



Byggeteknik

FORBEDRING AF EKSISTERENDE ETAGEBOLIGERS KLIMASKÆRM

RESUMÉ:

I nærværende delrapport redegøres for de tekniske løsninger, som forventes at blive de mest anvendte i forbindelse med ekstraisoleringsforanstaltninger i eksisterende etageboliger.

Der er foretaget en foreløbig vurdering af energibesparelser og anlægsudgifter ved isolering af en eksisterende etagebolig som angivet i skemaet på side 20.

De anførte enhedspriser er for en dels vedkommende baseret på priser, der er indhentet ved licitation, men priserne er gennemsnitspriser, der kan variere væsentligt fra sag til sag.

Energibesparelserne er beregnede og derfor behæftede med en vis usikkerhed. En usikkerhed, der søges afklaret gennem den fortsatte undersøgelse, der omfatter målinger i vinteren 1977-78 af de energibesparelser, der opnås i praksis ved ekstraisolering af en eksisterende etagebolig.

Det skal bemærkes, at de angivne energibesparelser er baseret på, at der ikke i forvejen er udført nogen form for isolering, tætning eller automatisk regulering i bygningen.

Juli 1977

YDERLIGERE OPLYSNINGER KAN FÅS VED HENVENDELSE TIL:

Civilingeniør Georg Christensen, Statens Byggeforskningsinstitut
Akademiingeniør Mogens Nørregaard, A/S Dominia

Eftertryk tilladt med kildeangivelsen SBI-NOTAT og nr. Ved brudstykkevis gengivelse er det dog en forudsætning, at ovenstående resumé medtages, da meninger og resultater kan forflygtiges, hvis tekst eller illustrationer tages ud af den oprindelige sammenhæng.

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

31 JULI 1996

00740 P

DELRAPPORT vedr.

Energibesparende indgreb i eksisterende etageboligers klimaskærm
=====

Indholdsfortegnelse:	Side:
1. Indledning	1
2. Beregning af omkostninger og energibesparelser	2
3. Energibesparende indgreb:	
3.1 Tætning af klimaskærm	5
3.2 Isolering af tage	8
3.3 Isolering af ydervægge	10
3.4 Isolering af vinduer og døre	13
3.5 Isolering af etageadskillelse mod kælder (terræn)	15
4. Regulering af varmeanlæg	17
5. Indeklima	19
6. Omkostninger og energibesparelser for gennem- snitslejlighed	21
7. Eksempler på isolering af 3 forskellige etagehuse	24
8. Sammenfatning	42
9. Litteratur	44

København, den 25. juni 1977

Denne delrapport er udarbejdet hovedsageligt baseret på teoretiske beregninger og betragtninger. En endelig verificering af de anførte omkostninger til energibesparende foranstaltninger og de opnåede energibesparelser vil først kunne ske efter afslutningen af projektets senere faser.

1. INDLEDNING

=====

Nærværende delrapport vedrører et projekt, der indgår i Handelsministeriets Program for udbygning af dansk energiforskning og -udvikling - første fase. Projektet har til formål at undersøge mulighederne for at forbedre isoleringen af eksisterende etageboligers klimaskærm, samt at vurdere de forventede energibesparelser. En nærmere beskrivelse af projektet fremgår af Statens Byggeforskningsinstituts projektprogram K-477: Forbedring af eksisterende etageboligers klimaskærm.

Formålet med denne delrapport er at skabe en kort oversigt over de byggetekniske muligheder, som foreligger ved ekstra-isoleringsarbejder. Der er angivet omkostninger (excl. moms), de forventede energibesparelser samt "tilbagebetalingstiden". Angående fordeling af forskellige klimaskærmskonstruktioner i den eksisterende etageboligmasse henvises der på nuværende tidspunkt til J. Nørgård's "DEMO" rapport nr. 5 "Bolig og Varme", april-maj 1977.

2. BEREGNING AF OMKOSTNINGER OG ENERGIBESPARELSER.
=====Forudsætninger for beregning af omkostningerne.

De økonomiske overslag over omkostningerne ved de forskellige foranstaltninger er baseret på de beregninger og skøn, som kan foretages på basis af lignende foranstaltninger, som tidligere er projekteret af det rådgivende ingeniørfirma "DOMINIA" A/S. Flere af de anvendte enhedspriser er kontrolleret ved prisindhentning på en række isoleringsforanstaltninger for en ældre 3-etages ejendom, der i forbindelse med projektets næste fase, skal ekstraisoleres i løbet af sommeren 77.

Alle enhedspriser, der er anført i de enkelte afsnits skemaer, er inklusive alle håndværkerudgifter, der er nødvendige for arbejdets fuldstændige færdiggørelse. De for kalkulationen nødvendige forudsætninger er i øvrigt anført i de enkelte afsnit. Alle priser er angivet i dagspriser pr. 01.06.77 og excl. moms.

Da enhedspriserne indeholder udgifter til alle nødvendige følgearbejder, vil de selvsagt variere meget fra projekt til projekt. F.eks. indeholder enhedsprisen for indvendig isole-ring af ydervægge udgifter til flytning af el- og TV-anten-nestik, tilsætninger omkring vinduer og nødvendigt maler-ar-bejde. Er flytning af radiatorer nødvendig, vil denne udgift påvirke m²-prisen væsentligt, især ved små vægflader. Iso-lering af ydervægge i køkkener og badeværelser vil ligeledes p.g.a. følgearbejdernes omfang medføre store variationer i enhedspriserne. De anførte enhedspriser må derfor betragtes som gennemsnitspriser, der kan variere en del fra sag til sag.

Omkostningerne bør endelig ses i relation til levetid og ved-ligeholdelsesudgifter. En sådan vurdering kræver detailun-dersøgelser og kalkulationer af forskellige konstruktioner og de materialer, der indgår heri, og er ikke medtaget i denne delrapport.

Forudsætninger for beregninger af energibesparelser.

De anførte energibesparelser er netto besparelser, og fremkommer som produktet af k-værdiforbedring x arealet x GD x 24, hvor GD-værdien = 2830 svarende til indv. temperatur på 17^o C og middelværdien af GD-tallet for sol og skygge. (GD = graddøgnstal).

Det bør i den forbindelse bemærkes, at der ved anvendelsen af et GD-tal = 2830, på normal vis, er søgt at tage hensyn til udnyttelsen af varmetilførslen fra el-installationer, solindfald, personer o.s.v. Da basisvarmens indflydelse imidlertid bliver større ved bedre isolering, bliver det reelle GD-tal mindre, hvilket der ikke er taget hensyn til i denne rapport. Dette betyder, at de reelle energibesparelser vil blive større end beregnet. En nærmere behandling af dette emne findes i [2]. Ligeledes forudsættes at alle rum hele tiden har en indv. temperatur på 22^o C - en forudsætning, der næppe er opfyldt for de ældste lejligheder. Endelig må GD-tallet skønnes for konstruktionsdele mod kældre, krybekældre og uopvarmede trapperum.

De i skemaerne anførte energibesparelser gælder for en uisolereet bygningsdel, ekstra isoleret med den anførte isoleringstykkel, og kan således kun opnås i en del af den eksisterende boligmasse. Såfremt de samme isoleringsforanstaltninger anvendes på allerede isolerede bygningsdele, vil udgiften normalt være uændret, medens energibesparelsen selv sagt reduceres væsentligt. Til eksempel kan anføres, at der ved ekstraisolering med 100 mm mineraluld af en tagkonstruktion, der i forvejen var isoleret med en tilsvarende isolering, opnås en energibesparelse pr. m² på 15 kWh/år. Såfremt loftet var uisolereet, ville besparelsen være 75 kWh/år.

Endelig bør det bemærkes, at de beregnede energibesparelser er skønnede gennemsnitsbesparelser, og kan variere en del afhængig af hvilken k-værdi den uisolerede bygningsdel har. For eks. vil der ved ekstraisolering med 100 mm isolering indvendig af en ydervæg med k-værdien, 1,0 W/m²C^o opnås en energibesparelse på 45 kWh/år pr. m². Såfremt k-værdien i stedet er

$1,5 \text{ W/m}^2 \text{ C}^0$, opnås til sammenligning en energibesparelse på 75 kWh/år. Emnet er i øvrigt behandlet i [2] .

