

Tabell 1. Sammenstilling av årlig energiforbruk til oppvarming, energibesparelse, kostnader m. m. for hus med samme type etterisoleringsarbeider. Tallene angir middelverdien for de hus som inngår i hver gruppe. Isoleringsarbeider med egeninnsats er merket med + etter kostnadstallene.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Innblåsning i bindingsverks-vegger alene (100 mm hullrom)	Innblåsning i vegger og tak/gulv	Innblåsning i vegger. Min.ull matter/plater i tak/gulv	Innblåsning i vegger. Nye vinduer/dører	Innblåsning i vegger og/seller tak/gulv. Nye vinduer/dører	Innblåsning i vegger. Min.ull matter/plater i tak/gulv. Nye vinduer/dører.	Min.ull matter/plater i vegger og tak/gulv. Nye vinduer/dører	Nye vinduer (og dører) fra 1 til 2 lag glass	Nye vinduer (og dører) fra 2 til 2 lag glass	Ikke energisparende etterisoleringstiltak	Samtlige etterisoleringsarbeider under ett
a. Antall hus	24	8	9	14	5	6	8	2	5	2	83
b. Brutto gulvareal (m ²)	144	136	116	131	147	145	145	112	123	82	135
c. Varmeforbruk før (kWh/år)	31035	28928	26979	27620	23288	27486	28410	26594	24601	12984	27910
d. Varmeforbruk etter (kWh/år)	25965	23263	24286	23220	19589	23472	25445	15417	24129	14304	23799
e. Virkelig besparelse (c—d) (kWh/år)	5070	5665	2693	4400	3699	4014	2965	11177	472	—1320	4111
f. Besparelse (100 e/c) (%)	16,3	19,6	10,0	15,9	15,9	14,6	10,4	42,0	1,9	—10,2	14,7
g. Teoretisk besparelse (kWh/år)	7535	9577	7822	7337	8567	10371	5667	5095	0	—397	7108
h. Besp. rel. til teoretisk (100 e/g) (%)	67,3	59,2	34,4	60,0	43,2	38,7	52,3	219,4	—	—	57,0
i. Etterisoleringsteknisk kostnader. år 1977 (kr.)	7343	12420	9638+	18272+	15510+	24230+	36750+	15673+	25080+	14750+	15919+
j. Investeringskostnader pr. årlig spart kWh (i/e) (kr./kWh)	1,45	2,20	3,60+	4,20+	4,20+	6,00+	12,40+	1,40+	53,00+	—11,20+	3,90+
h. Inntjeningsstid* (år)	9½	15	24+	28+	28+	40+	02+	9,5+	353+		

* Forutsatt ingen rentebelastning og fast energipris på 15 øre pr. kWh.

← selv at et enkelt ekstremt måleresultat kan ha stor innvirkning på en gruppes middelverdi, spesielt i grupper med et fåtall hus. Det må derfor knyttes store reservasjoner til tallene.

I tabell 1 er alle husene inndelt i samme 10 grupper som i fig. 1, avhengig av type etterisolering. Tabellen viser hvor mange hus som inngår i hver gruppe og videre gjennomsnittstall for de målte og beregnede verdier innen gruppen.

Tallene i tabellens to siste linjer angir hvor økonomisk fordelaktig tiltakene i de enkelte grupper har vært. Linje j viser hvor stort beløp som må investeres hvert år for å oppnå en energibesparelse på 1 kWh. Linje h angir hvor mange år det tar før det investerte beløp er innspart gjennom de reduserte fyringsutgifter, forutsatt en fast energipris på 15 øre kWh og ingen rentebelastning på investeringsbeløpet.

Undersøkelsen viser at innblåsning av mineralull i 100 mm bindingsverksvegger (kolonne 1) er en meget gunstig type etterisolering, tilsvarende en inntjeningstid på 9,5 år. Innblåsning i vegger og gulv/tak gir samlet også et relativt godt resultat (kolonne 2). En sammenligning med kolonne 1 tyder imidlertid på at innblåsning i gulv/tak alene ikke er spesielt fordelaktig, idet en kryssanalyse indikerer en inntjeningstid på over 50 år. Dette kan skyldes at bjelkelagene fra før av er delvis fylt med stubbeloftsleire eller lignende

Isoleringsarbeider som består av en kombinasjon av innblåsning og etterisolering med mineralullplater eller matter, eventuelt også med utskifting av vinduer/dører (kolonne 3—6), viser en lengre inntjeningstid, 24—40 år, til tross for at gruppen omfatter isoleringsarbeider med egeninnsats. At resultatet er såvidt bra for disse kombinerte isolasjonsarbeider, synes i

vesentlig grad å måtte tilskrives den meget gode effekt ved mineralullinnblåsning i yttervegger. En kryssanalyse for tallmaterialet i kolonnene 1—6 indikerer at de andre typer etterisolering knapt noen gang vil bli inntjent. Til tross for at det samlede materiale for disse kryssanalyser er så stort som 66 hus, må det frarådes å trekke for bestemte konklusjoner av dette.

