ARKITEKTUR & ENERGIRENOVERING

DET MUREDE ETAGEBYGGERI FRA 1920 TIL 1960

DAC | DANSK ARKITEKTUR CENTER

ARKITEKTUR & ENERGIRENOVERING

DET MUREDE ETAGEBYGGERI FRA 1920 TIL 1960

INDHOLD

"At renovere og fremtidssikre det murede byggeri handler dels om at miljøsikre gennem renovering i overensstemmelse med de skærpede energi- og bygningskrav – og dels om at sikre kvaliteten og folks velbefindende i og omkring det murede etagebyggeri".

Niels Andersen
Udviklingsdirektør, Kuben Management A/S

FORORD

ARKITEKTEN

8 **Introduktion**
Christoffer Pilgaard
Arkitekt MAA

10 **Eksempler på energirenovering**

16 **Energirenovering – principeksempler**

"Vi står overfor et kulturelt dilemma, hvor en hundredårig murværkstradition i bygningskunsten, som har skabt homogene bebyggelser, gadeforløb og hele byer, risikerer at lide ubodelig skade".

Torben Dahl
Arkitekt MAA

ESSAYS

22 Det murede byggeris kvaliteter 1920-1960
Essay af Torben Dahl
Arkitekt MAA

28 Murværk og energi
Essay af Ola Wedebruun
Arkitekt MAA

INGENIØREN

32 Energiforbrug og energibesparelse

48 Kritiske fugttekniske problemer ved efterisolering

49 Opsamling
Olaf Bruun Jørgensen
Ingeniør

EFTERTANKE

FORORD

Det murede etagebyggeri fra 1920 til 1960 udgør en stor del af det byggede miljø, ikke alene i Danmark, men i hele Europa. Ser man nærmere på det murede etagebyggeri fra den periode, repræsenterer det foruden en stor andel af den samlede eksisterende bygningsmasse, også en helt unik arkitektonisk og håndværksmæssig tradition. Men det murede byggeri står også overfor en altomfattende transformation, der skal fremtidssikre og udvikle boligerne – udvendigt og indvendigt – i takt med tidens standarder, miljøkrav og behov. At renovere og fremtidssikre det murede byggeri handler dels om at miljøsikre gennem renovering i overensstemmelse med de skærpede energi- og bygningskrav – og dels om at sikre kvaliteten og folks velbefindende i og omkring det murede byggeri.

"At renovere og fremtidssikre det murede byggeri handler dels om at miljøsikre gennem renovering i overensstemmelse med de skærpede energi- og bygningskrav – og dels om at sikre kvaliteten og folks velbefindende i og omkring det murede byggeri".

I Danmark udgør energiforbruget i bygninger ca. 40 % af landets samlede energiforbrug – og det murede byggeri fra 1920 til1960 har en stor del af ansvaret herfor. Derfor er energirenovering altafgørende, når Danmark skal overholde egne krav og EU's energivisioner og forpligtigelser. Dertil kommer, at en del af den eksisterende murede bygningsmasse i Danmark er bevaringsværdig eller af høj arkitektonisk kvalitet, hvilket gør energirenovering til en endnu større og mere kompleks problematik end blot en bygningsteknisk opgave. Foruden det bygningstekniske arbejde spiller også den arkitektoniske kvalitet, kulturarven og det sociale aspekt en afgørende rolle, når det murede byggeri skal energioptimeres og fremtidssikres for miljøet og vores skyld.

Desværre er alt for mange realiserede renoveringer gennemført uden langsigtede energiambitioner, tilstrækkelig viden om arkitektonisk kvalitet og forståelse for helheden.

Der findes allerede flere, mere eller mindre, vellykkede forsøg på udvendig og indvendig isolering og energirenovering af det murede byggeri fra perioden 1920-1960, men i langt de fleste tilfælde bliver den arkitektoniske kvalitet, ligesom de langsigtede miljø- og samfundsmæssige hensyn, helt eller delvist udeladt. Omdrejningspunktet for denne publikation er et udvalg af best-practice eksempler på energioptimerende renoveringer, der foreslår nye og mere helhedsorienterede metoder til energirenovering. Intentionen har været at fremlægge en vifte af forslag til, hvordan branchen kan udføre mere gennemarbejdede og langsigtede renoveringsprojekter, hvor murværk, miljø og mennesker medtænkes fra idé til udførsel og vedligehold.

Publikationen præsenterer state-of-the-art inden for energirenovering af det murede byggeri fra 1920-1960 i Danmark – og viser den brede vifte af udfordringer og potentialer, der knytter sig til renovering, energioptimering og fremtidssikring af det murede etagebyggeri. Nogle eksempler er totalløsninger, mens andre er enkeltstående tiltag. Nogle eksempler skal alene inspirere, mens andre består af mere konkrete værktøjer til, hvordan forskellige energirenoveringsopgaver kan løses med respekt for arkitekturen, miljøet og beboerne. Det kan dog være svært at finde gode og inspirerende eksempler, men derfor kan man også håbe, at vi med denne publikation kan igangsætte en ny debat, som vil lede til forsøgsprojekter, der udfordrer og understøtter det murede byggeris gode håndværk, solide materialer og sammenhængende bygningslegemer.

Vi håber meget, at publikationen vil inspirere, motivere og kvalificere byggebranchen, boligsektoren og ikke mindst den almene sektor, der historisk har haft en stor rolle i udviklingen af dansk boligbyggeri, til at arbejde med energirenovering og fremtidssikring af det murede byggeri med omtanke for muren, miljøet og mennesker!

Niels Andersen
Udviklingsdirektør, Kuben Management A/S

ARKITEKTEN INTRODUKTION

BEHOV FOR ENERGIRENOVERING

Der er i de seneste år kommet øget fokus på, hvordan energiforbruget kan nedsættes i forbindelse med opførelse og drift af nybyggeri. Nybyggeri står imidlertid kun for en brøkdel af den samlede bygningsmasses energiforbrug. Denne publikation er derfor rettet mod det eksisterende byggeri, nærmere bestemt det murede etagebyggeri opført i perioden 1920 -1960 – i publikationen omtalt som det murede byggeri. Ser man på etagebyggeriet fra netop denne periode, har det til sammenligning et 50 gange større areal end det samlede årlige nyopførte etagebyggeri. Med andre ord vil der gå 50 år med nybyggeri, før man har etableret lige så mange kvadratmeter etagebeboelse, som det murede byggeri repræsenterer. De store energibesparelser inden for byggeriet ligger altså ikke i det nye byggeri, men i den eksisterende bygningsvolumen.[1]

Flere af 1960 -1970'ernes industrielle massebyggerier er blevet opgraderet både funktionelt og i forhold til energiforbedringer. Renoveringerne har været nødvendige på grund af tidlige byggeskader, og renoveringerne er blevet gennemført som totalløsninger i form af bl.a. nye klimaskærme og andre lignende indgreb i facaden. Ofte har hensyn til bygningernes kulturarv haft lav prioritet – som regel pga. bygningernes relativt unge historie eller fordi der ikke har været budgetteret herefter.

Det murede byggeri fra 1920 til 1960 har i såvel mængde som i kvalitet en lang række værdier, der ikke bør overses. Spørgsmålet er bare, hvordan energitiltag bedst muligt udføres på det murede byggeri? Hvad skal bevares, og hvad kan udvikles? Og hvilke kvaliteter ligger gemt i det murede byggeri i forhold til håndværksmæssig omhu, bekostelige materialer og særegne konstruktionsprincipper? Det er blot nogle af de spørgsmål, denne publikation søger at besvare.

"Man erkender, at al arkitektur, også den historiske, rent faktisk er involveret i et kontinuert historisk procesforløb, som uundgåeligt straks sætter i gang efter, at bygningen er skabt. Den bliver fra nu af udsat for mangfoldige påvirkninger af forskellige størrelse og art: klima, brug, slid, naturkatastrofer, luftforurening, brand, krig m.m…"

ARVEN FRA 1920 TIL 1960

Da det murede byggeri blev opført i perioden 1920 -1960, var der ikke samme fokus på energiforbruget, som der er i dag. Fokus var dengang rettet mod boligens form og funktion, håndværket og materialerne, som i stor udstrækning var mursten. De mest anerkendte arkitekter fra perioden er Povl Baumann, Sten Eiler Rasmussen og Kay Fisker, og der alle havde en håndværksmæssig baggrund. Arkitekter var altså håndværksfunderet, før det industrialiserede montagebyggeri fra omkring 1960 vandt indpas. Hermed blev form og funktionalitet de vigtigste designparametre, mens ornamentering stort set forsvandt fra enhver bygningsfacade. Det skabte øget fokus på materialerne, murens stoflighed – sten, forbandt, fuge – og bygningens murede detaljeringer.

Denne kundskab og bevidsthed om murværkets potentiale i alle facetter af bygningens udformning ophører i takt med indførelsen af det industrialiserede byggeri. Men den radikale renoveringsproces, som har været anvendt ved flere af montagebyggeriets opgraderinger, ville påføre det håndværksprægede murede byggeri ubodelig skade. Byggeriet fra perioden repræsenterer en arv fra en murværkstradition, der er blevet praktiseret i århundrede samtidig med, at det har håndværksdetaljer, som ville være bekostelige at udføre i dag.

På den ene side handler det således om at foretage ændringer, der kan være med til at energieffektivisere. På den anden side, om at bevare nogle af de kvaliteter, som ikke findes ved nybyggeri. Kort sagt, så er det altafgørende at identificere den bygningskulturelle værdi ved det murede byggeri og sikre, at den kan overleve i en ny kontekst med nye standarder, krav og behov.

Det murede byggeri fra 1920 til 1960 er bygget af solide materialer og med fine håndværksmæssige detaljer, men funktionerne er mange steder forældet, ligesom bygningernes udseende ofte ikke er værdsat. Energirenovering er både et ressourcebesparende tiltag, men kan også fungere som en katalysator for sikring og udvikling af bygningens unikke kvaliteter – og gøre den attraktiv pånу.

ET HISTORISK PROCESFORLØB

Inden for restaurering betyder "proceshistorisk bygnings- og miljøpleje", at en bygning ses som en del af et historisk procesforløb. Arkitekten Johannes Exner skriver om den tilgang i artiklen "Restaurering, holdninger, teori og metoder i Danmark" (1992), Nordisk Arkitekturforskning nr. 2. Hos Exner ses bygningen som en dynamisk størrelse, der kan ændres, men også automatisk vil gøre det, som et resultat af tiden og omgivelserne:

"Man erkender, at al arkitektur, også den historiske, rent faktisk er involveret i et kontinuert historisk procesforløb, som uundgåeligt straks sætter i gang efter, at bygningen er skabt. Den bliver fra da af udsat for mangfoldige påvirkninger af forskellige størrelse og art: klima, brug, slid, naturkatastrofer, luftforurening, brand, krig m.m. Disse påvirkninger viser sig ved efterfølgende patinering, slid, forfald, vedligeholdelse, reparationer, restaurering, ombygning, tilbygning etc. Herved tilegner bygningen sig historisk fortælleværdi, narrativitet, og forbinder derved, synligt for beskueren, fortid med nutid og fremtid".

Christoffer Pilgaard
Arkitekt MAA

[1] Etagekvadratmeter bygget i perioden fra 1920 til 1960: 28.570.000 m^2. Fra 2000 till 2009: 569.700 m^2.
Kilde: Danmarks Statistik BYGB33: Bygningsbestandens areal efter: areal, anvendelse, område, tid og opførelsesår.