Som et udtryk for besparelsens effekt, anvendes tilbagebetalingstiden. Der tages ikke hensyn til rente- og inflationsforhold eller prisudvikling for energien i dette begreb, og de anførte tilbagebetalingstider må derfor alene betragtes som et retningsgivende udtryk for besparelseseffekten. Prisen pr. 1 kWh (netto) sættes til 0,1 kr., svarende til en oliepris på 800 kr./1000 ltr. og en marginal virkningsgrad på 80%.

3.1 TÆTNING AF KLIMASKÆRM

=====

3.1.0 Alment

Utætheder i ældre boliger forekommer først og fremmest i fugen mellem ramme og karm på døre og vinduer, samt i fugen mellem karm og væg (kalfatringsfugen).

Tilsvarende utætheder forekommer i mindre omfang i den nyere boligmasse, hvor det i højere grad er samlinger mellem forskellige bygningsdele, især mellem væg- og loftskonstruktioner, der giver anledning til utætheder. [1].

3.1.1 Inddeling.

- a. Tætning af fuge mellem ramme og karm på døre og vinduer.
- b. Tætning af kalfatringsfuge.
- c. Tætning af utætheder i samlinger mellem forskellige bygningsdele.

3.1.2 Udførelse af tætning.

- a. I false på vinduer og døre er regnet med tætning af selvklæbende, bløde PVC skumlister. Alternativt kan tætningen udføres ved hjælp af hårde plastlister (trælister), der er forsynet med en blød gummivulst, og som fastsømmes til karmen.
I visse tilfælde er en justering af hængslingen nødvendig.
Forsynes vinduerne med forsatsvinduer, kan der tillige opnås en tætning af vinduet.
- b. Kalfatringsfuger udbedres med elastisk fugemasse, nødvendigt fugeunderlag og primning.

- c. Udbedring af utætheder ved sammenbygning af forskellige bygningsdele udføres hovedsagelig ved hjælp af fugemasse, tætningslister, afdækning o.lign.

3.1.3 Omkostninger og energibesparelse ved tætning af klimaskærm.

En vurdering af omkostningerne ved tætning af en given lejlighed er afhængig af bygningsdelens udformning og tilgængelighed (behov for stillads).

I den anførte enhedspris på tætning af kalfatringsfugen er indregnet udv. stillads svarende til en 3-etages blok. Energibesparelsen er udregnet på basis af en lejlighed af gennemsnitsstørrelse - se [2] - på 60 m^2 og et volumen på 160 m^3 . Fugelængderne er skønnet udfra et vinduesareal på $7,2 \text{ m}^2$, og luftskiftet er regnet nedsat fra 0,7 til 0,4 gange i timen [1]. Den samlede energibesparelse formodes skønsmæssigt at fordele sig med 2/3 til tætning af vindue og dør, 1/3 til tætning af kalfatringsfuge.

Foranstaltning	Omkostninger kr/lbm fuge	Omkostning pr. lejlighed kr.	Energibesparelse kWh/år pr.lejll.	Tilbagebetalings- tid år
Tætning af vindue og dør	8	$35 \times 8 = 280$	785	3,6
Tætning af kalfatrings- fuge	$60^{\text{x)}}$	$25 \times 60 = 1500$	390	38,5
Tætning af diverse utætheder	-	-		

x) Kan tætningen udføres indefra, er omkostningerne 35 kr./lbm. fuge.

Det kan tilslut bemærkes, at tætning af vinduer og døre er relativt let at udføre, og at mange beboere vil kunne gøre det selv. I så fald må omkostningerne til tætning af vinduer og døre formodes at kunne nedbringes til ca. 1/3.

3.2 ISOLERING AF TAGE

=====

3.2.0 Alment

Hovedparten af de eksisterende ældre etageboliger har tage med høj rejsning enten i form af hanebåndsspærfag eller gitterspær, medens tage med lav rejsning og flade tage først forekommer i større omfang blandt de nyere etageboliger.

Er tagrummet uudnyttet, vil en passende merisolering nemt kunne etableres ovenpå loftet, også for tage med relativ lav hældning, medens en udnyttelse af tagrummet enten med beboelse eller pulterrum o.lign. af praktiske grunde kan gøre det nødvendigt at anvende en isolering af hulrum mellem bjælker eller under loftet i stedet.

3.2.1 Inddeling

- a. Isolering direkte ovenpå loftet i uudnyttede tagrum.
- b. Isolering af tagskrån timer og skunkvæg i udnyttede tagrum.
- c. Isolering mellem lofts bjælker.
- d. Isolering under loft.
- e. Udvendig isolering af flade tage.

3.2.2. Udførelse af isoleringen

- a. Mineraluld udlægges i den ønskede tykkelse direkte ovenpå loftskonstruktionen.
- b. Der isoleres med mineralulds mætter (plader) mellem spærene ved tagskrån timer, og skunkvæggen isoleres på tilsvarende måde. Isolering fastholdes med 2 mm galv. tråd eller spredt brædeforskalling.
- c. Isolering mellem lofts bjælker med gulvbrædder over kan ske ved indblæsning af isoleringsmateriale i eksisterende hulrum eller ved optagning af gulvet, nedlægning af isolering og retablering af gulvet.

- d. Isolering under det normale loft udføres af lægter med mineraluld, dampspærre og pladebeklædning.
- e. Flade tage kan - såfremt en vurdering af den samlede konstruktions fugt- og ventilationsforhold tillader det - isoleres udvendigt med et nyt isoleringslag og tagpapbelægning.

3.2.3 Omkostninger og nergibesparelse ved loftsisolering.

Foranstaltning	Isolerings-tykkelse mm	Pris pr. m ² tag	Energibesparelse pr. m ² /år kWh	Tilbagebetal. tid år	Bemærkninger
Isolering på loft (a)	100	30	75	4,0	
"-"	200	55	90	6,1	
"-"	300	75	95	7,9	
Isolering af tagskråning og skunk (b)	100	60	75	8,0	
Isolering i hulrum (c)	75	45	30	15,0	Indblæsning
Isolering under loft (d)	75	175	(30) ^x 70	(58,3) 25	Lægter direkte på loft
Udv. isolering af flade tage (e)	100	110	80	13,8	
"-" (e)	200	135	90	15,0	

x) oprindelig loftskonstruktion som (c)

3.3 ISOLERING AF YDERVÆGGE

3.3.0 Alment.

Praktisk taget alle etageboliger bygget før 1950 har ydervægge af teglsten. I 1975 skønnes 70% af ydervæggens areal at bestå af teglsten, resten af letbeton, beton, træpartier o.lign. [2] .

En isolering af hulmure ved indblæsning af isoleringsmateriale vil, når der er tale om store udmuringsprocenter, hvilket især gælder for de ældre ejendomme, give en beskedent gevinst.

Udvendig isolering må udfra et byggeteknisk synspunkt anses for den bedste løsning, men er forbundet med væsentlige arkitektoniske problemer. Indvendig isolering giver en del kuldebroer og gør desuden lejlighederne mindre. Udfra et isoleringsmæssigt synspunkt må indvendige vægge mod uopvarmede trapperum betragtes som en slags ydervæg, skønt temperaturforskellen her er noget mindre. Foranstaltninger, der hæver temperaturen i trapperummet - for eksempel i form af isolering af trappeydervægge og etablering af vindfang eller isolering af de indvendige vægge - bør foretages på lige fod med de øvrige foranstaltninger. Samtidig vil gener fra de kolde vægge, der i værste tilfælde kan medføre kondens og mugdannelser, blive fjernet.

3.3.1 Inddeling.

- a. Udvendig isolering.
- b. Isolering i hule mure.
- c. Indvendig isolering.

3.3.2 Udførelse af isoleringen.

- al Isolering med ny facadebeklædning udføres af trykimprægnerede trælægter eller metalskinner, der fastgø-

res til væggen. Isoleringsmaterialet opsættes og af-dækkes med et vindtæt lag. Pladebeklædningen fastgøres, idet der sikres et ventileret hulrum mellem beklædning og isolering.

