

Koncepter for hensynsfuld og innovativ energirenovering af lejeboliger fra midten af 1900-tallet.

Et projekt under Den Almene Forsøgspulje under Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter.



Arkitektur med kvaliteter men behov for forbedringer

1950'erne op til midten af 1960'erne var et højdepunkt i det almene byggeri i Danmark, og mange bebyggelser fra dengang har bygningsmæssige kvaliteter, der gør, at de i dag er en del af vores arkitektoniske arv og kan findes i alle større byer. Arkitekturen er i den funktionelle tradition, og bygningerne er oftest i gode proportioner og med kvalitetsmaterialer både ind- og udvendigt med murede facader, tegltage, terrazzotrappes, vinduer i træ og indgangsdøre i teaktræ. Der er typisk en enkelhed i detaljer og materialeholdning, i facadesten og forbandter, der bliver brudt af eksempelvis detaljerede indgangspartier, murede stik over vinduer osv. Fælles for byggerierne fra de to årtier er gedigne konstruktioner og materialer, der er slidstærke og ældes med ynde. Desuden er der mange steder gode og gennemtænkte udenomsarealer.

Det er værd at fastholde og bygge videre på disse kvaliteter, der både højner hverdagen for beboerne og bygningernes omgivelser. Men selvom bygningerne var attraktive for 50-60 år siden – og stadig tiltrækker mange beboere – er de i dag utidssvarende på en række områder. Det er eksempelvis ofte behov for en række energi- og indeklimaforbedrende tiltag, som f.eks.:

- Øget ventilation pga. høj tæthed og øget badfrekvens i forhold til da bebyggelsen blev opført.
- Nedsat varmetab – udover fra vægge og vinduer også fra indeliggende altaner
- Renovering af varmesystem – der er ofte anvendt enstrengede anlæg
- Forbedring af komforten – mindske træk og dårligt indeklima
- Forbedring af fællesanlæg

Desuden er der almindeligvis for små rum og svær tilgængelighed. Hvis bebyggelserne skal yde ordentlige rammer og stadig kunne tiltrække en bredere beboerskare, må boligerne kunne opfylde de individuelle krav, vi i dag stiller, med et mere varieret udbud af boliger, som kan tiltrække både familier med børn, par, enlige, unge og ikke mindst indrettes, så de passer til ældre og handicappede.

Hensynsfuld renovering

Som det fremgår, er udfordringen at finde en balance mellem at renovere til nutidens krav til boligstandard, energikrav og indeklima og samtidigt bevare de arkitektoniske værdier. Ved at gøre sig klart hvilke kvaliteter, der er værd at fastholde, hvordan samspillet skal være mellem nyt og gammelt, og om man skal bygge til eller bygge om, kan man nå frem til den bedste balance mellem fornyelse og bevarelse af de almene boliger – til glæde for både beboere og for samfundet.

Projektet: ”Koncepter for hensynsfuld, innovativ energirenovering af lejeboliger” havde netop som formål at arbejde med og finde veje til at opnå denne balance.

Med dette formål var det projektets idé teoretisk at udvikle og afprøve et eller flere renoveringskoncepter, der tilgodeser denne balance. Til sammensætning af et koncept indgår en række mulige elementer i energirenoveringen. Ved projektets start udarbejdedes følgende idékatalog :

- Glasinddækning af gavle – visse steder som egentlige glastilbygninger med plads til fællesophold og nye elevatorer og andre steder som en ny klimaskærm, der nedsætter varmetabet og fungerer som en solfanger mod syd.
- Ventilationsanlæg med varmegenvinding – både centrale og decentrale
- Vinduer med lav U-værdi.
- Ventilation af kælderen – luften trækkes op gennem glasinddækning på gavlene og kan derved genvinde en del af varmetabet fra gavlene.
- Indvendig isolering af facader.
- Nyt lavtemperatur varmeanlæg.
- Isolering/glasinddækning af altaner.
- Udsugningsventilation med varmepumpe, til afkøling af afkastluft og opvarmning af varmt brugsvand.

Projektet er nu afsluttet og rapporteret i en slutrapport med 3 bilagsrapporter. Herunder følger en beskrivelse af arbejdsmetode og en opsummering af resultaterne af arbejdet.

Arbejdsmetode

Projektet tog udgangspunkt i 6 byggerier i Roskilde – Fælledgårdene, Hjørnegården, Holbækgårdene, Korsgården, Ringparken og Bakkegården. For de 5 første af disse står boligselskabet overfor, eller er i færd med, at udarbejde helhedsplaner, hvori omfattende renoveringer indgår. Det sjette byggeri – Bakkegården - fungerer som en reference for de 5 øvrige, idet dette allerede er efterisoleret med udvendig facadeisolering.