ARKITEKTEN EKSEMPLER PÅ ENERGI-RENOVERING

FIRE KATEGORIER AF KULTURARVSVÆRDIER

Der findes en række metoder til værdisætning af bygningers kulturarv. Det mest brugte system i Danmark er registreringsredskabet SAVE (Survey of Architectural Values in the Environment). Her gives karakterer fra 1-9 inden for kategorierne: arkitektonisk værdi, kulturhistorisk værdi, miljømæssig værdi, originalitet og byggeteknisk tilstand inden for bygninger med høj-, middel- og lav bevaringsværdi[2]. Et andet system er SUIT (Sustainable development of Urban historical areas through an active Integration within Towns), som er baseret på miljøvurderingsstrategier med fokus på større historiske sammenhænge og byomgivelser. Formålet er at sikre en langsigtet aktiv fornyelse og bevarelse af byers kulturværdier[3]. Systemet ReSAVE er en overbygning på SAVE-systemet og retter sig særligt mod renoveringsproblematikker. Det er et supplement til SAVE og indarbejder en ressourceøkonomisk vurdering i SAVE-systemet. Systemet har til hensigt at udpege, hvilke materialer der bør anvendes ved istandsættelse, vedligeholdelse og registrering af bygningens tilstand og angive, hvad der skal til for at bringe bygningen i en mangelfri tilstand. Filosofien er, at der ved renovering, istandsættelse og vedligeholdelse kan anvendes meget beskedne materialemængder i forhold til nybyggeri. ReSAVE bliver ikke brugt nævneværdigt i dag, men bygger på nogle af de samme tanker som de internationale LCA- programmer (Life Cycle Assessment), hvor energi- og ressourceforbruget observeres gennem et produkts stadier fra fødsel til grav[4].

Med baggrund i disse systemer kan der opstilles fire kategorier af kulturarv i det murede byggeri. Fra fredet til det helt anonyme byggeri, der kun i kraft af sin form og konstruktion udgør en nytteværdi. Oversigten med de fire kategorier på modstående side kan ses som en kombination af fredningskategorierne og SAVE-systemets tre bevaringsgrupper.

[2] SAVE: Survey of Architectural Values in the Environment. Kortlægning og registrering af bymiljøers og bygningers bevaringsværdi. Kulturministeriet, Kulturarvsstyrelsen, 2011.

[3] SUIT: Sustainable development of Urban historical areas through an active integration within Towns. Sustainable development of Urban historical areas through an active integration within Towns. European Communities, 2004.

[4] ReSAVE, Miljø og Energiministeriet.

Figur 1.
I nednestående figur markerer det blå felt mængden af kulturarvsværdi inden for de fire kategorier, mens det hvide felt markerer mængden af ændringsmuligheder.

KULTURARVSVÆRDI

ÆNDRINGSMULIGHEDER

A
FREDET OG HØJ BEVARINGSVÆRDI

Helheden og de enkelte detaljer har arkitektonisk og bygningskulturel værdi.

F.eks.:
· Vestersøhus
· Linoleumshuset
· Alléhusene

B
BEVARINGSVÆRDIGT

Arkitektonisk og bygnings-kulturel værdi i kraft af sin helhed eller sine detaljer.

F.eks.:
· Voldparken
· Høje Søborg
· Folehaven

C
ENKELTSTÅENDE KVALITETER

Arkitektonisk eller byg-ningskulturel detaljering, som er svær at opnå ved nybyggeri.

F.eks.:
· Tingbjerg
· Korngården
· Murergården

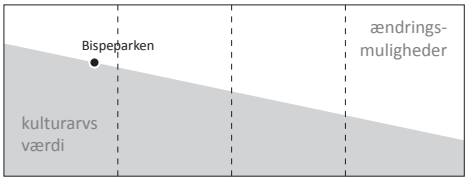
D
ANONYMT

Ingen særlig arkitektonisk værdi, men har i form af sin konstruktion og opbygning en nytteværdi.

F.eks.:
· Stadionkvarteret

EKSEMPEL A:
BISPEPARKEN
FREDET OG HØJ BEVARINGSVÆRDI

Sted:	Bispeparken, Nordvest, København
Funktion:	827 boliger
Opført:	1940-42
Ændring:	2009-10
Arkitekt, ændring:	JJW Arkitekter
Ingeniør, ændring:	Danakon A/S



Bispeparken ligger i den nordvestlige del af det centrale København. I området blev der sidst i 1930'erne og i begyndelsen af 1940'erne opført et stort antal boligbebyggelser til at huse det stigende antal arbejdere i byens industri.

Bebyggelsesplanen, der består af 8 boligblokke, er udarbejdet af Ivar Bentsen og Kooperative Arkitekter og tegnet af nogle af periodens mest anerkendte arkitekter. Bispeparken er med sine store samlende boligenheder organiseret omkring et – for perioden – karakteristisk fællesområde. Bebyggelsen blev muliggjort af Boligstøtteloven (1938), der sigtede mod rimelige boligforhold især for børnefamilier.

Blandt de involverede arkitekter blev der aftalt fælles retningslinjer for materialer og taghældning for bebyggelserne i området. Det skulle medvirke til at skabe sammenhæng mellem bygningerne – dog stadig med en vis variation. De tre-takkede blokke, som i dag er blevet renoveret, er oprindeligt tegnet af Edv. Heiberg, Harald Petersen og Fr. Wagner.

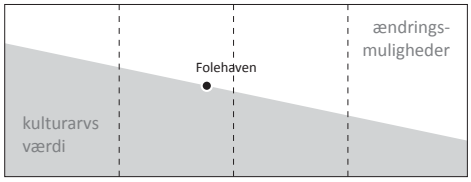
Bygningerne er udført i gule sten og har røde tegl på taget. Derudover er de indbyggede altaner særdeles typiske for perioden. Altan- og vinduesprofilet er et gennemgående element, som giver bygningen et karakteristisk udtryk. Til altansiden er vinduesbrystningerne skalmuret med standerskifte og en synlig stenflade, som understreger dets bærende karakter.

I energirenoveringen har man prioriteret at bevare det eksisterende udtryk. Bygningen er blevet vurderet meget bevaringsværdig, og ønsket har været, at ændringer skulle fremstå usynlige. Renoveringssagen omhandler udskiftning af tage, efterisolering af hanebånd, skråvægge, skunke og brystninger. Derudover er altanerne fjernet, og der er lagt en bærende stålbjælke for at løse problemet med kuldebro. Stålbjælken spænder fra murpille til murpille, hvorpå der er lagt et nyt fiberbetondæk. Desuden er værnene i rødlakeret stål genskabt.

Bygningen står i dag nyrenoveret med patinerede mursten og knivskarpe røde altanværn, og alle byggeskader er udbedret. Der er udvist stor respekt for den eksisterende bygning, og det er lykkedes at forbedre og alligevel bevare det oprindelige udtryk med det resultat, at kvarteret bibeholder sin eksisterende karakter (selv efter renoveringsarbejdet har fundet sted).

EKSEMPEL B:
FOLEHAVEN
BEVARINGSVÆRDIGT

Sted:	Folehaven, Valby
Funktion:	941 boliger
Opført:	1952-62
Ændring:	2007 (lydskærme), 1993 (altaner)
Arkitekt, ændring:	Kooperativ byggeindustri (altaner), Domus (lydskærme)
Ingeniør, ændring:	Esbensen Råd. Ingeniører (lydskærme)



Bebyggelsen ligger i Valby ved Folehaven og Gammel Køge Landevej – to trafikerede indfaldsveje til København – som bygningerne tydeligt afskærmer mod. Bebyggelsen består af 25 L-formede boligblokke i tre etager med store grønne områder mellem. Filosofien bag er, at alle skal have adgang til luft, lys og grønt – på samme måde som det var for bebyggelsen Tingbjerg i Brønshøj og i senere elementbyggerier som Mjølnerparken og Urbanplanen.

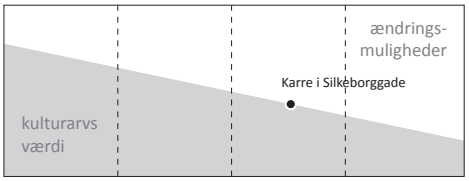
Bygningen er massiv muret i krydsforbandt med vandrette stik over murhuller. Til vejsiderne mod nord og øst har bygningerne vinduesåbninger med forskellige opdelinger. Derudover har flere vinduer udvendige skodder, som kan bruges til at regulere indeklimaet i forhold til temperatur, fugt, lys og luftcirkulering.

Der er foretaget to udvendige ændringer ved bebyggelsen. Den ene er en glasinddækning af de oprindelige altaner. Den anden er en støjisolering af vinduerne mod Folehaven. Altaninddækningen er klassisk i sin funktion og skaber et ekstra uopvarmet rum i hver lejlighed. Renoveringen er eksemplarisk i forhold til sin enkelhed og respekt for den eksisterende bebyggelse. Støjafskærmningen består af 36 lydskodder sat på den eksisterende facade. I skoddens sider er der indarbejdet luftspalter, der sikrer lufttilførsel til de bagvedliggende beboelsesrum, selv når glasskodderne er lukkede. Begge bygningsændringer er gennemført i samme stil som det eksisterende byggeri. Glasinddækningerne af altanerne følger byggeriets simple og stringente opdeling og er konstrueret i en spinkel konstruktion, så de nye udestuer ikke kommer til at dominere, men nærmere mimer de eksisterende vinduesrammer. Bygningen kunne næsten være født med de inddækkede altaner. Lydskodderne adskiller sig fra bygningen ved at være et påsat lag. De virker som et nyt element, som dog indordner sig ved de vinduer, hvor der før var skodder.

Tiltagene bevirker, at byggeriet i dag fremtræder i samme stil, som da det stod færdigbygget, men i en forbedret udgave.

EKSEMPEL C:
SILKEBORGGADE
ENKELTSTÅENDE KVALITETER

Sted:	Silkeborggade, København
Funktion:	20 boliger
Opført:	1886
Ændring:	1999
Arkitekt, ændring:	Marianne Ingvartsens Tegnestue
Ingeniør, ændring:	DOMINIA A/S



Bygningen ligger på Østerbro i København og er del af en karréstruktur. Bygningen er opført før 1920'erne, men eksemplet er taget med pga. ændringens tydelige og bevidste holdning til murværket. Bygningens facade til gadesiden er pudset i stueetagen, har en fast vinduesrytme og kun tre gennemgående gesimser, som samlet set giver bygningen et harmonisk og enkelt udtryk. Til gårdsiden stikker bagtrappetårnene ud fra resten af bygningskroppen og skaber udadgående og indadgående hjørner. Bygningen er fuldmuret med fire forskellige tykkelser op gennem bygningssnittet. Dens 'massivitet' fremhæves i måden forbandtet indordner sig bygningens ind- og udhak.

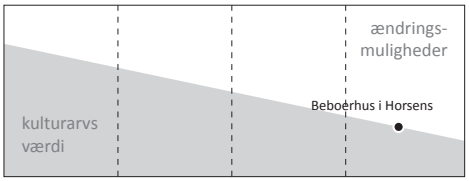
I bagtrappetårnene er trappen nedlagt og omdannet til beboelse. Dette bevirker, at det eksisterende vindueshul til bagtrappen er placeret i det nye etagedæk. Dette har man mod facaden løst ved at mure til og derefter pudse vindueshullet, så man tydelig kan aflæse, at her er der sket en ændring.

Derudover er der sat karnapper og altaner på mod gårdsiden. På de tre trappetårne mod gården er der øverst fastgjort en gitterbjælke, som fører kræfterne fra de nye karnapper og altaner ind i den eksisterende konstruktion.

Ændringen er alene foretaget mod gårdsiden, mens man har "fredet" facaden til gaden, hvor de fineste detaljer med størst bevaringsværdi i karrébyggeriet findes. De nye karnapper og altaner hænger i en stor gitterdrager, og derfor har det været muligt at lave stålkonstruktionernes profiler i en dimension, hvor stål og glas fremstår i en filigran-lignende konstruktion. Dette giver en markant kontrast mellem murværk og glas, mellem nyt og gammelt.