- a2 Isolering som angivet for al afsluttet med hønsenet og puds i stedet for pladebeklædning.
- a3 Ny skalmur.
- b. Isoleringsmaterialet hældes eller indblæses gennem huller i ydermuren.
- c1 Ydervæggene isoleres indvendig med en beklædningsvæg bestående af lægteskelet (stål- eller træskelet), isolering, dampspærre og pladebeklædning.
- c2 Opmuring af letbetonvæg med mineraluldsisolering i mellemrum mod ydervæg.
- c3 Sandwichelementer af isoleringsmateriale med pålimede plader af egnet materiale.

3.3.3 Omkostninger og energibesparelse ved ydervægsisolering.

Omkostningerne ved udvendig isolering er - udover valget af materialet - afhængig af facadens udformning og bygningens højde (stilladsudgifter). Den under al anførte enhedspris er baseret på en 3-etages ejendom med facader uden altaner, karnapper og andre fremspring. Pladematerialet er indregnet med en gennemsnitspris af de for øjeblikket på markedet værende beklædningsplader.

Der er ved beregning af enhedsprisen for indvendig isolering ikke taget hensyn til værdien af det areal, lejligheden mister.

Foranstaltning	Isole- rings- tykkel- se mm	Pris pr. m ² tag	Energibe- sp.pr. m ² /år kWh	Tilbage- betal.s tid år	Bemærkninger
Udvendig faca- deisole- ring (a1)	75	350	60	58,3	Plademateria- le pris kr/m ² 50 kr. x)
-"-	150	375	75	50,0	-"-
Hulmursind- blæsning	120	45	20	22,5	36 cm hulmur Udmuringspro- cent 50
Indv.iso- lering (c1)	50	270	55	49,1	
-"-	100	285	70	40,7	
-"-	150	300	75	40,0	
Indv.isole- ring m. let- beton (c2)	75	335	70	47,9	

x) Pladematerialeprisen varierer fra ca. 30 kr./m² for eternitplader til ca. 100 kr./m² for metalplader i specialudførelse, f.eks. COR-TEN plader. Den anførte pris på 50 kr/m² svarer til en profileret stålplade med plastbehandlet overflade, eller tilsvarende aluminiumsplade med lakeret overflade.

3.4 ISOLERING AF VINDUER OG DØRE:

3.4.0 Alment.

I [2] angives, at ca. 40% af etageboligernes vinduer består af eet-lagsruder, medens stort set resten består af to-lagsruder. Der er således gode muligheder for varmebesparelser ved indgreb af forskellig karakter, idet 3 lag glas idag må anses for at være det højeste antal lag, der kan anvendes.

Døre fra lejligheder direkte til det fri (havedøre eller altandøre) indebærer ligeledes muligheder for varmebesparelser, hvilket også gælder entredøre mellem trapperum og lejligheder, selvom temperaturforskellen her er noget mindre.

3.4.1 Inddeling.

- a. Isolering af vinduer med 1 lag glas.
- b. Isolering af vinduer med 2 lag glas.
- c. Isolering af døre.

3.4.2 Udførelse af isoleringen.

- a1 Montering af forsatsruder af 1 lag glas eller 2-lags-isoleringsrude.
- a2 Udskiftning af glas med 2- eller 3-lags isoleringsrude. Karmtræ bevares.
- a3 Total udskiftning af vinduer til nye 2- eller 3-lags vinduer.
- a4 Montering af isoleringsskodder, persienser, o.lign.
- b1 Montering af forsatsrude af 1 lag glas.
- b2 Total udskiftning af vinduer til nye 3-lags vinduer.
- b3. Montering af isoleringsskodder, persienser, o.lign.
- c1 Indvendig isolering med pladebeklædning.
- c2 Udskiftning til nye isolerede døre.

3.4.3 Omkostninger og energibesparelse ved isolering af vinduer og døre.

Omkostningerne ved isolering af vinduer er afhængig af udformning, antal, indbygning i huset m.m. Ved udskiftning til nye vinduer spiller materialevalget tillige en væsentlig rolle.

De i skemaet anførte enhedspriser er kalkuleret på basis af rektangulære vinduer i en 3-etages blok med 24 lejligheder, ved udskiftning af gamle vinduer er regnet med nye af træ, og prisen er incl. montage, fugning og tilsætninger og malerbehandling.

Foranstaltning	Isole- rings- tykkel- se mm	Pris kr. pr. m ² vindue	Energibe- sp.kWh pr.m ² /år	Tilbage- betal. tid i år	Bemærkninger
Forsatsruder (a1)	-	450	215	20,9	1 lag glas
"-" (a1)	-	600	260	23,1	2-lag isole- ringsrude
Udskiftning af glas (a2)	-	275	195	14,1	2-lag isole- ringsrude
"-" (a2)	-	400	250	16,0	3-lag isole- ringsrude
Udskiftning af vinduer (a3)	-	1250	205	61,0	2-lag isole- ringsruder
"-" (a3)	-	1375	260	52,9	3-lag isole- ringsrude
Forsatsrude (b1)	-	450	55	81,8	1 lag glas
Udskiftning af vinduer (b2)	-	1375	55	250,0	3 lag isole- ringsrude
Indv. isole- ring af døre (c1)	25	100	70	14,3	Entredør
Udskiftning af døre (c2)	-	1000	70	142,9	Entredør

De anførte energibesparelser er excl. evt. medfølgende besparelser i fugetabet.

3.5 ISOLERING AF ETAGEADSKILLELSE MOD KÆLDER (TERRÆN)

3.5.0 Alment.

Næsten alle etageejendomme har normal kælder eller krybekælder, en mindre del terrændæk.

En isolering på undersiden af etageadskillelsen vil ofte blive kompliceret af ophængte varme- og brugsvandsledninger, faldrør m.m., og hvor etageadskillelsen består af træbjælkelag kan isoleringen ofte med fordel foretages ved indblæsning af isoleringsmateriale i konstruktionens hulrum.

Ved isolering mod kælder sænkes dennes temperatur, og såfremt der ønskes en vis opvarmning af kælderen, kan kælderydervæggen og evt. gulvet isoleres i stedet. I mange tilfælde vil varmeafgivelsen fra varme- og brugsvandsledninger dog være tilstrækkelig til at opretholde en passende temperatur.

For terrændæk, hvor en isolering af gulvet er særdeles bekostelig, kan der i stedet udføres en udvendig isolering af soklerne.

3.5.1 Inddeling.

- a. Isolering af etageadskillelse mod kælder.
- b. Isolering af etageadskillelse mod krybekælder.
- c. Isolering af terrændæk.

3.5.2 Udførelse af isoleringen.

- a1 Isolering på underside af kælderdekke med lægter, mineraluld og beklædningsplade.
- a2 Indblæsning af isoleringsmateriale i hulrum mellem bjælker i træbjælkelag.
- b1 Isolering på undersiden af krybekælderdekke med lægter og mineraluld fastholdt med 2 mm galv. tråd eller spredt forskalling. Ved træbjælkelag uden forskalling på undersiden kan isoleringen placeres mellem træbjælkerne.

- b2 Indblæsning af isoleringsmateriale i hulrum mellem bjælker i træbjælkelag.
- b3 Opklæbning af isoleringsplader på undersiden af dæk af beton, letbeton o.lign.
- c1 Optagning af eksisterende gulv, udlægning af fugtspærre og isolering samt retablering af gulv.
- c2 Isolering på udv. side af sokler med mineraluldsplader.

3.5.3 Omkostninger og energibesparelse ved isolering mod kældere (terræn).

Foranstaltning	Isolerings- tykkelse mm	Pris kr. pr. m ² etage- adsk.	Energibesparelse sp. kWh pr. m ² /år	Tilbagebetalt tid i år	Bemærkninger
Isolering på underside (a1)	100	175	30	58,3	
Indblæsning i konstr. (a2)	75	45	15	30,0	
Isolering på underside (b1)	100	45	45	10,0	
Indblæsning i konstr. (b2)	75	45	40	11,3	
Opklæbning af isolering (b3)	100	30	55	5,5	
Isolering i gulv (c1)	50	75	10	75,0	
Isolering af sokkel (c2)	100	50	5	100,0	

4. REGULERING AF VARMEANLÆG

=====

Energiforbruget til opvarmning af en bygning er - alt andet lige - proportionalt med temperaturfaldet over klimaskærmen, d.v.s. forskellen mellem rumtemperaturen og udetemperaturen. Det er derfor af afgørende betydning for bygningens energiforbrug, at rumtemperaturen holdes så lav som muligt.