Arbejdet blev indledt med en registrering og opbygning af dokumentation for de 6 byggerier. Registreringen blev efterfulgt af en første ”grovsortering” af de teknologielementer, der var oplyst ved projektets start. Elementerne blev udsat for en teknisk-økonomisk og arkitektonisk vurdering, og dermed blev nogle sorteret fra. De analyserede teknologier er kort beskrevet med de data, der er anvendt i beregningerne. Desuden er de mest innovative teknologier illustreret.

Herefter fulgte en detaljeret teknisk-økonomisk vurdering af de resterende elementer. For at være i stand til at gennemføre de nødvendige beregninger blev et eksisterende beregningsprogram – BYGSOL – udbygget til at kunne håndtere de særlige problemstillinger, der skulle tages i betragtning i projektet. Forudsætninger, beregninger og resultater er beskrevet i slutrapporten. Endelig blev der foretaget en række specielle energi-, fugt- og indeklimamæssige vurderinger, som der ligeledes er redegjort for i slutrapporten.

Resultater – energibesparelse og energispare-pris for hver teknologi

Det teknisk-økonomiske energisparepotentiale i de udvalgte teknologier blev beregnet for hvert af de 5 byggerier nævnt ovenfor. Resultaterne er præsenteret både som en mulig reduktion i energirammen for hvert byggeri og som en såkaldt energispare-pris, der angiver, hvor meget en sparet kWh koster, når der tages højde for investering, vedligehold og eventuel fremtidig reinvestering. Energispare-prisen kan således direkte sammenlignes med den øjeblikkelige energipris for f.eks.

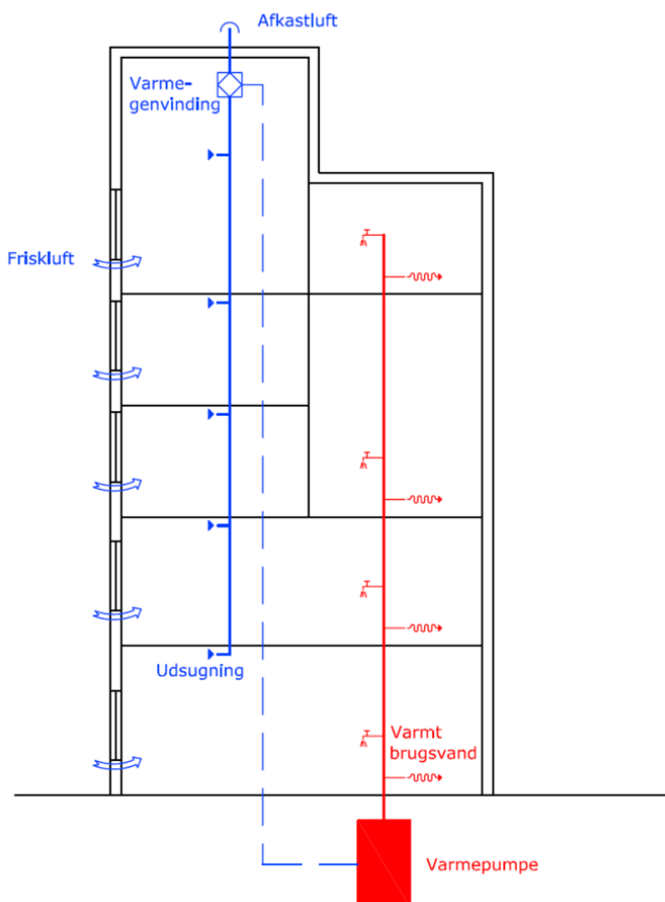
fjernvarme. Resultaterne for de 11 teknologier er stort set ens for de 5 byggerier med isolering af ydervæggene indefra som den store vinder. Resultaterne fremgår af tabellen herunder.

Tabel 1: Energispare-pris i kr./kWh for de forskellige teknologier ved implementering i de fem forskellige bebyggelser.

Energispare-pris i kr./kWh	Fælled-gårdene	Hjørne-gården	Holbæk-gårdene	Kors-gården	Ring-parken
Indervægsisolering	0,29	0,30	0,31	0,31	0,30
Isolering af gulv mod kælder	0,53	0,57	0,63	0,62	0,57
Ydervægsisolering	0,63	0,63	0,66	0,65	0,64
Mek. udsugning + varmepumpe	0,65	0,48	0,75	0,70	0,61
Ventilation + øget tæthed	0,65	0,62	0,73	0,69	0,66
Isolering af loft	0,86	0,51	0,88	1,08	1,05
2 lags lavenergi ruder	1,09	1,11	2,81	1,49	1,19
Solvarme	1,27	1,01	1,45	1,38	1,23
Glasinddækning af ydervægge	1,42	1,47	1,51	1,49	1,43
Solceller på taget	1,78	1,73	1,78	1,76	1,75
Solceller på gavl	2,44	2,38	2,45	2,42	2,40

Af tabellen fremgår, at de to ventilationsprincipper – mekanisk ventilation med genvinding og mekanisk udsugning med varmepumpe til produktion af varmt vand (se fig.1) har stort set ens energispare-pris, så hvilken af disse løsninger, der vælges, kan derfor afgøres af andre faktorer.