EKSEMPEL D:
HORSENS VESTBY BEBOERHUS
ANONYMT

Sted:	Vestergade 7b, Horsens
Funktion:	Beboerhus
Opført:	/
Ændring:	2004-2007
Arkitekt, ændring:	Vandkunsten og De Jyske Arkitekter
Ingeniør, ændring:	Olaf Jørgensen A/S

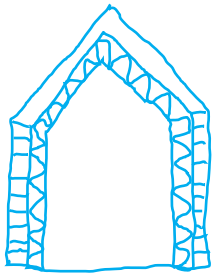


Bygningen, som oprindelig var en gammel træværksfabrik, ligger i den nordlige del af Horsens i det område, der hedder Vestby. Området har gennemgået et kvarterløft, hvor det blev besluttet at bevare den gamle fabrik, selvom den var meget medtaget. Bygningen er taget med som eksempel pga. sin konsekvente renovering i forhold til murværket. Huset er oprindelig bygget i en funktionel, rationel stil uden pragt og udsmykning. Den har unikke kvaliteter i forhold til sin tids byggeskik og håndværk. Murstenene er flammebrændte, og der er murede stik over samtlige murhuller.

Huset er blevet udvendigt isoleret, hvilket med byggetekniske øjne er at foretrække, da indvendig isolering er problematisk i forhold til fugt. Den udvendige isolering gør dog tiltaget meget markant og synligt. Hvor der er særlige håndværksmæssige kvaliteter så som murede stik ved murhuller, er der enten opsat glaspartier eller slet ikke isoleret. Visuelt har den udvendige isolering den effekt, at man tydeligt kan se, hvad der er gammelt og nyt. Det eksisterende murværk fremstår robust og uopslideligt med den nye ændring som et ekstra påført lag. Indvendigt har man søgt at bevare murværket, som i dag fremstår blottet. I forhold til materialeforbrug er bevaring af eksisterende konstruktioner at foretrække i modsætning til nedrivning og opbygning af nyt. Udover at den eksisterende konstruktion er bevaret i dette eksempel, er de byggetekniske detaljer i murværket blevet markeret. Dette giver en stor kontrast mellem nyt og gammelt, som især fremhæver det gamle håndværk. Bygningen har ikke stor kulturarvsværdi, men de værdier, som bygningen besidder fra en svunden tid, er ført videre i det nye beboerhus.

ARKITEKTEN

ENERGIRENOVERING – PRINCIPEKSEMPLER

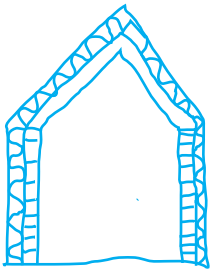


Sted:	Bispeparken, København
Funktion:	827 lejligheder
Opført:	1941
Ændring:	2009-10
Arkitekt:	JJW Arkitekter
Ingeniør:	DANAKON A/S

I det murede byggeri er ændringer i bygningens klimaskærm særligt udfordrende. Det er i klimaskærmen, at de store energibesparelser kan opnås, men samtidig er det her, at bygningen har sin identitet og bygningskulturelle værdi. Klimaskærmen kan ændres ved at tilføre materiale indefra eller udefra, ved at ændre skærmens grænser, skære huller i skærmen, lukke eller afskærme eksisterende huller. Eller ved at bruge den omkringliggende varme og sollyset. Derfor kan der laves en inddeling i energitiltag som eksempelvis: Indvendig isolering, udvendig isolering, tilbygninger, nye vinduer, afskærmning af eksisterende vinduer og opsætning af tekniske tiltag som solfanger, solceller og trombevægge. Tiltagene har forskellige konsekvenser i forhold til hvor stort et energiforbrug, de kan reducere, hvor meget de påvirker bygningens kulturarv, hvilken økonomi der ligger i de enkelte tiltag og hvilken indvirkning, de har på bygningens identitet og nære omgivelser. I det følgende vises en række eksempler opdelt ud fra denne inddeling.

INDVENDIG ISOLERING

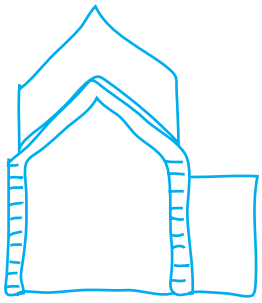
I Bispeparken omfatter renoveringssagen udskiftning af tage, efterisolering af hanebånd, skråvægge samt skunke og altaner, som er revet ned for at løse kuldebros-problematikken. Ved at isolere indvendigt er det muligt at bevare den oprindelige facade med de kvaliteter, den kan have i forhold til byggeskik og kulturarv. Problemet er dog, at det kan være vanskeligt at udgå fugtproblemer, da den eksisterende konstruktion bliver koldere, hvorved der opstår kondens på indersiden af klimaskærmen.



Sted: Brogården, Alingsås, Sverige
Funktion: 300 lejligheder
Opført: 1963 - 1975
Ændring: 2007
Arkitekt: Hans Eek
Ingeniør: AB Allingsås, Skanska

UDVENDIG ISOLERING

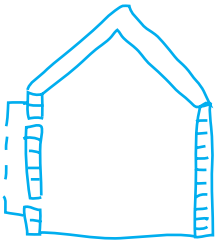
I dette svenske eksempel har man beklædt det eksisterende murværk med skærmtegl for at opnå en isolerende effekt. Derudover er kuldebroer formindsket, husene tætnet yderligere og ventilationsluftens varme genanvendt. Udvendig isolering kan nedsætte en bygnings energiforbrug markant. Det er dog et stort indgreb i den eksisterende arkitektur, da hele det udvendige udtryk ændres.



Sted: Borgbjergvej, København
Funktion: 20 lejligheder
Opført: 1927
Ændring: 1994
Arkitekt: Tegnestuen Domus
Ingeniør: N og R Consult A/S

TILBYGNING

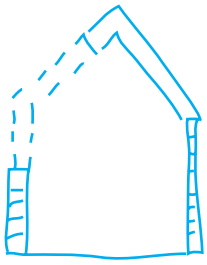
Dette projekt vandt i 1990 konkurrencen "Byfornyelse i fremtiden". Udover boligernes funktionsforbedring og udvidelse er der opsat solfangere på taget, brugt lavenergiruder og varmegenindvinding af ventilationsluften. En tilbygning nedsætter ikke direkte en bygnings energiforbrug. Men hvis der efter ændringen kan bo en familie, hvor der før ikke var plads, vil det skabe en tættere beboelse, som vil medføre energibesparelser på flere områder.



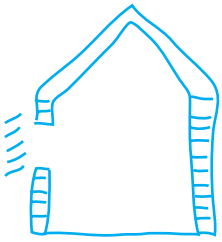
Sted: Hedebygade, København
Funktion: Boliger
Opført: 1884
Ændring: 1995-2001
Arkitekt: Plan 1
Ingeniør: Esbensen Rådgivende Ingeniører A/S

VENTILERET SOLVÆG

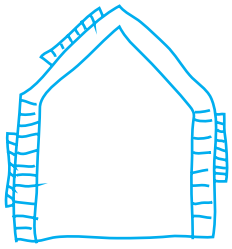
Dette er et eksempel på, hvordan man kan udnytte den varme luft, som skabes, idet man opsætter glas foran en væg. Her vil den opvarmede luft bag glasset fungere som luftindtag for en varmeveksler, der opvarmer indgående ventilationsluft. Det er en enkel måde at opfange solens energi samtidig med at det bagvedliggende murværk med dets håndværksmæssige og æstetiske kvaliteter både beskyttes og eksponeres.



Sted: Fredensgade, Kolding
Funktion: Boliger
Opført: 1934
Ændring: 1992-1997
Arkitekt: Lars Edmund A/S
Ingeniør: Hundsbæk og Henriksen A/S



Sted: Basel, Schweiz
Funktion: Fra kontor til bolig
Opført: 1950
Ændring: 1993
Arkitekt: Herzog & De Meuron
Ingeniør: Proplanning Architecture / Structural Engineering



Sted: Solgården, Kolding
Funktion: Boliger
Opført: 1940
Ændring: 1998
Arkitekt: Kjær & Richter
Ingeniør: C. J. Kjærby

DAGSLYS

I Fredensgade i Kolding er der gennemført en karréfornyelse med forbedring af friarealer og energioptimering af eksisterende bygninger. Dette er gennemført ved anvendelse af energiruder, vandbesparende toiletter, solcelleanlæg og genanvendelse af regnvand. Flere steder er teglstenene på tagfladen erstattet med glaspartier. Med mere dagslys i boligerne kan man nedsætte det indvendige behov for elektrisk belysning.

AFSKÆRMNING

Bygningen er til gadesiden blevet pakket ind i tre forskellige typer glas, som skaber transparens og forskellige akustiske virkninger. Formålet har været at beskytte huset mod støj og isolere yderligere mod både kulde og direkte lysindfald. En udvendig afskærmning af vinduespartier kan formindske mængden af sollys, der kommer ind igennem bygningen.

SOLCELLER / SOLFANGER

Solgården er et eksempel på, hvordan solceller kan benyttes i et renoveringsprojekt. Der er etableret solceller på det store krummede tag som vender mod sydøst samt ved karnappernes brystninger mod gården. Solceller og solfangere er et aktivt tiltag, som ikke reducerer energiforbruget, men ændrer energiforsyningen fra ekstern fossilbaseret energi til selvforsyning ved vedvarende energikilder som solen.

Bispeparken
Foto: Helga Theilgaard

Linoleumshuset
Foto: Signe Cecilie Nørgaard

Essay af Torben Dahl, d. 26. juli 2011

DET MUREDE BYGGERIS KVALITETER 1920-1960

I Faraos og Babels jord Vi søger efter urtids spor
Og finder dem foruden fejl I tegl

Og gennem Danmarks tusind aar Den samme viden fuldt vi faar
Om fædres liv og fest og fejl I tegl

En hellig pagt af baal og ler Er hvad vi i hver mursten ser
Derfor staar stærkt af ild og sol Vort boel

Af aand og haand er tvunget frem Fra Danmarks grund de tusind hjem
Tag ej af seklers visdom fejl

Brug tegl

Bertel Budtz Müller, 1934

Denne lille ode var Bertel Budtz Müllers indledning til arkitekt Erik L. Rasmussens lille bog MURSTEN i 1934. Teksten var ikke bare en markedsføring af et perifert byggemateriale, men en konstatering af, at teglstenen på det tidspunkt rent faktisk var altdominerende i dansk byggeri, ligesom den havde været det i århundreder tilbage i tiden. Somme tider som blankt murværk og somme tider pudset, somme tider i en simpel kvalitet og somme tider i den højeste, afhængigt af konjunkturer, håndværk, arkitekter og tidsånd.

Visse højdepunkter står frem i denne murede tradition, hvor murværk, arkitektur og bygherrevilje går op i en højere enhed. En af disse perioder er 1900-tallets midte. Her mødes på heldig måde et stort behov for nye boliger, en velorganiseret almennyttigt bygge- og boligbevægelse, et højt forædlet murerhåndværk og en dygtig og bevidst arkitektstand med en række fremragende arkitekter som Kay Fisker, C.F. Møller, Povl Baumann og Thorkild Henningsen. Alle med stor respekt for murerarbejdets værdier og potentialer.

Især skulle arkitekten Povl Baumann komme til at danne skole for denne murværkskultur, dels gennem sin store byggevirksomhed og dels gennem sit meget refererede foredrag "Murerarbejdets æstetik" i Akademisk Arkitektforening i 1941. Foredraget er gengivet som artikel i tidsskriftet Arkitekten samme år.