Bygningens varmebehov ændres i takt med ændringer i udetemperatur og vindforhold samt varmetilførsel fra solindfald, personer, belysning m.m. Varmeanlæggets ydelse må derfor kunne reguleres i takt hermed for at opnå et godt termisk indeklima og mindst muligt energiforbrug.

Det kan i praksis kun ske ved en automatisk regulering af varmeanlægget ved hjælp af et udekompensatoranlæg (centralregulering af fremløbstemperaturen) og radiatortermostater (regulering af varmeydelser i det enkelte rum). Herved kan der opnås energibesparelser af størrelsesorden 15-20% [3] .

Især i forbindelse med merisolering og tætning af bygninger, hvorved varmebehovet reduceres betydeligt, må automatisk regulering af varmeanlæggets ydelse anses som en forudsætning for i praksis at opnå de beregnede besparelser ved merisolering. Der er to årsager til, at der stilles endnu større krav til regulering af varmeanlægget efter merisolering af bygningen: dels vil basisvarmen (solindfald, personvarme, el, m.m.) udgøre en større del af det samlede varmeforbrug, og dels vil varmeanlægget nu være overdimensioneret, hvilket gør det endnu vanskeligere at regulere ved manuel betjening.

For en eksisterende etageejendom vil anlægsudgiften til automatisk regulering af varmeanlægget omfattende udekompensatoranlæg og radiatortermostater andrage 10-15 kr/m²,

og betalingstiden vil være mindre end 2-4 år, se [3].

Isolering af bygningen og automatisk regulering af varmeanlæggets ydelse må derfor ses i sammenhæng, og ved en helhedsvurdering af den eksisterende etageboligs energiforbrug bør endvidere indgå, at varmeanlægget er korrekt indreguleret, samt at kedelanlægget arbejder med en optimal virkningsgrad.

5. INDEKLIMA

=====

Ved isolering af de eksisterende etageboligvægge, loft over øverste etage og gulv over kælder - samt ved anvendelse af vinduer med 2 eller 3 lag glas i stedet for 1 lag, opnås en højere overfladetemperatur på disse flader, hvilket medfører et mere behageligt indeklima og muliggør en lidt lavere lufttemperatur.

Ved anvendelse af automatisk regulering af varmeanlæggets ydelse i takt med belastningsvariationerne (udetemperatur, vind, varmetilførsel fra solindfald m.m.) opnås en forbedring af indeklimaet, fordi rumtemperaturen nu kan holdes på det ønskede niveau uden generende udsving opad eller nedad.

I ældre etageboliger vil luftskiftet inden tætning af fuger ved vinduer og døre normalt [1] være så stort, at det har medført gener p.g.a. træk, især ved lave udetemperaturer og kraftig vindpåvirkning. Ved tætning af vinduer og døre opnås et mindre luftskifte i rummet, så trækgener ophører, og der derved sker en forbedring af det termiske indeklima.

Det skal bemærkes, at ekstremt tætte fuger kan medføre, at luftskiftet bliver for lille, så indeklimaet påvirkes i uheldig retning med bl.a. for høj luftfugtighed til følge. Men det skal understreges, at dette ikke vil være tilfældet ved normale fugeløsninger og vindueskonstruktioner. Der bør udføres let betjenbare friskluftventiler i vindueskonstruktionen, så den enkelte beboer selv kan etablere en forøget udluftning ved hjælp af ventilen. Herved kan luftskiftet styres i afhængighed af behovet og ikke som ved utætte fuger være afhængig af vindpåvirkningen.

Sammenfattende kan det siges, at en bedre isolering af klimaskærmen og en bedre regulering af varmeanlægget medfører et bedre indeklima, når der sørges for, at der stadig kan opnås et rimeligt luftskifte.

Det skal endelig nævnes, at de materialer, der anvendes ved vægisolering ikke må give anledning til større afgasning af giftige luftarter end at niveauet i rummet kan holdes under de hygiejnisk tilladelige grænseværdier.

6. OMKOSTNINGER OG ENERGIBESPARELSER FOR GENNEMSNITS-

LEJLIGHED.

For at give et overblik over de samlede omkostninger og varmebesparelser, anvendes i dette afsnit de beregnede enhedspriser og energibesparelser på en "gennemsnitslejlighed", således som den kan beskrives ved hjælp af [2] .

Desuden er omkostningerne søgt opdelt i udgifter til arbejds-løn og materialer.

<u>Arealfordeling.</u>	<u>K-værdiforbed- ring W/C^o m²</u>	
Lejlighedsareal	60 m ²	-
Ydervægge af 36 cm uisoleret murværk	35 -	1,0
Vinduesareal 1 lag glas	3,5 -	3,7
Vinduesareal 2 lag glas	3,5 -	0,8
Tagandel (60:3,5) uisoleret træetage- adskillelse, tegltag	17 -	1,3
Andel af kælderdek, uisoleret træ- etageadskillelse	17 -	0,5

Lejligheden er forsynet med centralvarme og har i uisoleret tilstand et beregningsmæssigt varmetab på ca. 12.000 kWh/år.

De valgte foranstaltninger er anført i skemaet efter tilbagebetalingstidens størrelse, således, at foranstaltninger med kortest tilbagebetalingstid står først.

Resumé

Som det fremgår af skemaet side 23, opnås der ved de angivne foranstaltninger en samlet nettoenergibesparelse på godt 8.000 kWh/år.

Omkostningerne andrager ca. kr. 16.000 excl. moms, hvoraf ca. 30% er udgifter til materialer, de resterende ca. 70% arbejds-løn.

Besparelserne forekommer umiddelbart store, og en verificering af de teoretiske beregninger vil først kunne finde sted senere i projektet. Det må i øvrigt antages, at en del af besparelserne kan gå tabt p.g.a. en generel hævning af den indvendige temperatur i tidligere dårligt opvarmede rum. I øvrigt vil den fulde effekt af termostatventilerne næppe kunne påregnes, før beboerne er blevet fortrolig med anvendelsen af disse.

Foranstaltning	Nettoener- gibespa- relse kWh/år	Samlede om- kostninger kr.	Omkostninger i kr.		Tilbagebe- talingstid i år	Bemærkninger
			fordelt på materialer	arbejds løn		
Tætning. Vin- duer og døre	785	280	105	175	3,6	
Regulering af varmeanlæg	2000	800	370	430	4,0	
Loftisolering 200 mm	1530	935	390	545	6,1	
Isolering af entredør	140	200	75	125	13,3	
1 lag glas ud- skiftet med 3 lag	875	1400	1035	365	16,0	
Indblæsning i kælderdek	255	765	170	595	30,0	
Tætning af kal- fatningsfuge	390	1500	500	1000	38,5	
Indv.isoler. 100 mm	2100	8550	1900	6650	40,7	15% kuldebroer
2 lag glas for synes med 1- lags fortsr.	195	1575	525	1050	81,8	
Ialt:	8270	16005	5070	10935		

7. EKSEMPEL PÅ ISOLERING AF 3 FORSKELLIGE ETAGEHUSE

=====

7.0 Indledning.

Som nævnt i de foregående afsnit, er den energibesparelse, der kan opnås ved ekstraisolering afhængig af den uisole-rede bygningsdels opbygning (k-værdi), ligesom valget af anvendelige foranstaltninger er afhængig heraf. Det er derfor nødvendigt at kende de forskellige bygningsdeles udvikling gennem årene og boligmassens aldersfordeling, såfremt man ønsker et overblik over de samlede praktisk opnåelige energibesparelser.

Nøjagtige oplysninger om den ældste del af boligmassens aldersfordeling findes ikke, og en fordeling af de forskellige typer af konstruktioner må bero på et skøn. For at belyse variationer i udformningen af etagehusene, gennemgås i det følgende tre tidstypiske etageblokke med henblik på relevante energibesparende indgreb.

Boligstatistik

aldersmæssig fordeling af lejligheder opført før 1970.