Etterisolering med mineralullplater eller matter i vegger og bjelkelag kombinert med utskifting av vinduer og ytterdører (kolonne 7), viser ikke noe gunstigere resultat, med inntjeningstid på over 80 år, enda egeninnsatsen ikke er medregnet. Dette høye tall kan bl. a. skyldes at de aller fleste som har skiftet vinduer har bibeholdt dobbelt glass. To av husene har økt antall glass i vinduene fra 2 til 3, men heller ikke disse kan oppvise energisparing av betydning.

To hus har bare skiftet vinduer fra enkelt til dobbelt glass (kolonne 8), og har begge hatt en betydelig reduksjon i energiforbruket, langt over teoretisk beregnet. De viser også ellers et gunstig økonomisk resultat med inntjeningstid på 9¹/₂ år. Antall hus er imidlertid altfor lite til at det kan trekkes sikre konklusjoner.

Fem hus har bare skiftet vinduer, men bibeholdt glass (kolonne 9). Gjennomsnittstallene viser en helt ubetydelig energibesparelse, og denne kan like gjerne tilskrives utenforliggende forhold, f. eks. økte energipriser.

De to husene i kolonne 10 har fått utført arbeider som er registrert som etterisolering, men som både i teori og praksis fører til noe større energiforbruk.

Sammenfatning og konklusjon

— I alt 350 hus var i utgangspunktet med i NBI's etterisoleringsundersøkelse, men

på grunn av usikre opplysninger, påbygninger, endrede bruksforhold m.m. ble bare 83 hus med i sluttundersøkelsen.

- Huseierne har gjennomgående vært godt fornøyd med etterisoleringen og mener at de har fått varmere og bedre hus.
- Første året etter tilleggsisoleringen viste bemerkelsesverdig liten reduksjon i energiforbruket. Energibesparelsen var vesentlig større det andre året, og det er denne besparelse som er lagt til grunn i undersøkelsen.
- Den virkelige energibesparelse har i gjennomsnitt bare vært 58 % av en teoretisk beregnet besparelse.
- Den gjennomsnittlige energibesparelse for alle 83 hus har vært 4110 kWh pr. år, noe som tilsvarer 14,7 % av varmemeforbruket før tilleggsisoleringen.
- Innblåsning av mineralull i bindingsverksvegger med 100 mm hulrom har gitt meget gode resultater med god økonomi. Det investerte beløp kan ventes inntjent i form av reduserte fyringsutgifter på mindre enn 10 år.
- Etterisolering av vegger, tak og gulv med mineralull matter og plater har gjennomgående vært mindre attraktivt ut fra rene energiøkonomiseringshensyn. (Det må her presiseres at undersøkelsesmaterialet ikke omfatter noe tilfelle av fullstendig isolering/ompaneling av yttervegger, og heller ikke isolering av bjelkelag mot åpent loftstom ved utrulling av mineralullmatter. Dette siste er sannsynligvis en av de aller mest attraktive etterisoleringsarbeider.)
- Utskifting av vinduer fra enkelt til dobbelt glass har gitt meget gode resultater, men undersøkelsesmaterialet er sparsomt, bare 2 hus.

→

←

- Utskifting av dobbelte vinduer med nye 2 lags forseglede glass har som ventet ikke gitt energibesparelse. Undersøkelsesmaterialet har heller ikke indikert energibesparelse ved utskifting av vinduer fra 2 til 3 lag glass. Dette kan forklares ved at tidligere dobbelte vinduer, som består av en innadslående og en utadslående ramme, er nesten like varmeisolerende som 3 lags for-

seglede glass i samme ramme.

Etterskrift

Feltundersøkelsen slår klart og entydig fast at innblåsning av mineralull i hulrommet i 100 mm bindingsverksvegger har vært et sikkert og økonomisk berettiget energisparetiltak.

Det er bemerkelsesverdig at mange andre etterisoleringsarbeider, som teoretisk burde være effektive, ikke har vist noen overbevisende økonomi i denne

feltundersøkelsen. Det må advares mot å trekke generelle konklusjoner av dette, men det synes på den annen side berettiget å sette et spørsmålstegn ved den tekniske og håndverksmessige utførelse av flere av disse tiltak, som ofte gjøres ved egeninnsats. Uheldige detaljutførelser kan f.eks. føre til ukontrollert gjennomblåsning eller luftinntrengning i konstruksjonen, noe som gjør isoleringen illusorisk. Det er et klart behov for en nærmere utredning av disse forhold.

Særtrykk fra
NORSK VVS NR. 7/1981