Arkitekten Steen Eiler Rasmussen, som selv har markeret sig som en gedigen murværksbygger blandt andet gennem boligbebyggelsen Tingbjerg, blev i starten af 1980'erne bedt af Centralforeningen af Murermestre i Danmark om at skrive en artikel om murerfagets æstetik. Han svarede, at han næppe ville kunne gøre det så godt som sin gamle lærermester Povl Baumanns 40 år gamle artikel, som han anså for lige så frisk, som da den blev skrevet. Artiklen blev derfor genoptrykt i Centralforeningens festskrift MUR og RUM i 1985 i anledning af foreningens 100 års jubilæum.

Her i 2011, hvor vi står over for en renovering af de store boligbebyggelser fra denne murværkets guldalder, er Baumanns artikel en central kilde til at forstå de æstetiske, håndværksmæssige og kulturelle kvaliteter, der ligger indbygget i bebyggelsernes ydre stof og form.

Artiklen er en opsamling af Povl Baumanns erfaringer gennem 30 års arbejde med murværksbyggeri, og den gennemgår i detaljer grundprincipperne for, "hvordan man bygger pæne og naturlige huse af mursten".

I artiklen gennemgår Baumann dels de formelle regler for højde- og længdemål – murværkets modulmål – og dels de rige muligheder, der ligger i at anvende et forbandt, der understreger den overordnede arkitektoniske hensigt. Det kunne være et forbandt, der sikrer, at murværket kan være symmetrisk over en pilles og en brystnings midte, eller at murede flader undgår mønstervirkning ved at anvende såkaldte munkeforbandter med en blanding af kopper og løbere i hvert skifte, så fladen står rent. Dette speciale dyrkede flere af Baumanns medarbejdere som eksempelvis August Rasmussen og Knud Hansen til de mest raffinerede forbandter, hvor der kunne være op til 10 skifter mellem en gentagelse af murværkets skiftegang (kop over kop).

På samme måde peger Baumann på det engelske forbandts muligheder for at understrege en bygnings vertikale retning ved, at der altid er en kop over en løber, hvilket også gør forbandtet velegnet til symmetri i piller og over vinduer. Murværkets detaljer omkring vinduer og døre får i artiklen en særlig opmærksomhed. Afslutningen af murværket op til et murhul for dør eller vindue skal afsluttes med en stenstørrelse i murværkets modulmål 12, 18 og 24 cm og kun med 6 cm, "når det er strengt nødvendigt".

Stikket over åbningen skal være symmetrisk opbygget med en pilhøjde, der højst er 5 cm, og hvis stikkets højde er over en stens længde skal stødfugerne flugte vandret med hinanden ved at stenene tilhugges. Baumann havde dog også blik for murværkets mulighed for en smuk og hensigtsmæssig sammenbygning med betonelementer anvendt som drager over vinduet med en formuring med en halv sten ned foran dragerens lodrette flange. Baumann så dog ikke nogen hellig alliance mellem beton og murværk, og han anbefalede at skjule betonen eller at overfladebehandle den med tjære (sokler) med granatmaling eller støbt med forstøbning af hvid cement og stenmel, for at murværkets varme nuancer ikke kom i konflikt med betonens "flove cementfarve".

To bygninger står i særlig grad som gode eksempler på den akkuratesse og bevidsthed, som Baumann lagde i sin opførelse af en murværksbygning. Det tidligere Jernindustriens hus på Nørrevold (1938-39) og Linoleumshuset på Åboulevarden (1930-31) er begge eksempler på, at murværket er gennemdyrket til mindste detalje både i stoflig fremtræden og i den proportioneringsmæssige disponering af murværkets flader og deres forhold til murværkets åbninger, fundament og gesimser.

SKØNVIRKE OG KLASSICISME

I starten af det 20. århundrede dominerede nationale strømninger byggeriet, dog med en stærk international indflydelse fra Arts and Crafts Movement i England, som i den danske udgave gik under betegnelsen Skønvirke. Murstenen blev næsten et symbol på danskheden i ofte meget ekspressive udtryk. Inspiration blev også hentet i Amsterdamskolens markante boligkomplekser og i den nordtyske murstenekspressionisme og kulminerede i Danmark med opførelsen af P.V. Jensen Klints Grundtvigskirke og det omkringliggende boligkompleks På Bjerget.

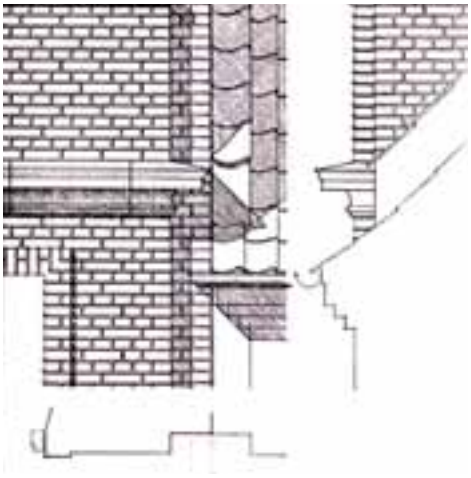
Op mod 1920 var byggeriets omfang steget igen efter en økonomisk afmatning i årene op til og under den første verdenskrig.

I starten af 1920'erne var det større boligbyggeri præget af et nyklassicistisk gennembrud og den samtidige nationale bevægelse "Bedre Byggeskik". Den røde mursten har været dominerende fra århundredets start, og i den klassiske sammenhæng optræder den i en ensfarvet udgave i murens symmetriske flader, rolige volumener og nøgterne relieffer omkring døre og vinduer.

Selvom den ensfarvede røde sten var håndstrøget, og derigennem havde en vis tekstur, forekom den dog for flere af tidens arkitekter kedelig, og arkitekterne Ivar Bentsen og Thorkild Henningsen var foregangsmænd for en mere rustik muret flade ved at benytte den gule sten – ofte i blanding med den røde – og at udvælge såkaldte vragsten, som havde ligget yderligt i stablingen i ovnen og derfor havde fået for hård en brænding med changerende farvespil og formændringer til følge. Hvis man af økonomiske årsager var nødt til at anvende den maskinstrøgne sten, kunne man opnå en oplevelsesrig, varieret muret flade ved at vende bagsiden af stenen udad, så stenens stablingsmærker kunne ses.

MODERNISME / NORDISK FUNKTIONALISME

Den internationale modernisme var ikke blot et opgør med tidligere stilarters formsprog, men også i en vis grad med selve byggematerialet. Le Corbusier – en af modernismens fremtrædende arkitekter – udtrykte det klart: "Moderne matematik og moderne materialer lader ethvert bygningsværks fire funktioner fremtræde i geometrisk renhed: fundere – bære – lukke – dække. De revolutionerende elementer er: stålet og jernbetonen".



Figur 1.
Knud Hansen forbandt.
Grafikken viser det komplekse mønster i munkeforbandtet, hvor der er 10 skifter mellem gentagelse af mønstret (kop over kop).

Figur 2.
Povl Baumann: Tegning af hjørneafslutning på ejendommen Nørrevold 32-34 visende overgangen mellem facadens hamborgerfuger og brandgavlens almindelige fuger.

Figur 3+4.
To eksempler på hoveddøre fra 1920'ernes klassiske periode i kvarteret ved Toftegårds Plads og Ingerslevsgade i København.

Skulle murstenen få en rolle i denne nye vision, måtte den indordne sig under modernismens betingelser: rene kubiske former og rene flader.

Murstenstraditionen var dog så indgroet i Danmark, at den integreredes fuldt og helt i det moderne formsprog, og under betegnelsen Nordisk Funktionalisme skabtes nogle af de fineste boligbebyggelser i et klart krystallinsk formsprog. Fremtrædende eksempler herpå er Arne Jacobsens Alléhusene i Gentofte og Søholm i Klampenborg, Kay Fiskers og C.F. Møllers etageboliger på Vodroffsvej i København og Kay Fiskers og Eske Kristensens Dronningegården i Dronningens Tværgade i København.

I flere af denne tids bebyggelser lever mursten som materiale sammen med betonkonstruktioner. Træbjælkelaget i etageadskillelserne bliver erstattet af betondæk eller udstøbte teglelementdæk. Udkragede eller indbyggede altaner støbes i beton, vinduesoverliggere og sålbænke, fundamenter, kældre og trapper udføres som støbte konstruktioner.

DE STORE PARKBEBYGGELSER

Lys, sol, frisk luft og let adgang til naturen var en del af modernismens idealer. Den spredte, åbne bebyggelse i landskabet – parkbebyggelsen – så dagens lys. Et af de første eksempler var Blidah Park i Hellerup, hvor boligblokkene med deres dampskibsformer ligger frit forskudt for hinanden for at give maksimal udsigt og sammenfletning med den grønne plæne og træerne. Projektets ophavsmand A. Skjøt-Pedersen ønskede bygningerne malet i forskellige farver med hvide altaner, men professor Ivar Bentsen ønskede en murstensarkitektur gennemført, og sådan blev det.

Dermed var grunden lagt for et stort antal parkbebyggelser, hvor de murede gule eller røde teglboligblokke organisk placeres i landskabet, så der dannes store plænearealer, legepladser, bevoksninger og fællesfaciliteter i et stort anlagt landskabeligt greb.

Teglmaterialets ubesværede dialog med det grønne organiske i naturelementerne giver disse bebyggelser en bygningskulturel urkraft og ægthed, som er særegen, af høj æstetisk værdi og i høj grad bevaringsværdig.

Som eksempler kan nævnes Søndergårdsparken i Bagsværd (1949-50), Bispeparken i København (1940-41), Bredalsparken i Hvidovre (1949-55) og som et særligt fremtrædende eksempel: Aarhus Universitet (1932-).

Hver af disse bygningskulturelle epoker i midten af det 20. århundrede har deres særlige karakteristiske udtryk, ofte som en del af det murværk, som er deres mest betydningsfulde byggemateriale. I større eller mindre grad taler alle de store murede bebyggelser deres tids sprog og repræsenterer tidens materielle udtryksform og kulturelle identitet.

Det er derfor ikke nødvendigvis murværket i alle dets konstruktioner og detaljer, der er bevaringsværdigt, men den fortælling, det narrative element, om en arkitektonisk vilje, om bygningskultur, håndværk, materialevirkning og detaljebevidsthed, der overordnet er repræsenteret i den enkelte bebyggelse.

Figur 5.
Nordisk Modernisme.
Kubiske, ornamentløse boligblokke i gul tegl.
Alléhusene, Jægersborg Allé, Gentofte.
Arkitekt Arne Jacobsen, 1950-52.

Figur 6 (th).
Parkbebyggelse.
Boligblokkene spredt onkring en grønning.
Bredalsparken, Hvidovre.
Arkitekt Eske Kristensen, 1949-55.

Essay af Ola Wedebrunn, 9. august 2011

MURVÆRK OG ENERGI

Det murede byggeri er en stærk identitet i dansk bygningskultur. Det er til enhver tid udtryk for en kontinuitet, hvor sammenhænge som murværk og energi har stor betydning. Denne artikel beskriver murværk og energi som kvantitet og kvalitet, målelig og sanselig erfaring. Murværk og energi rummer erfaring, der både er stof, produktion og målelig kvantitet, økonomi og videnskab. Det omfatter erfaring og pædagogik, der både opretholdes som viden, kulturarv og kilde til mulig fornyelse.

Murværk og energi opfattes således som et sammensat begreb – proces, produktion, organisering og forandring – af det murede byggeri. Det omfatter forvandling af råstof til sanselige erfaring som lys, varme og bevægelse, men også murværk og energi som bestandig stof, geometri og kulturarv. Endelig opfordrer artiklen, ved at opfatte murværk og energi som vedvarende sammenhæng, til en udformning af en aktiv strategi og fornyelse af det murede byggeri.