<u>opførelsesår</u>	<u>Antal (1000)</u>	<u>%</u>
- 1920	230	32
1921 - 1940	183	25
1941 - 1960	170	24
1961 - 1970	134	19
<hr/>		
Ialt:	717	100
<hr/>		

Kommentar til valg af boligtyper

Eks. 1 behandler en etagebolig opført ca. 1900 og repræsenterer gruppen op til 1920 d.v.s. 32% af boligmassen. Antallet vil imidlertid p.g.a. nedrivning af de dårligste ejendomme falde med årene.

Den valgte bygning skønnes i det store og hele at være typisk for perioden hvad angår klimaskærm og isoleringsstandard, medens antallet af beboelsesetager (5 normale etager og tagetage) må antages at være noget højere end gennemsnittet.

Eks.2 beskriver en etagebolig opført ca. 1940, der skønnes at være typisk for perioden fra omkring 1920 til ca.1950, hvor det industrialiserede byggeri så småt begynder. Perioden svarer til 37% af boligmassen.

Eks. 3 dækker etagebyggeriet fra ca. 1950 - 1970 (31%). Det bør dog bemærkes, at der i denne periode er opført en del højhuse, med deres specielle problemer i tilfælde af ekstraisolering. Det formodes dog, at langt den overvejende del af lejlighederne findes i 3-4 etages blokke.

7.1 Eks. 1. 5-etages karréejendom fra 1900

7.1.1 Beskrivelse af klimaskærm

Tagkonstruktion

Hanebåndsspær med 25 mm brædder og skiferplader, kviste af 25 mm brædder og zink. Indv. rør og puds.

Skunkvægge, skråvægge og loft af 25 mm brædder, rør og puds. Tagetagen er udnyttet til beboelse.

Ydervægge

Massivt murværk 60-36 cm. Vinduesbrystninger af 36 cm mur.

Vinduer og døre

Vinduer med enkelt lag glas og forsatsvinduer i et mindre omfang.

Etageadskillelse mod kælder

Træbjælkelag med lerindskud, forskalling, rør og puds.

Kælder

Kældergang mellem gade og baggård.
Kælder udnyttes til birum og erhverv.
Ingen centralvarme.

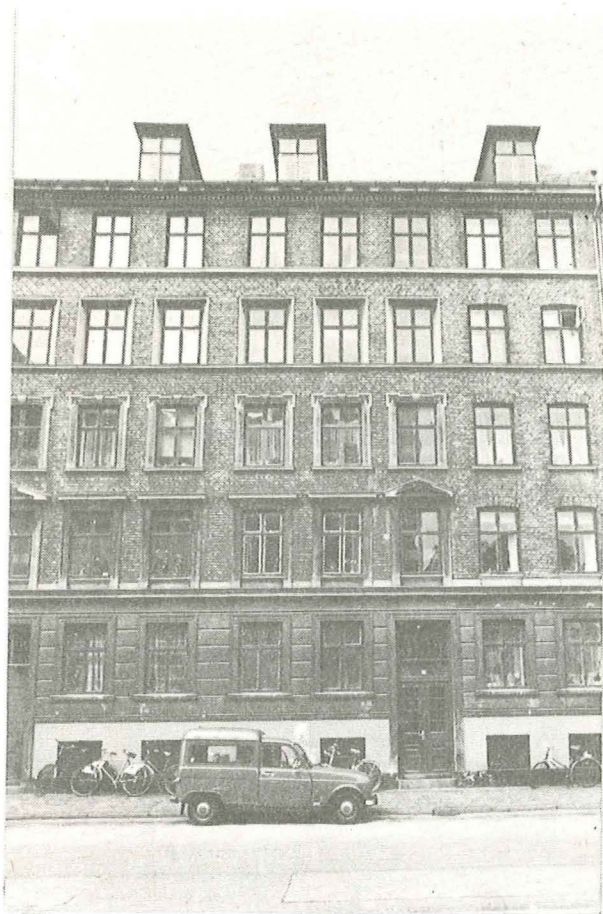
Oversigt over k-værdier

Tagkonstruktion	1,3	$\text{W/m}^2 \text{C}^0$
Ydervægge	1,05-1,6	-
Vinduer, dobbelt/enkelt	2,5 / 5,5	-
Etageadskillelse mod kælder	0,8	-

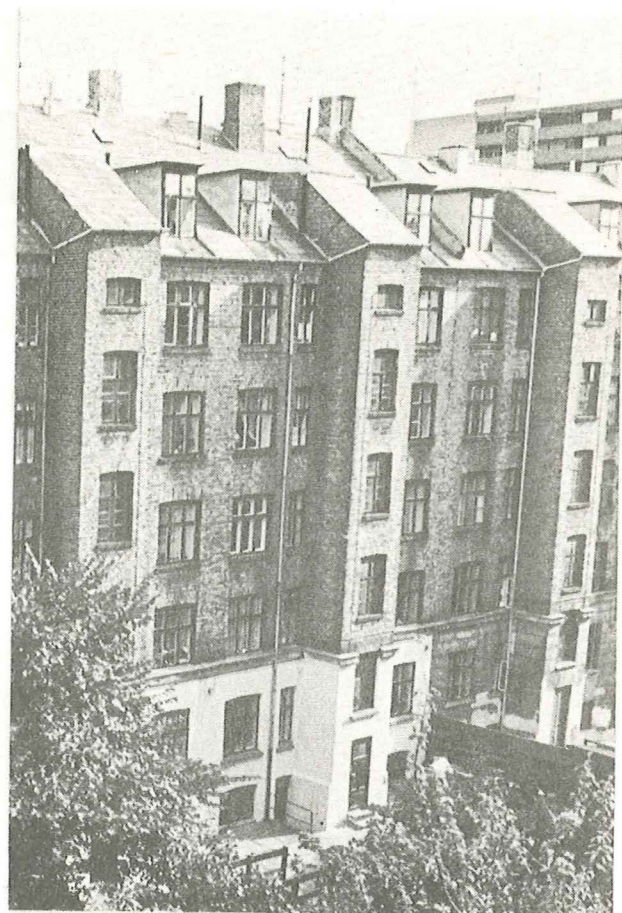
Det formodes, at kun en ringe del af denne kategori af ejendomme er ekstraisoleret.

EKSEMPEL 1.