Det er også interessant, at glasinddækning af ydervægge i beregningerne viser en lavere energisparepris end solceller.



Figur 1. Ventilation - mekanisk udsugning med varmepumpe.

Resultater – samlede koncepter

Efter at have foretaget de individuelle beregninger for hver teknologi blev 3 koncepter for energireoveringsløsninger i en helhedsbetragtning udarbejdet. De består af en kombination af de undersøgte teknologier ud fra 3 forskellige kriterier:

1. Energispareprisen må højst være lig den nuværende fjernvarmepris.
2. Energispareprisen skal være 10 øre lavere end den nuværende fjernvarmepris.
3. Vinduesudskiftningen sættes til at være omkostningsfri for de byggerier, hvor vinduerne står til snarlig udskiftning ud fra den betragtning, at vinduerne skulle udskiftes under alle omstændigheder. Kravet til energispareprisen for det samlede koncept var herefter at den højst må være lig den nuværende fjernvarmepris.

For hvert kriterium er udvalgt de teknologier, som resulterer i den største energibesparelse.

På basis af beregninger for disse tre konceptløsninger er konklusionen, at det er muligt at foretage en hensynsfuld energireovering, der bringer bygningernes energiramme ned på niveau med eller under den valgte reference og ned på niveau (inden for 10%) med energirammen for **nybyggeri**, med energisparepriser svarende til eller under de nuværende energipriser. Tilbagebetalingstiderne varierer mellem 15 og ca. 25 år – naturligvis lavest, hvis der ses bort fra investeringen i nye vinduer, fordi udskiftningen af skal foretages alligevel. Det må dog understreges, at der er en række forhold, der skal analyseres i hvert konkret tilfælde, og som kan medføre øgede omkostninger i forhold til de, der er anvendt i beregningerne.

Herunder præsenteres et par eksempler fra beregningerne af samlede energiløsninger:

Tabel 2. - energispareprisen skal være 10 øre lavere end den nuværende fjernvarmepris.

Energispare-pris 10 øre under energipris.	Bakke-gården	Fælled-gårdene	Hjørne-gården	Holbæk-gårdene	Kors-gården	Ring-parken
Nuværende fjernvarmeforbrug [kWh/år]	102,5	168,7	155,4	155,4	147	168
Fjernvarmeforbrug med energibesparende tiltag [kWh/m ² år]	72,4	57,5	70,0	63,2	72,6	77,4
Nuværende elektricitetsforbrug [kWh/år]	5,8	8,1	7,7	7,3	7,4	7,7
Elektricitetsforbrug med energibesparende tiltag [kWh/m ² år]	4,9	3,3	4,4	3,8	4,3	4,4
Energiramme med energibesparende tiltag [kWh/år]	84,7	65,8	81	72,7	83,4	88,4
Energisparepris [kr./kWh]		0,55	0,50	0,53	0,48	0,50
Investering [kr.]		130.000	90.000	85.000	60.000	80.000

Besparelse [kr./år]		5.632	4.422	4.341	2.675	4.279
Tilbagebetalingstid [år]		23,1	20,4	19,6	22,4	18,7

Af tabel 2 fremgår, at ved en investering på kr 60.000 for Korsgården, kan energiforbruget halveres og energirammen bringes på niveau med nybyggeri efter BR08, og den kan også bringes på niveau med referencen Bakkegården med udvendig facadeisolering. Dette opnås med en energisparepris, der er 10 øre under den nuværende fjernvarmepris!

Af beregningerne fremgår desuden, at i en situation, hvor vinduerne skal udskiftes alligevel og omkostninger hertil derfor ikke belaster et energirenoveringsprojekt, kan der for alle 4 byggerier, hvor dette er aktuelt med en investering på mellem 80.000 og 105.000 opnås et energiforbrug, der er på niveau med BR10-kravet til energirammen for nybyggeri.

Ved en sædvanlig belåning/finansiering for udlejningsbyggeri vil investeringerne være rentable allerede fra det første år.