PRODUKTION

Murværk og energi er materie og produktion i flere tempi og forstand. Mursten formes af ler, ofte som geometri med proportionen: en til to til fire. Som modul og størrelse er den både håndgribelig og egnet til industriproduktion. Den er brændt med en specifik mængde aktiv energitilskud og konstrueres som bestandig murværk. Mur og murværk er rammer for privat og offentlig adfærd, det er konstruktioner for produktion og dermed også ramme for forløb, der omfatter energi. Det er således af betydning at anerkende og opretholde et bevidst forhold til murværk som materie og enhed. Men også som tid og konstruktion, der i bredere sammenhang omfatter forløb og energi. Ligesom produktionsforløb målsættes og vurderes som energi, er det muligt at vurdere produktion af en enkelt mursten som økonomi og regnestykke. Således måles værdien af en mursten som energi i enheden watt, hvor en murer murer et vist antal sten i forhold til tid, og murværket forventes at opnå en sandsynlig afmålt levetid.

Murværk og energi som produktion omfatter mange kredsløb fra lergrav til brændt sten, fra teglværk til byggeplads og konstruktion. I byggeproces og bygning er murværk bestandig såvel i statisk som dynamisk forstand afhængig af livscyklus og levetid. Murværk og energi som produktion indgår i mange sammenhænge, der omfatter etablering, opretholdelse og fornyelse af statisk og termiske holdning – alt sammen afgørende for den murede bygning.

KREDSLØB OG BYGGESKIK

Murstenen indgår i varierende sammenhænge: i omfattende forbandt, i statiske konstruktioner, tagværk, fundament, udkragede dæk og balkoner af stål og beton, som ståltegl og betondrager over døre og vinduer. Den indgår i murværk som installationsføring for opvarmning, elektricitet og informationsteknologi. Mursten og murværk indgår i et kredsløb som genbrug, hvor nye sten tilpasses eksisterende konstruktioner. Murværk og energi har en evne til at møde udfordringer og sammenhænge. Det er ikke alene nødvendigt at søge og opretholde metode og teknologi, men også altafgørende, at diskutere krav og mulige løsningsmodeller såvel i praksis som ved at fortolke, forstå og etablere nye holdninger til murværk og energi.

Holdning og holdningsskift indgår i cykliske forløb, hvor forskellige begrundelser som økonomi, produktion, byggeskik og etik resulterer i forandring. Teknologiske forandringer, som introduktion af mekanik, maskinpressede mursten eller kulfyrede ringovne erstattet med olie- og gasfyrede tunnelovne med kontrolleret jævn temperatur, har gennem tiden resulteret i mursten med ensartede og kontrollerede egenskaber, farve og størrelse og en forandret opfattelse af mur og murværk i almindelighed. Som bygget kultur er murværk en dominerende identitet – og selv som fragment er den udtryk for en bevidst holdning til murværk og energi – en materiel virkelighed i balance. Med bevidstheden om energi er utallige vinduer blevet udskiftet, ligesom tage og gavle er blevet isoleret, og bygningsdele som f.eks. balkoner er blevet inddækket med glas og kuldebro sikret. Selvom forandring af bygninger ofte vægtes i relation til energi, er det væsentligt at opretholde murværk og energi som sammenhæng, kvantitet og kvalitet. Det er endvidere afgørende at opfatte isolering og inddækning af murværk som en holdning, en teknologi og en forandring, der i mange tilfælde ureflekteret udskiller sig fra eksisterende byggeskik og kvalitet.

Murværk er arbejdsintensivt, og for håndværkeren, for det faglærte murerarbejde, er det murede byggeri ikke alene udfordret af beton og elementbyggeri, men også af system- og montagearbejde. Støbte præfabrikerede konstruktioner og montage udføres hurtigere indendørs af ufaglærte og med hjælp af maskinarbejde. Det såkaldte montagecirkulære markerer et afgørende skel mellem traditionelt muret byggeri og det modulbaserede og mekaniserede byggeri[1]. Alligevel har murarbejde hovedsageligt bestået af skalmur og som beklædning af bærende moduler og betonkonstruktioner. Således er murværkets stoflige identitet ikke bærende konstruktion, men beklædning.

ENTROPI

Som varme, lys og bevægelse er energi udtryk for mere eller mindre aktiv forandring. Energi er en ressource og mulighed for at etablere og investere i materiale og kvalitet. Energi er en grundlæggende ret til at forestille og opnå komfort med en såvel aktiv som passiv holdning til rammerne for produktion og forsyning. Det er retten til at anerkende og være kritisk over for forskellige holdninger til energi og proces. Begrebet entropi stammer fra termodynamikken og betegner forvandling fra én tilstand til en anden, en bevægelse mellem system og begreber. Det er forvandling, der udspiller sig i strukturer som legemliggjort energi og information, men hvor entropi søger mod uorden og tilfældighed i systemer, opretholdes murværk ofte som bestandige konstruktioner. Hvor entropi nedbryder orden, er det til enhver tid muligt at opfatte bygningskultur, murværk og energi som mulig orden.

PÆDAGOGIK

Det bestandige er umiddelbart ikke afhængig af temperatur. Industribygninger, haller, stationer og indkøbscentre kræver ikke opvarmning. Isolering kan være produkter, der på forskellige vis apteres til murværket. Det kan være mere eller mindre inddækning, transparent eller dækkende. Det kan være konstruktioner udenpå bygningen og muren med klimazoner, der ikke stiller krav til aktiv tilførsel af energi, og samtidig gør det muligt at opleve murværk i direkte kontakt med mursten og fuge. Det er væsentligt at bedømme murværk som stoflig erfaring og kvalitet i forhold til murværk og energi. Det er også væsentligt at erfare murværk og energi afgrænset til enkelte bygningsdele såvel som i udvidet forstand, hvor begreb, definition og værdier udvikles til spillerum for kritiske og kreative muligheder. Ikke mindst er udvikling af murværk og energi som pædagogik af betydning for økonomi, økologi og stoflig erkendelse. Som lys og varme opfattes murværk og energi både som kvantitet og kvalitet, hvilket nedbryder modsætningen, skillelinjen mellem begreberne murværk og energi. Ru og glat, kold og varm, farve, overflade og format. Med murværk som stoflig erfaring opretholdes, fornyes og udvikles murværk og energi.

Mur har stor bestandighed men ringe isoleringsværdi. Den høje vægtfylde betyder, at den i stor udstrækning påvirkes af temperaturvariation. Som klimaskærm er muren umiddelbart ikke træg og egner sig ikke til at isolere. Men med viden og forståelse for termiske evner er det mulig at arbejde med mur og murværk, ikke imod. Murværk er både en sanselig oplevelse, et tegn og en konstruktion med betydning for adfærd og kontekst. Afhængig af sammenhæng, typologi, funktion og fortælling varierer vurderingen af murværk som energi, materie og tid. Det er en kendsgerning, at størstedelen af det murede byggeri består af massiv mur med lav energiværdi. Tidssvarende krav om isoleringsværdi betyder, at massivt murværk skal efterisoleres svarende til ti gange eksisterende isoleringsværdi.

Mange forhold gør sig gældende, når murværk skal vurderes som murværk og energi: Kan det betale sig at investere yderligere i forhold til tid og besparelse? Er investeringen varig, når den sidestilles med mur og murværk? Svarer den til den kvalitet og den tid, der i forvejen er investeret? Og er den karakteristisk og i det hele taget mulig i forhold til murværk og arkitektur?

Murværk er et udmærket konstruktionsmateriale med mange muligheder. Energien, der bruges til at producere mursten og murværk giver erfaring. Mange murkonstruktioner vidner om de aktiviteter, processer og den bestandighed, der er forbundet med de sammenhænge, de indgår i. Bestandighed er således både at opretholde murværk, at opretholde erfaringer samt at fordybe og forny de kvaliteter, der er forbundet med konstruktionerne. At beskrive murværk og energi som mulige forhold er, at opretholde og forny kvaliteter som materie, energi og bevægelse. Værdien af det murede byggeri er byggeskik og identitet, det er kundskab og udvikling, ligesom det er evnen til at møde og håndtere udfordringer på mulighedernes kant.

STRATEGI

Meget tyder på, at det murede byggeri er et afgørende argument for at opretholde og erfare murværk som mulighed. Det moderne murværk har evner til fornyelse, ikke mindst i mødet med ny teknologi. Spørgsmålet er, hvordan forestillingen om murværk og energi kommer til udtryk i forbindelse med nutidig og fremtidig arkitektur? Det er væsentligt at overveje og udfordre arkitektur som statik og som termiske forhold – som tyngde, masse, lys, luft, lethed og proces. Forholdet murværk og energi opretholdes i erfaring og erkendelse, som både rummer parametre med reference til bygningskulturen og paradokser, hvor hvile og dynamik, tyngde og temperatur udgør pædagogiske modeller og mulige sammenhænge.

Muret byggeri er bestandigt i et omfang, der uundgåeligt rejser spørgsmål om kulturarv, og om hvorvidt det er muligt at opretholde regnskabet: energi, mur og arkitektur. Adgang til ressourcer, global økonomi, klima, ny teknologi, viden og politik stiller krav til såvel enkelte positioner, som til omgivelser og til det eksisterende byggeri. Således opstår og dokumenteres argumenter, der gør det muligt at beregne, hvad der er rimeligt, hvordan og hvorvidt det er muligt at agere med det formål at indfri krav. Samtidig er det rimeligt at diskutere forudsætningerne for, hvordan krav til murværk og energi opstilles og bliver mødt.

Hvor langt kan vi gå? Hvordan er det muligt at opfatte murværk og energi som økonomi, kredsløb og scenarier – som strategi, der navigerer med mur og energi – som parametre, i virkelige og mere eller mindre utopiske visioner?

Murværk og energi er samfundsmæssige og kulturelle sammenhænge med strategisk betydning for forestillingerne om byggeskik og fornyet teknologi. Murværk og energi udgør rammer for sociale forhold, udvikling af individuel kunnen, virksomheder og produktion. Murværk og energi er tegn og stoflig erfaring med betydningen af bestandig konstruktion og værdi. Således er den enkeltes erfaring og viden, såvel som de generelle sammenhænge, kilden til de muligheder, der eksisterer med mursten, murværk og muret byggeri. Kontinuitet for det murede byggeri er aktiv og kritisk håndværk og fornyet teknologi, det er murværk og energi.

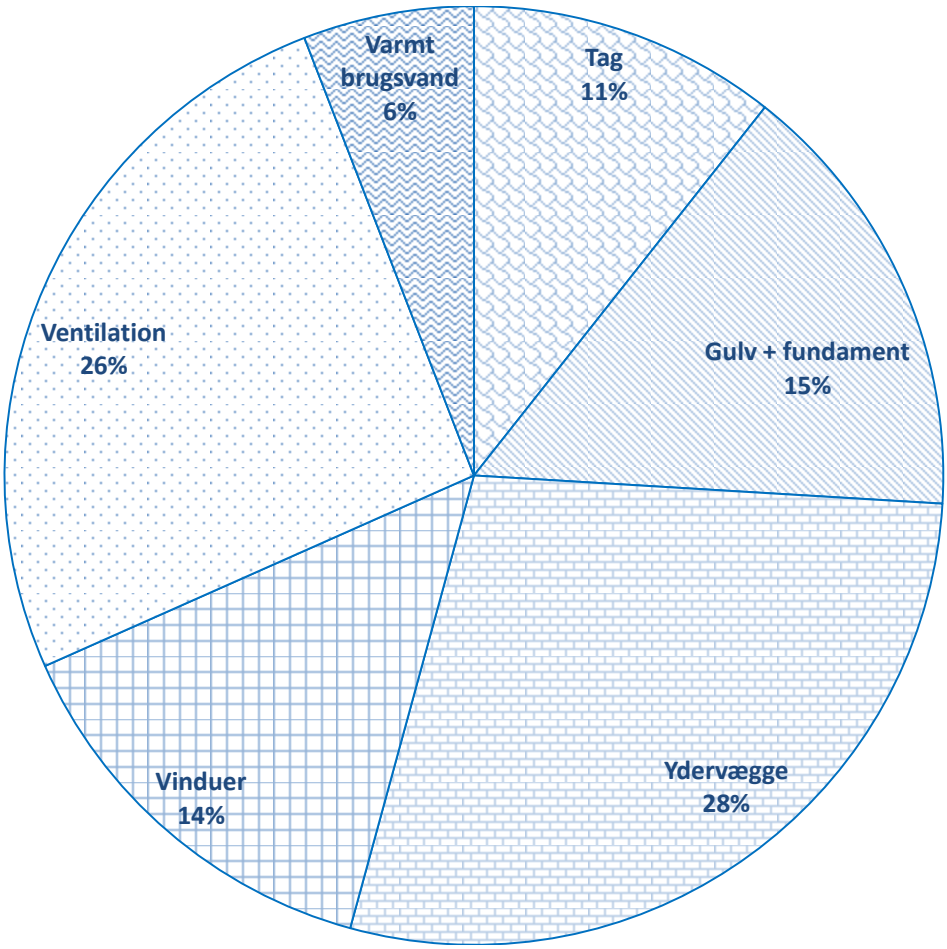
Figur 1–3.
Murproduktion: Før ovn, i ovn, efter ovn.
Foto: Kalk- og Teglværksforeningen.