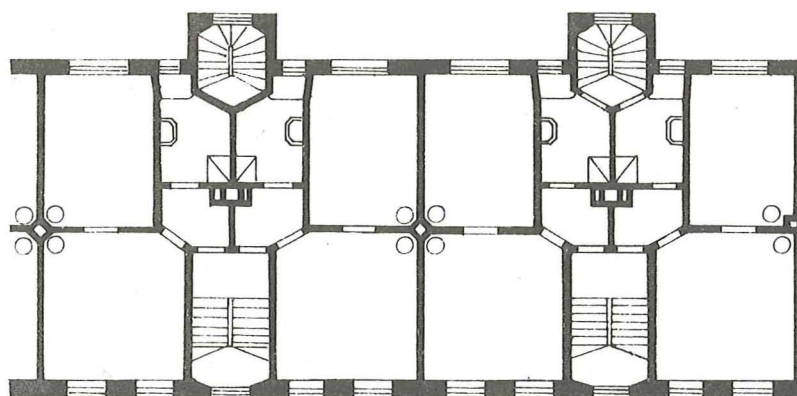
5-etagers karre'ejendom fra 1900



facade mod gade



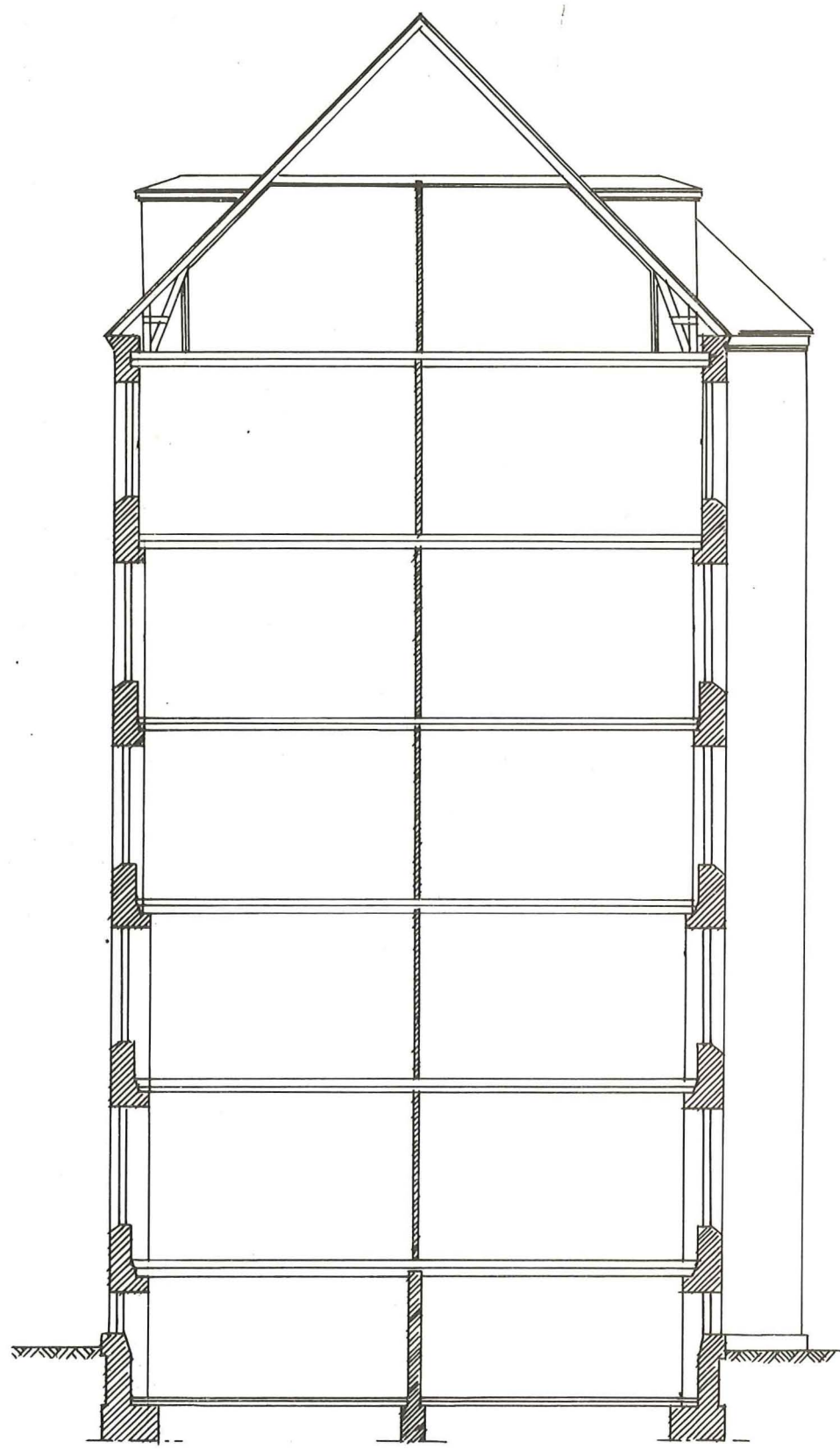
facade mod gård



PLAN 1:200

EKSEMPEL 1

5-etagers karre'ejendom fra 1900



SNIT 1:100

7.1.2 Energibesparende indgreb

Isolering af tag

Tagetagens vægge isoleres bedst med mineraluld som angivet i 3.2.2 pkt. b, idet der enten kan isoleres langs hele den skrå tagflade ned til ydervæggen eller langs skunkvæggen og gulvet (etageadskillelsen) i skunkrummet. Loftet kan isoleres på oversiden fra det tilgængelige hanebåndsløft.

Det bemærkes, at den maksimale isoleringstykkelse ved isolering af den skrå tagflade afhænger af spærdimensionen og kravet til et ventileret hulrum mellem tagbeklædning og isolering. I praksis kan regnes med en max. tykkelse på 75-100 mm. Ønskes en større isoleringstykkelse må denne tilvejebringes ved en indiv. isolering, som angivet 3.2.2 pkt. d, evt. kan en kombination af begge metoder anvendes.

Isolering af kviste og tag over bitrappe er besværlig. Der kan vælges at isolere indvendigt med en begrænset isoleringstykkelse p.g.a. tilslutningsdetaljer omkring vinduer, eller der kan opbygges en udvendig isolering, der i så tilfælde kræver afmontering af tagbeklædning, ændring af skotrender, inddækninger m.m.

Isolering af ydervægge

Ydervæggene kan isoleres udvendigt eller indvendigt, som anført i 3.3.2. Generelt kan det siges, at den udv. isolering er den byggeteknisk bedste løsning, den giver sammenlignet med indv. isolering få gener for beboerne under udførelsen, men er noget dyrere end den indv. isolering. Den indv. isolering formindsker lejlighedens areal og de kuldebroer, der nødvendigvis følger med, vil give større indvendig vedligeholdelse.

Den udvendige isolering besværliggøres af:

- a) Gadefacadens gesimser og fremspring
- b) Afslutning mod terræn og tag
- c) Tagnedløb
- d) Bitrappens fremspring
- e) Forhold til byggelinier

og umuliggøres måske p.g.a. facadens totalt ændrede arkitektur, da ejendommen indgår i et samlet gadebillede.

Den indvendige isolering besværliggøres af:

- a) Umulig at gennemføre på hoved- og bitrappe p.g.a. ringe plads
- b) Køkkeninventar, der må fjernes
- c) El-stik ved facader, der må flyttes.

Konklusion

Det kan ikke, uden detaljerede undersøgelser, kalkulationer og vurderinger, afgøres hvilken isoleringsform, der i dette tilfælde er at foretrække.

Isolering af vinduer og døre

Det må antages, at vinduerne er tjenlige til udskiftning, og de bør derfor udskiftes.

Ved en udskiftning opnås samtidig en tætning af klimaskærmen. Entredøre tættes og isoleres. (Evt. i forbindelse med brandsikring).

Isolering af kælderdek

Etageadskillelsen har en relativ god k-værdi. Det foreslås at isolere ved indblæsning i hulrum som angivet i 3.5.2 pkt. b2.

7.2 Eks. 2. 3-etages fritliggende blok fra 1940.

7.2.1 Beskrivelse af klimaskærm.

Tagkonstruktion.

Hanebåndsspær med lægter og tegl.

Uudnyttet tagrum.

Etageadskillelse mod tagrum af træbjælker med lerindskud, forskalling, rør og puds.

Ydervægge

36 cm murværk. Øverste etage af hulmur med faste bindere. Brystninger 24 cm mur.

Vinduer og døre.

Vinduer med enkelt lag glas og forsatsvinduer i et vist omfang.

Etageadskillelse mod kælder.

Træbjælkelag med lerindskud, forskalling, rør og puds. Jernbetondæk under badeværelser.

Kælder.

Kælder udnyttes til birum.

Ejendommen har centralvarme med hovedledninger under kælderloft.