Særlige problemstillinger undersøgt

Da anvendelsen af visse af de identificerede teknologier medfører en række følgespørgsmål/ specielle problemstillinger, er der sideløbende med det teknisk-økonomiske energisparepotentiale udført en række specielle analyser, som også er dokumenteret i projektets afsluttende rapport. Det drejer sig om vurdering af:

- fugtforhold i gulvbjælkeender ved indvendig isolering,
- temperaturforhold på indersiden af ydervægge ved hhv. indvendig og udvendig isolering, samt en vurdering af
- betydningen af ikke at kunne dække hele facadearealet med indvendig isolering, således som det er muligt ved udvendig isolering.

Desuden har der været gennemført en række spotmålinger af

- indetemperatur og fugt nær ydervæg og midt i rummet i 9 boliger, samt af
- radonindholdet i luften i en kælder over en 72 timers periode

Specielt problemstillingen vedrørende fugtforhold på bjælkeender, der bærer etageadskillelser er særdeles vigtig. Dels fordi indvendig isolering er den teknologi, der udviser bedst økonomi og dels fordi det naturligtvis er overordentlig kritisk at undgå at bjælkerne nedbrydes af råd og svamp. De udførte beregninger peger på en løsning, hvor den indvendige isolering ikke føres helt til gulv og en lav konvektor-radiator sørger for at temperaturen omkring bjælkeenden holdes over det kritiske niveau, se fig. 2. Det anbefales at denne løsning analyseres nærmere i en dynamisk simulering.

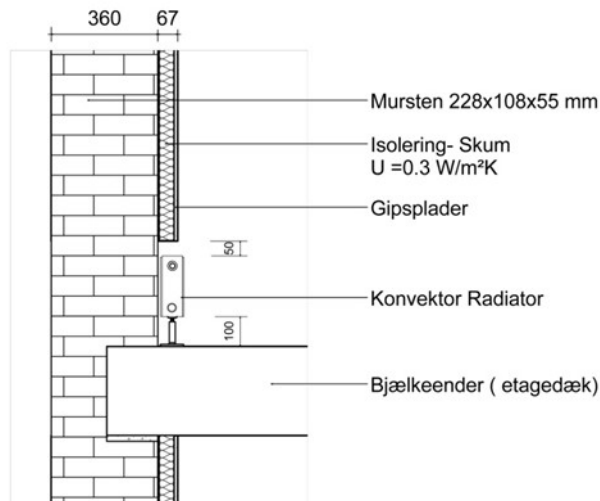


Fig. 2 Indvendig isolering – med mulighed for styret varmetab for at holde bjælkeende fri for fugt.

Målingerne af temperatur- og fugtforhold i de 9 boliger underbygges med en kvalitativ vurdering vedrørende strålingsuligevægt og dermed ringe komfort i boliger med uisolerede ydervægge og peger på en væsentlig komfortforbedring ved isolering af ydervæggen.

Derimod udviser beregningerne af temperaturer på indersiden af en ydervæg med hhv. indvendig og udvendig ikke på den store forskel på komforten i de to tilfælde.

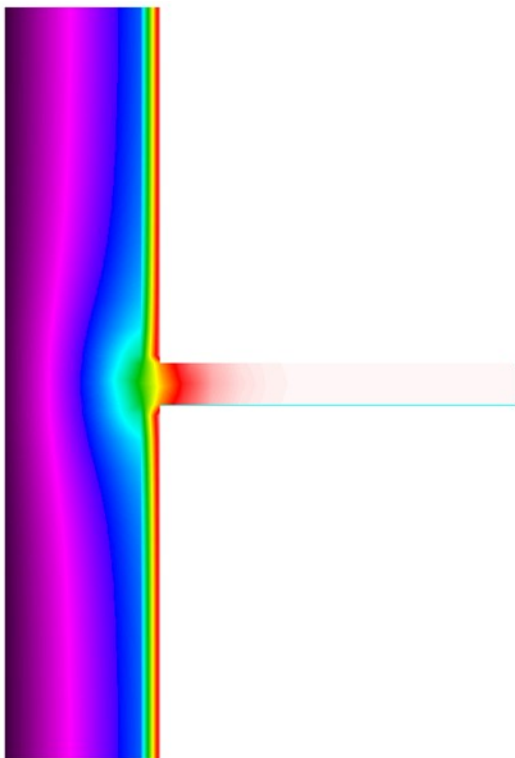


Fig. 3 Temperaturprofil gennem ydervæg isoleret med ikke-gennemgående 50 mm skumisolering

Den målte radonkoncentration vurderes ikke at være kritisk og er derfor ikke en tilstrækkelig bevæggrund til at foretage en betydelig investering i et system til udluftning af kælderen. Dog anbefales det at måle radonkoncentration i stueejligheder.