[1] Montagecirkulære, Boligministeriet, den 15. marts 1960.

Horsens Vestby Beboerhus
Foto: Christoffer Pilgaard

Vestersøhus
Foto: Signe Cecilie Nørgaard

INGENIØREN
ENERGIFORBRUG OG ENERGIBESPARELSE



Figur 1.
Procentuel fordeling af varmetab på bygningsdele og varmt brugsvand for bygninger opført i perioden 1930-1950 (SBi).

ETAGEBOLIGERS GENERELLE ENERGIFORBRUG

Bygningers varmetab afhænger af den byggeperiode de er opført i, specielt som følge af forskellige byggetraditioner og stramninger i bygningsreglementet. Det samlede årlige varmetab for etageboliger er ifølge SBi[1] på 52,84 PJ på landsplan. Etageboliger opført i perioden 1920-1960 har samlet set et varmetab på 10,71 PJ svarende til 20 % af det samlede varmetab for etageboliger. SBi og Videncenter for energibesparelser i bygninger[2] vurderer, at det samlede energibesparelsespotentiale for etageboliger i perioden 1920 -1960 er ca. 2,4 PJ svarende til en samlet mulig reduktion af energibehovet i etageboliger fra 1920 til 1960 på ca. 20 %.

Etageboliger har generelt et relativt lille varmetab ift. andet boligbyggeri pga. bygningens kompakthed. Etagebyggeri har et relativt lille tagareal og gulv/fundament ift. det opvarmede etageareal, og varmetabet gennem disse bygningsdele er derfor relativt lavt. Det største varmetab i etageboliger sker gennem ydervægge og ved ventilation. Figur 1 viser fordelingen af varmetabet gennem de enkelte bygningsdele samt energibehovet til opvarmning af vand .

EKSEMPEL PÅ ENERGIRENOVERING AF EN ETAGEEJENDOM

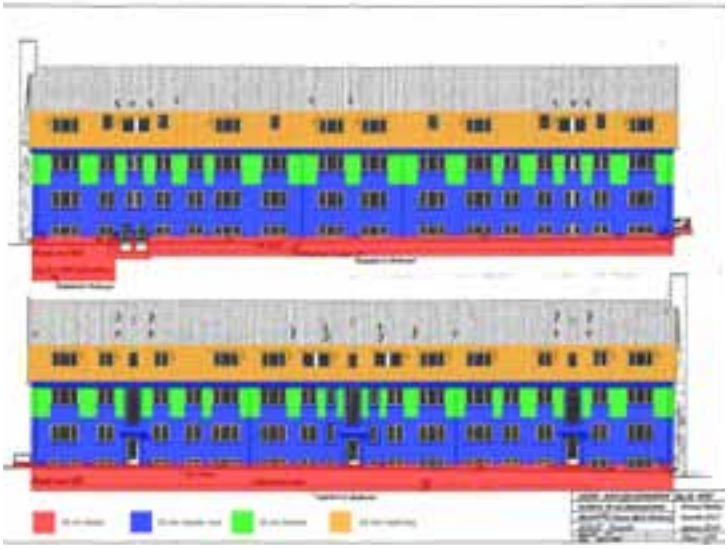
Som basis for en vurdering af effekten af energirenovering af det murede byggeri i perioden 1920 -1960 er der gennemført beregninger for forskellige renoveringsscenarier på en repræsentativ muret etageejendom fra 1949. Energirenoveringerne er vurderet med beregningsprogrammet Be10.

Med udgangspunkt i de fire kategorier af kulturarv i det murede byggeri, er det vurderet, hvilke energitiltag, der kan udføres på en bygning i hver kategori. Effekten af de enkelte energitiltag er beregnet for hver kategori. Herudover er det beregnet, hvor meget energibehovet kan reduceres, hvis alle de foreslåede tiltag for hver bygningskategori gennemføres.

Beregningerne tager som nævnt udgangspunkt i en bestemt ejendom. Det er derfor ikke muligt at overføre resultaterne direkte til alle ejendomme fra perioden, men resultaterne kan godt betragtes som retningsgivende. Ved energirenovering af en konkret ejendom, skal derfor altid gennemføres en beregning for den aktuelle ejendom.

[1] By og Byg Dokumentation 057: Vurdering af potentialet for varmebesparelser i eksisterende boliger (2004).

[2] Videncenter for energibesparelser i bygninger, Energirenovering af etagebyggeriet (2010).



Figur 2.
Plantegning, facadeopstalt og fotos af den eksisterende reference-ejendom fra 1949.
Foto: Esbensen Rådgivende Ingeniører A/S

Bygningsdel	Opbygning	Eksisterende U-værdi [W/m²·K]
Ydervæg	35 cm massivt murværk.	1,33
Ydervæg mellem vinduer	35 cm hulmur mellem vinduer fra 1. sal og op.	1,45
Ydervæg ved radiator-nicher	23 cm massivt murværk med 35 mm træbeton	1,05
Ydervæg, gavl	30 cm hulmur med faste bindere pr. 60 cm.	1,47
Kælderydervæg over 2 m under terræn	35 cm beton	2,18
Kælderydervæg under 2 m under terræn	35 cm beton	0,93
Vinduer	Oprindelige vinduer med forsatsvinduer	2,70
Loft / skråvægge i tagetage	2,5 cm glasuld mellem spær med forskalling, rørvæv og puds.	0,20
Tag	Tegltag	1,31
Etageadskillelse mellem stue og uopvarmet kælder	15 cm Baumadæk / Træbjælkelag med indskudsler	1,06 - 1,51
Terrændæk	12 cm beton	0,41
Ydervæg og tag i kvist	Trækonstruktion med 2,5 cm glasuld beklædt med forskalling, rørvæv og puds.	0,95

Tabel 1.
Opbygning af eksisterende bygningsdele for referenceejendommen.

REFERENCEEJENDOMMEN

Som referenceejendom er udpeget et tidstypisk boligbyggeri fra 1949. Bygningen er en tre-etagers muret etagebolig opført i røde tegl og med rødt tegltag. Bygningen har udnyttet tagetage med kviste. Det samlede etageareal er på 1.258 m² fordelt på 18 lejligheder, hvoraf de seks lejligheder findes i tagetagen.

Klimaskærm

Etageboligens klimaskærm består af uisolerede murede vægge i teglsten, betondæk og betonkældervægge samt oprindelige vinduer med forsatsvinduer. Loftet er ringe isoleret med ca. 25 mm isolering. Klimaskærmens opbygning er angivet på figur 2 og den beregnede isoleringsevne er angivet i tabel 1. Det naturlige luftskifte i bygningen er ca. 0,5 gange i timen.

Installationer

Bygningen har et ældre gasfyr uden kondenserende kedel. Bygningen opvarmes vha. radiatorer under vinduer i hvert rum. Radiatorerne er forbundet i et to-strengssystem. Bygningen ventileres via aftrækskanaler fra køkken og bad og ved åbning af vinduer.

Energibehov

Bygningens varmebehov er 203 kWh/m². Energibehovet til opvarmning af varmt brugsvand er ca. 18,4 kWh/m² og udgør ca. 9 % af det samlede energibehov.

ENERGIRENOVERING OG ØKONOMI

Når en bygning skal renoveres, spiller økonomien en væsentlig rolle. Økonomien sætter ofte grænsen for, hvad der kan lade sig gøre, og hvad der ikke kan. Når en bygning energirenoveres, vurderes de tiltag, der kan nedbringe bygningens fremtidige energibehov og driftsomkostninger. I mange tilfælde vil en samlet totaløkonomisk vurdering af energibesparelsespotentialet for en bygning i forbindelse med en renovering muliggøre frigivelse af ekstra midler til selve renoveringen, idet energibehovet og dermed bygningens driftsomkostninger reduceres.

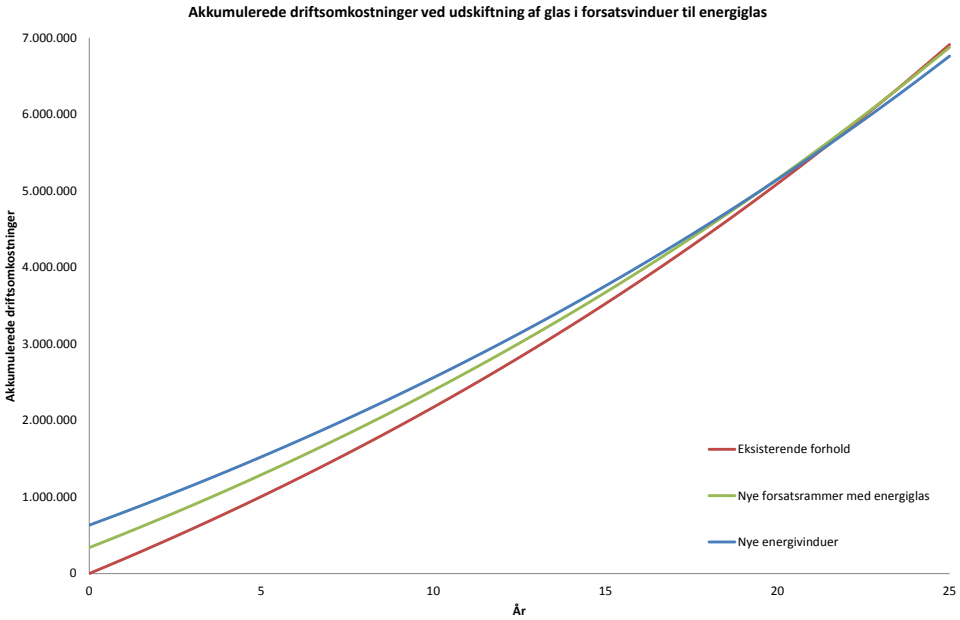
Vurderingen af en bygnings energibesparelsespotentiale, og de derved afledte økonomiske fordele, kan foretages efter flere mere eller mindre detaljerede metoder. Det er i vurderingen afgørende at tage højde for låneomkostninger, energiprisstigninger, vedligeholdelsesomkostninger og inflation. Desuden bør man vurdere, hvor stor en del af investeringen, der skal tilskrives en nødvendig renovering og hvor stor en del af investeringen, der omhandler energitiltag med fokus på driftsbesparelser.