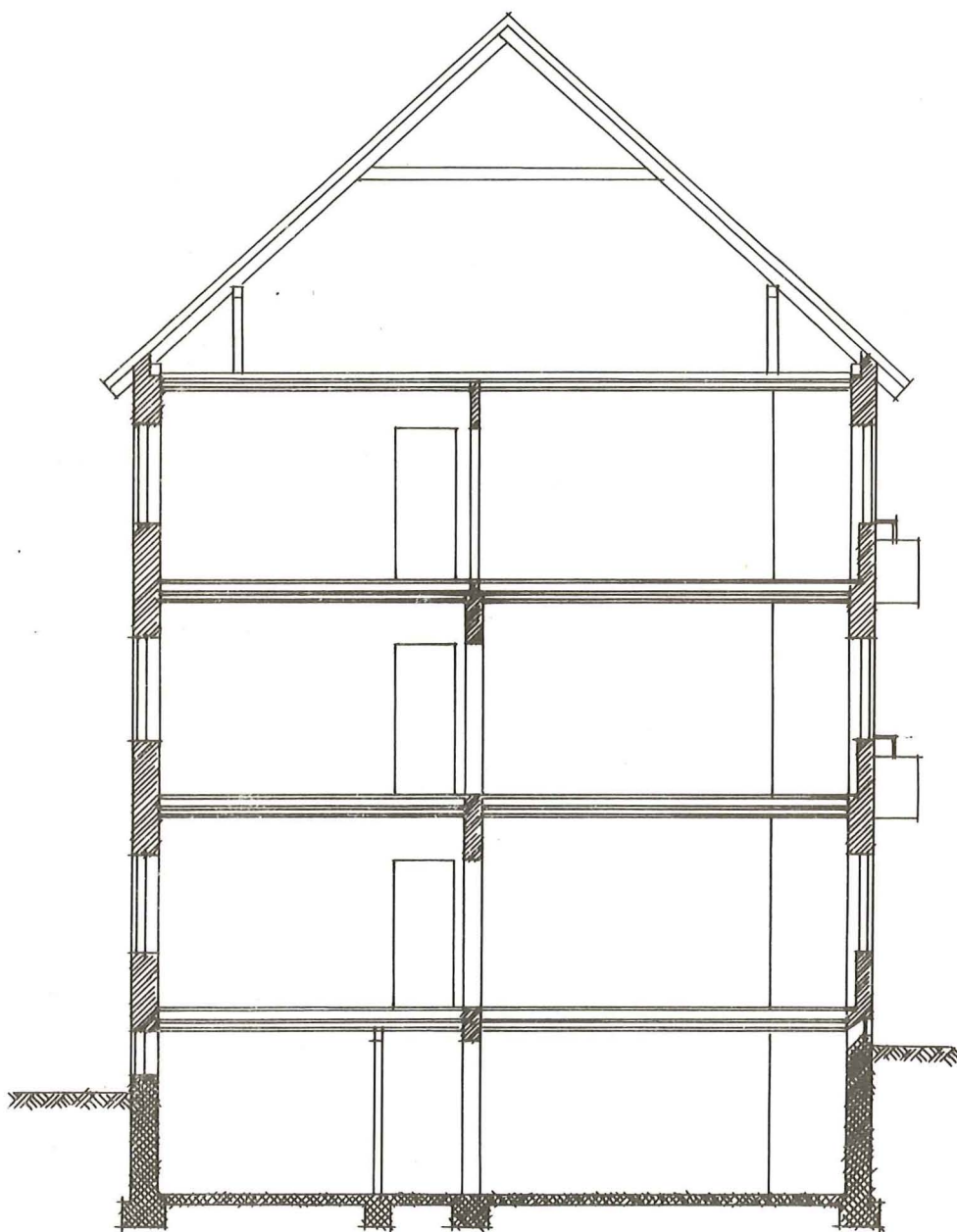
Oversigt over k-værdier:

Tagkonstruktion	1,15	W/m ² C ⁰
Ydervægge	1,4	"
Vinduer, dobbelt/enkelt	2,5/5,5	"
Etageadskillelse mod kælder, træ/jernbt.	0,8/2,6	"

Det må dog formodes, at en stor del af ejendommene har ekstra isoleret loftet.

EKSEMPEL 2.

3-etagers fritliggende blok fra 1940



SNIT 1:100

7.2.2 Energibesparende indgreb.

Isolering af tag.

Der udlægges isolering på loftet. Gangbro må hæves.

Isolering af ydervægge.

Problemstillingen er den samme som beskrevet i eks. 1. Der er dog mulighed for, at hulrumsisolere den øverste etage, men p.g.a. den store udmuringsprocent opnås ikke den store energibesparelse herved.

Den udvendige isolering besværliggøres af:

- a) Altaner i havefacaden
- b) Afslutning mod terræn
- c) Tagedløb
- d) Forhold til byggelinier
- e) Den lille altan bliver mindre.

Ejendommen vil ofte være en del af en ensartet bebyggelse, men ændring af facadebilledet forekommer mere acceptabelt for denne kategori af bygninger end eks. 1.

Den indvendige isolering besværliggøres af:

- a) Umulig at gennemføre i trapperum p.g.a. pladsforhold.
- b) Køkkeninventar, der må fjernes.
- c) Badeværelse ved facaden.
- d) El-stik og radiatorer ved facader, der må flyttes.

Konklusion

Prisforskellen mellem udvendig og indvendig isolering må i dette tilfælde antages at være lille p.g.a. de mange følgearbejder i tilfælde af indv. isolering.

Forudsat en tilfredsstillende løsning af facadens arkitektur bør den udv. isolering som angivet i 3.3.2 pkt. al vælges.

Isolering af vinduer og døre

Det må vurderes, om vinduerne er tjenlige til udskiftning, hvis ikke forsynes vinduerne med forsatsruder og kalfatringsfugen gennemgås og tættes.

Entredøre og altandøre tættes og isoleres.

Isolering af kælderdek

Etageadskillelsen isoleres ved indblæsning af isoleringsmateriale i hulrum. Jernbetondek isoleres på undersiden som angivet i 3.5.2 pkt. al.

7.3 Eks. 3. 4-etages fritliggende blok fra 1960.

7.3.1 Beskrivelse af klimaskærm.

Tagkonstruktion.

18 cm betonhuldækelementer med 70 mm polystyrol og 25 mm træbeton, tagpap.

Ydervægge

Betonsandwichelementer med 40/60 mm isolering.
Lette facadeelementer af træ, 50 mm isolering.

Vinduer og døre

2 lag glas i koblede rammer.

Etageadskillelse mod kælder/krybekælder

18 cm betonhuldækelementer. 30 mm mineraluld mellem gulvstrøer mod kælder, 50 mm mod krybekælder.

Kælder

Kælderen udnyttes til birum.

Hovedledninger til centralvarme og brugsvand ligger under kælderloft.

Oversigt over k-værdier:

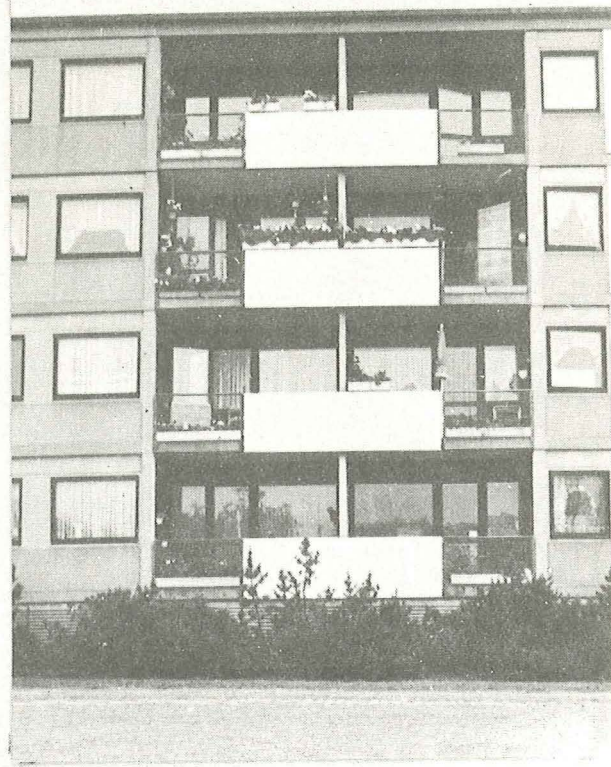
Tagkonstruktion		0,45 W/m ² C ⁰
Tunge ydervægge	1.0 - 0,9	"
Lette ydervægge	0,7	"
Vinduer	2,5	"
Etageadskillelse mod kælder/krybekld.	0,7/0,55	"

EKSEMPEL 3.

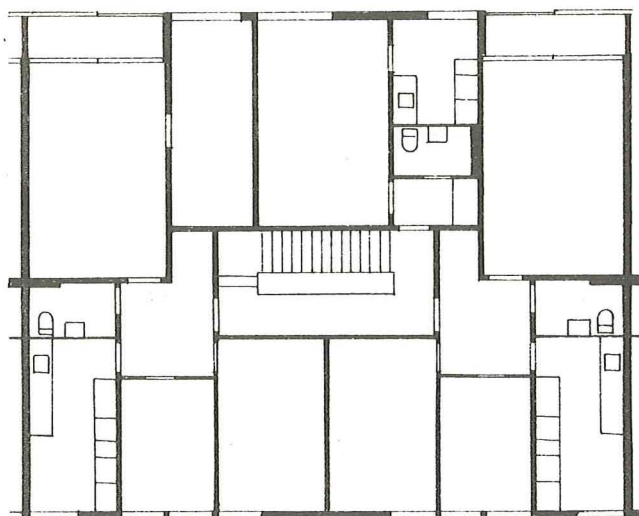
4-etagers fritliggende blok fra 1960



facade mod gade



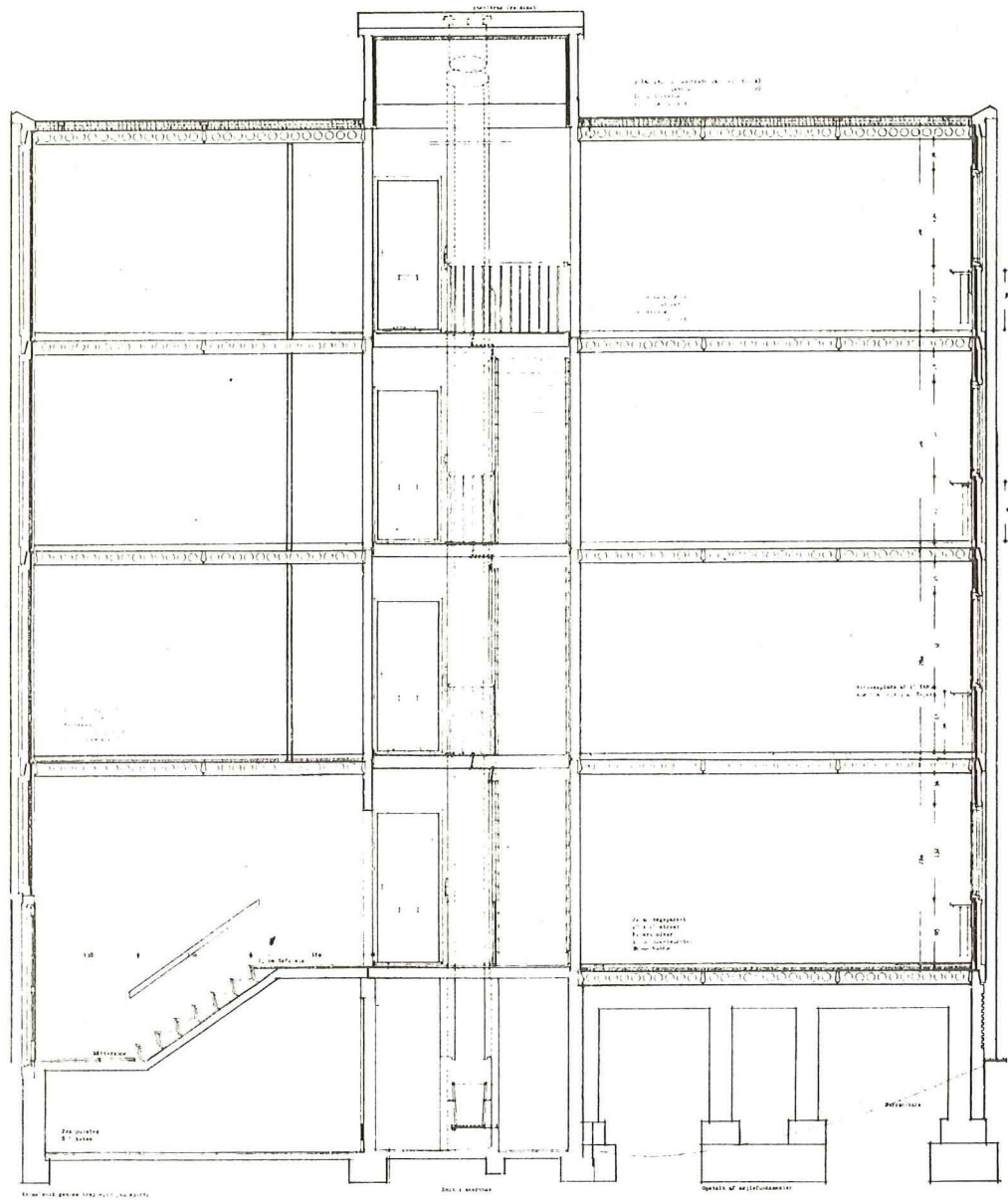
facade mod have



PLAN. 1:200

EKSEMPEL 3.

4-etagers fritliggende blok fra 1960



SNIT 1:100

7.3.2 Energibesparende indgreb

Tagkonstruktion

Tagpapdækningen skal efter en årrække suppleres med et ekstra lag pap. Denne vedligeholdelse bør kombineres med et ekstra lag isolering.

Isolering af ydervægge

Problemerne er principielt de samme for eks. 1 og 2., dog optræder det lette, rumstore facadeelement som et nyt problem.

Den udvendige isolering besværliggøres af:

- a) Altaner i havefacaden.
- b) Afslutning mod terræn.
- c) Tilslutningsdetaljer ved sammenbygning af lette og tunge facadeelementer.
- d) Forhold til byggelinier.

En ændring af facadens udseende antages ikke at volde problemer.

Den indvendige isolering besværliggøres af:

- a) Køkkeninventar, der må fjernes.
- b) Radiatorer og el-stik ved facader, der må flyttes.
- c) Flytning af vinduesplader og tilpasning til de lette facadeelementer.

Konklusion

En ekstraisolering af de lette elementer kan bedst og billigst ske ved at aftage den udvendige plade og udfylde hulrummet helt med mineraluld, hvorefter pladen igen opsættes suppleret med vindtæt pap og lister, så der etableres et ventileret hulrum mellem plade og isolering.

De tunge facadeelementer opdeler facaden i rektangulære, ensartede felter, hvilket medfører at arbejdet ved en udvendig isolering som angivet 3.3.2 pkt. a1 kan foregå rationelt og hurtigt, evt. ved anvendelse af pre-fabrike-rede elementer. Det må antages, at den udvendige isole-ring er mere økonomisk end den indvendige og den bør der- for foretrækkes.

Isolering af vinduer og døre.

Vinduer og døre tættes. Det kan overvejes at forsyne vin- duerne med forsatsruder.

Isolering af kælderdek.

Dæk mod kælder isoleres på undersiden som angivet 3.5.2 pkt. a1, medens dæk mod krybekælder kan isoleres med opklæbning af isolering 3.5.2 pkt. b3.

8. SAMMENFATNING

=====

I nærværende delrapport redegøres for de tekniske løsninger, som forventes at blive de mest anvendte i forbindelse med ekstraisoleringsforanstaltninger i eksisterende etageboliger.

Der er foretaget en foreløbig vurdering af energibesparelser og anlægsudgifter ved isolering af en eksisterende etagebolig, som angivet i skemaet side 23.

De anførte enhedspriser er for en dels vedkommende baseret på priser, der er indhentet ved licitation, men priserne er gennemsnitspriser, der kan variere væsentlig fra sag til sag.

Energibesparelserne er beregnede og derfor behæftede med en vis usikkerhed. En usikkerhed, der søges afklaret gennem den fortsatte undersøgelse, der omfatter målinger i vinteren 1977-78 af de energibesparelser, der opnås i praksis ved ekstraisolering af en eksisterende etagebolig.

Det skal bemærkes, at de angivne energibesparelser er baseret på, at der ikke i forvejen er udført nogen form for isolering, tætning eller automatisk regulering i bygningen.

Det skal understreges, at det er en betingelse for at opnå de angivne energibesparelser, at rumtemperaturen, efter merisoleringen, holdes på samme niveau som før. En yderligere besparelse på 6-8% kan opnås ved generelt at sænke lufttemperaturen fra 22^o C til 21^o C, hvilket må anses for acceptabelt, når ydervæggens overfladetemperatur hæves.

Det er således ikke tilstrækkeligt at udføre isolering og regulering, hvis ikke beboerne bagefter forstår betydningen af og er indstillet på at holde en rumtemperatur på ca. 21^o C. Det kan derfor blive nødvendigt at inddrage beboerne i sparebestræbelserne gennem informationskampagner, der samtidig motiverer dem til selv at gøre en aktiv indsats.

9. LITTERATUR

=====

- [1] Boligers Luftsifte Byggeteknik. Teknologisk Institut, juli 1976.
- [2] Bolig og Varme Jørgen Nørgård, DEMO Projekter, april/maj 1977.
- [3] "Regulering af varme-anlæg - Energibesparelser" Teknologisk Institut, 1975.