BYGNINGSKATEGORIER OG ENERGIBESPARELSESPOTENTIALE

I det følgende er beskrevet en række relevante energirenoveringstiltag. Det er vurderet hvilke bygningskategorier tiltaget er aktuelt for, ud fra en vurdering af tiltagets indflydelse på en bygnings arkitektoniske udtryk. Energibesparelsespotentialet i en bygning afhænger i høj grad af de bindinger, bygningens arkitektoniske udtryk og ønsket om at bevare dette giver. Afhængigt af en bygnings bindinger ift. det arkitektoniske udtryk kan der etableres forskellige energirenoveringstiltag. Jo mindre arkitektonisk værdi en bygning har, jo mere vidtgående energirenoveringstiltag. Foruden beskrivelsen af energitiltagene er der udarbejdet diagrammer, der viser de akkumulerede driftsomkostninger for det nuværende energibehov sammenlignet med energibehovet efter energirenoveringstiltagene.

De akkumulerede driftsomkostninger er baseret på et energiforbrug på 203 kWh/m² pr. år og en gaspris på 8,00 kr./m³ svarende til 0,72 kr./kWh. I beregningen af de akkumulerede driftsomkostninger er antaget en årlig energiprisstigning på 3,0 %, samt at finansieringen sker kontant. Alle beløb er ekskl. moms og indhentet fra V&S prisdata, juni 2011.

Beskrivelsen i figur 4 (se side 37) er en oplistning af, hvad der maksimalt anbefales realiseret for hver enkelt kategori. Der kan derfor godt udføres færre tiltag end beskrevet med en mindre energibesparelse til følge.



VINDUER OG SOLAFSKÆRMNING

Kategori A og B

Vinduer og solafskærmning har stor betydning for bygningens arkitektoniske udtryk. I fredede og bevaringsværdige bygninger forventes det derfor ikke, at vinduer kan udskiftes. Dog kan der monteres indvendige forsatsvinduer på de eksisterende vinduer.

Forsatsvinduer kan etableres som traditionelle indadgående forsatsrammer eller kobles på det eksisterende vindue og dermed åbne udad. Glassene i en ny forsatsløsning bør være energiglas. Er der allerede eksisterende forsatsvinduer, kan glassene i disse udskiftes med energiglas. Ved vinduesrenoveringen skal det sikres, at forsatsrammerne slutter tæt mod den eksisterende karm. Den beregnede energibesparelse er ca. 11 kWh/m^2.

Kategori C

I bygninger med enkeltstående arkitektoniske kvaliteter kan eksisterende vinduer udskiftes med energiruder i træramme, svarende til de eksisterende vinduer. Den beregnede energibesparelse er ca. 23 kWh/m^2.

Kategori D

For den anonyme bygning kan de eksisterende vinduer udskiftes til superlavenergivinduer. Rentabiliteten ved udskiftning af vinduer er ikke god. Det tager ca. 20 år, før omkostningen til vinduerne er tilbagebetalt af det reducerede energiforbrug. Dog opnås der i mange tilfælde en betydelig komfortforbedring i den enkelte bolig, idet trækgener og kuldenedfald fra gamle utætte vinduer reduceres markant. Den beregnede energibesparelse er ca. 28 kWh/m^2.

Figur 3.
Ved en samlet etableringsomkostning på ca. 350.000 kr. ekskl. moms vil tilbagebetalingstiden for udskiftning af glas i forsatsruder være ca. 23 år. For montering af nye energivinduer er tilbagebetalingstiden ca. 22 år ved en etableringsomkostning på ca. 650.000 kr. ekskl. moms.

Figur 4 (th).
Eksempel på energitiltag der typisk kan realiserers inden for kategorierne A-D

A
FREDET OG MED HØJ BEVARINGSVÆRDI

Mulige tiltag:
/ Hulmursisolering af gavle med 75 mm
/ Efterisolering af tagetage med 200 mm isolering på loft, 100 mm i skunke og 75 mm i skråvægge
/ Etablering af kontroludsugning
/ Ny varmecentral, inkl. efterisolering af rør i kælder

F.eks.: Søndergårdsparken

B
BEVARINGSVÆRDIGT

Mulige tiltag:
/ Forsatsrammer med energiglas
/ Hulmursisolering af gavle med 75 mm
/ Efterisolering af tagetage med 200 mm isolering på loft, 100 mm i skunke og 75 mm i skråvægge
/ Øget tæthed af bygningen
/ Etablering af kontroludsugning
/ Ny varmecentral, inkl. efterisolering af rør i kælder

F.eks.: Alléhusene

C
ENKELTSTÅENDE KVALITETER

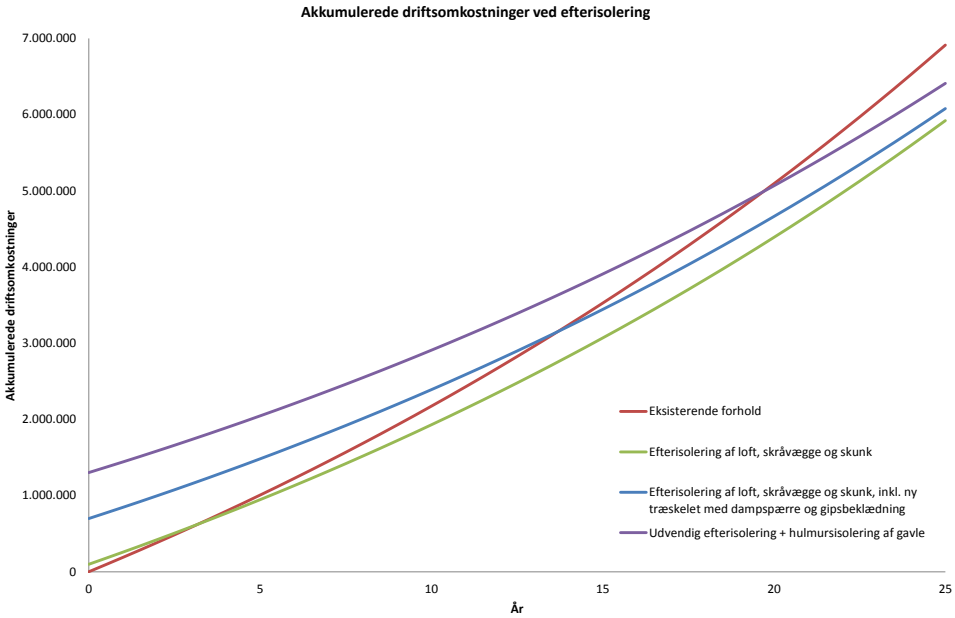
Mulige tiltag:
/ Lavenergivinduer
/ Delvis udvendig efter-isolering af ydervægge, gavle isoleres udvendig med 200 mm isolering og hulmurs-isoleres med 75 mm
/ Efterisolering af tagetage med 200 mm isolering på loft, 100 mm i skunke og 75 mm i skråvægge
/ Øget tæthed af bygningen
/ Etablering af central balanceret ventilation
/ Ny varmecentral, inkl. efterisolering af rør i kælder

F.eks.: Kantorparken

D
ANONYMT

Mulige tiltag:
/ Super lavenergivinduer
/ Total udvendig efterisolering af ydervægge med 200 mm isolering samt hulmursisolering af gavle med 75 mm
/ Efterisolering af tagetage med 400 mm isolering på loft, 250 mm i skunke og 200 mm i skråvægge
/ Øget tæthed af bygningen
/ Etablering af decentral balanceret ventilation
/ Ny varmecentral, inkl. efterisolering af rør i kælder

F.eks.: Stadionkvarteret



Figur 5.
Etableringsomkostningerne er hhv. ca. 100.000 kr., 750.000 kr. og 1.350.000 kr., ekskl. moms for de respektive tiltag. Den beregnede tilbagebetalingstid er på hhv. 3, 14 og 20 år.

Figur 6.
Udvendig efterisolering af muret etagebolig.
Foto: JJW Arkitekter

Figur 7+8.
Vakuumisolering, Barsmark
Opskummet isolering, Kingspan.

ISOLERING

Kategori A og B

I fredede og i bevaringsværdige bygninger kan det være svært at efterisolere klimaskærmen. Dog kan loft mod tagrum samt evt. skråvægge og skunkrum efterisoleres med en tilbagebetalingstid på blot 3-5 år. Da det i disse bygninger ofte er umuligt at etablere en dampspærre, bør isoleringstykkelserne ikke være for store.

Generelt kan der isoleres med 200 mm isolering på loft mod tagrum, 100 mm isolering i skunke samt 75 mm isolering (udført som skubbeisolering mellem spærene) i skråvægge, uden at der skal etableres en dampspærre. Udover isolering af loft, skråvægge og skunk vil det i bygninger med hulmur være muligt at hulmursisolere. Hulmursisolering er en yderst rentabel måde at få isoleret ydervægge på. Hulmursisolering er typisk tilbagebetalt på 3-5 år. Den beregnede energibesparelse er ca. 9 kWh/m^2.

Kategori C

For bygninger med enkeltstående arkitektoniske kvaliteter samt anonyme bygninger kan der udføres mere vidtgående tiltag, når det gælder efterisolering af klimaskærmen. Det er muligt at udføre en omfattende isolering af tagetagen, hvor større isoleringstykkelser kan benyttes, hvis der etableres dampspærre i de enkelte bygningsdele. Derudover kan man udskifte evt. kviste med nye højisolerede kviste. Disse tiltag har typisk en tilbagebetalingstid på ca. 14 år. Den beregnede energibesparelse er ca. 15 kWh/m^2.

Kategori D

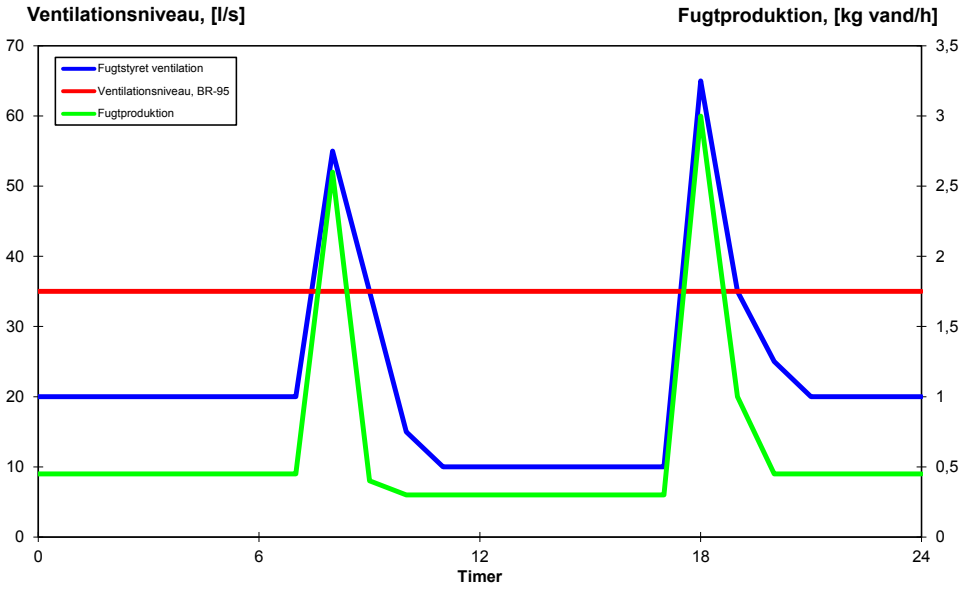
Især anonyme bygningers arkitektur tillader, at bygningerne med fordel kan isoleres udvendigt. Udvendig isolering har den store fordel, at alle kuldebroer ved etagedæk og lignende reduceres væsentligt samtidig med, at der kan benyttes væsentlig større isoleringstykkelser. Den beregnede energibesparelse er ca. 53 kWh/m^2.

ALTERNATIVE ISOLERINGSFORMER

Det store problem med isolering og efterisolering er, at de gængse isoleringsmaterialer fylder meget ift. hvor meget de isolerer. Derfor kan det, især ved efterisolering, være attraktivt at benytte alternativ isolering, som isolerer bedre og fylder mindre.

Vakuumisolering er et isoleringsprodukt, der kan overvejes ved energirenovering. Vakuumisolering er konstrueret af et finkornet materiale anbragt i vakuum i en omsluttende forseglet folie (figur 7). Vakuumisolering er undersøgt af Teknologisk Institut, som har påvist en isoleringsevne, der er næsten 7,5 gange bedre end traditionelle isoleringsmaterialer. Dermed kan samme isoleringsevne opnås med en væsentlig mindre konstruktionstykkelser. Der er dog flere ulemper ved vakuumisolering. Den væsentligste udfordring er, at vakuumisolering ikke tåler perforering, idet vakuumet herved forsvinder. Derudover har vakuumisolering en begrænset levetid, idet vakuumet forsvinder med tiden. Derfor bør vakuumisolering kun indbygges i konstruktioner, hvor materialet kan udskiftes, f.eks. på samme måder som en termorude. I Tyskland har man erfaring med at anvende vakuumisolering i præfabrikerede elementer som f.eks. kviste. Der er dog endnu ingen erfaring med dette i Danmark. Endeligt er vakuumisolering meget dyrt. Vakuumisolering isolerer næsten otte gange bedre end traditionel isolering, men er også næsten 10 gange så dyr. Derfor bliver rentabiliteten ved efterisolering ofte væsentligt ringere for vakuumisolering end for almindelige isoleringsmaterialer.

Et andet alternativ til traditionel isolering er *opskummet isoleringsmateriale* (figur 8). Opskummet isolering er et isoleringsmateriale med en lukket cellestruktur lavet af fenolskum blæst op med en isolerende gasart. Opskummet isolering har en isoleringsevne, der er op til 30 % bedre end traditionel isolering. Ligesom ved vakuumisolering kan man opnå reducerede konstruktionstykkelser ved benyttelse af produktet. Men som ved vakuumisolering er der flere ulemper, der skal tages højde for. Opskummet isolering er et meget hårdt og sprødt materiale. Dette gør det især svært at benytte ved ujævne flader, da materialet ikke kan give efter. Produktets hårdhed og manglende elasticitet har også den ulempe, at det kan være svært at få materialet til at slutte tæt mod de øvrige konstruktionsdele, hvorved risikoen for kuldebroer øges betragteligt. Som ved vakuumisolering reduceres isoleringsevnen over tid. Opskummet isolering er 'kun' ca. 2,5 gange dyrere end traditionel isolering.



Figur 9.
Reguleringsprincip for behovsstyret ventilation.

VENTILATION

Mekanisk ventilation fjerner primært fugt fra boligen og er derved med til at forbedre indeklimaet i boligen. Der findes forskellige former for mekanisk ventilation, som kan benyttes i etageboliger, og som kan udføres mere eller mindre usynligt i forhold til bygningens arkitektoniske værdi og med mere eller mindre kanalføring i den enkelte lejlighed.

Mekanisk udsugning sikrer en kontrolleret udsugning fra en boligs køkken og bad. I mange ejendomme fra perioden 1920-60 vil de eksisterende aftrækskanaler kunne benyttes til udsugningskanaler, hvorved installationen vil være stort set usynlig i den enkelte bolig. Der skal dog etableres et eller flere friskluftindtag i form af riste eller ventiler i væg/vindue for at sikre tilstrækkelig friskluftilførsel. I mange tilfælde vil etablering af mekanisk udsugning medføre et øget opvarmningsbehov i den enkelte bolig, idet den luftmængde, der suges ud via den mekaniske udsugning, vil være større end den luftmængde, der tidligere blev ledt ud gennem afkastkanalerne via det naturlige drivtryk.

Da mekanisk udsugning kan udføres med en relativt diskret kanalføring, kan dette være en løsning til sikring af et behageligt indeklima i fredede og bevaringsværdige bygninger, hvor man hverken ønsker at skæmme bygningens ydre eller indre med kanaler, afkasthætter og lignende. Mekanisk udsugning kan skabe en mindre stigning i energibehovet pga. el til ventilatorer og evt. forøgelse af luftskiftet.

Mekanisk balanceret ventilation udføres med både udsugning og indblæsning. Udsugning sker fra køkken og bad, mens indblæsning af frisk luft sker i boligens øvrige opholdsrum. Mekanisk balanceret ventilation udføres typisk med varmegenvinding således, at udsugningsluften er med til at opvarme indblæsningsluften. Herved spares energi til opvarmning af indblæsningsluften. Mekanisk balanceret ventilation kan udføres på to måder, enten ved etablering af et fælles ventilationsanlæg placeret i kælder eller på loft, eller ved etablering af decentrale ventilationsanlæg i hver bolig. Små decentrale anlæg har typisk den fordel, at de har en højere varmegenvindingsgrad end store fælles anlæg. I forhold til mekanisk udsugning kræver mekanisk balanceret ventilation flere kanaler i den enkelte lejlighed, idet der skal kanaler frem til hvert enkelt rum i boligen. Dette medfører i mange tilfælde, at det bliver nødvendigt at etablere nedhængt loft og/eller friser i dele boligen for at skjule kanalerne.

Grundet de mange kanaler i boligerne samt placering af ventilationsanlæg og indtag/afkast vil mekanisk balanceret ventilation ofte være en løsning, der benyttes i bygninger med enkeltstående kvaliteter eller anonyme bygninger, hvor hensynet til bygningens arkitektur ikke vægtes højt.

Som et ekstra tiltag for "gratis" opvarmning af indblæsningsluften kan friskluftindtaget kombineres med en luftsolfanger placeret i tagfladen. Dette tiltag er især attraktivt, hvis taget alligevel skal udskiftes. En luftsolfanger opvarmer indblæsningsluften i perioder, hvor solen skinner, hvorved energibehovet til opvarmning af indblæsningsluften reduceres.

Alle former for mekanisk ventilation medfører et øget elforbrug til drift af ventilatorerne. Ved mekanisk balanceret ventilation med varmegenvinding opvejes dette elforbrug dog til fulde af det reducerede varmeforbrug i boligerne, og der opnås en betragtelig reduktion af de samlede driftsudgifter.

Det er desuden muligt at reducere varmetabet og elforbruget yderligere ved at anvende behovsstyret ventilation, f.eks. styret efter fugtniveauet i den enkelte bolig. Behovsstyret fugtreguleret ventilation fungerer på den

måde, at en fugtføler i boligen registrerer fugtniveauet og regulerer luftmængden herefter. På den måde fjernes fugten i boligen hurtigst muligt, og den udskiftede luftmængde reduceres til et minimum. Behovsstyret ventilation reducerer typisk den gennemsnitlige udskiftede luftmængde i boliger med ca. 30 % og sikrer samtidig et bedre indeklima end ventilation med konstant luftmængde. Andre relevante styringsparametre kan være CO_2 baseret styring eller via ur.

TÆTHED

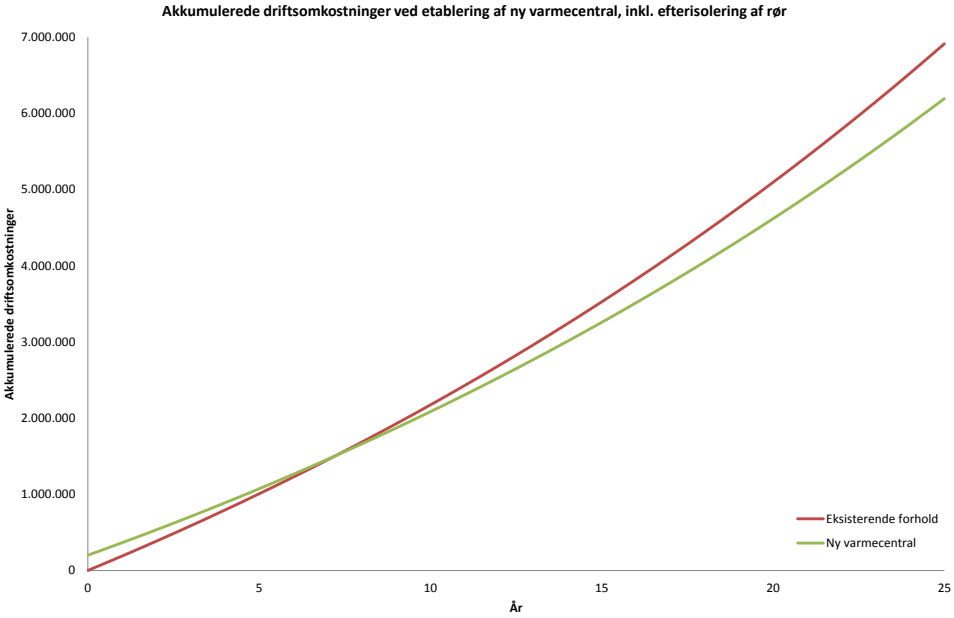
En af de store komfortmæssige gener ved ældre bygninger er træk gennem utætheder i klimaskærmen. Trækgenerne kommer gerne fra gulve, lofter samt fra utætte vinduer og utætte fuger omkring disse. Mange af de ovenfor nævnte tiltag har den positive sideeffekt, at de også medvirker til at øge tætheden af bygningen og derved både reducerer energibehovet og øger komforten i bygningen.

Der er dog også tiltag, der fokuserer på at øge tætheden af boligen. Dette er f.eks. tætning af fuger omkring vinduer og døre i ydervægge. Udskiftning og tætning af fuger omkring vinduer og døre øger bygningens tæthed og reducerer bygningens varmetab, ligesom tætningen medvirker til at forbedre indeklimaet i boligen. I særligt utætte huse kan luftskiftet pga. utætheder i klimaskærmen være helt op til 1 gang i timen, hvilket typisk øger varmebehovet op mod ca. 20 % i ikke renoverede etageboliger. Beskadigede fuger i ydervægge kan desuden skabe alvorlige fugtrelaterede problemer og nedsætte isoleringsevnen i f.eks. hulmursisolerede ydervægge pga. indtrængende regnvand under vindtryk.

En øget tæthed af klimaskærmen er ofte en positiv følgevirkning ved isætning af nye vinduer og ved efterisoleringsarbejder der involverer ny dampspærre. Udskiftning af fuger i ydervæg og omkring vinduer og døre er et relativt enkelt tiltag, som kan udføres indefra eller fra lift uden større gener for beboerne. Tætning af fuger i ydervæg og omkring vinduer og døre kan udføres for alle fire bygningskategorier.

Figur 10 + 11.
Mekanisk udsugning fra køkken og bad. (Illustration fra Exhausto (EBV02)) og mekanisk balanceretmventilation med varmegenvinding. (Illustration fra Exhausto (EBV04)).

Figur 12 +13.
Gamle varme- og vandinstallationer der trænger til udskiftning og nyrenoveret varmecentral.
Foto: Henrik Larsen Rådgivende Ingeniørfirma A/S



Figur 14.
Udskiftning af fyr og pumper samt efterisolering af rør har typisk en tilbagebetalingstid på ca. 8 år ved en etableringsomkostning på ca. 200.000 kr. ekskl. moms.

VARME- OG VANDINSTALLATIONER

Der kan være et stort energibesparelsespotentiale i at få fornyet og opdateret varmecentral og andre tekniske installationer. Gamle fyr og kedler kan med fordel udskiftes med nye med en bedre virkningsgrad og udetemperaturkompensering. Jo ældre den eksisterende installation er, jo bedre forretning opnås der ved at udskifte denne. Også gamle varmtvandsbeholdere er rentable at udskifte (figur 12 + 13).

Der findes i dag intelligente varmtvandsbeholdere, der bl.a. ved hjælp af temperaturlagdeling i beholderen kan styre og optimere produktionen af varmt brugsvand. Således sikrer beholderen tilstrækkelig varmtvandsproduktion i perioder med spidsbelastning og reducerer produktionen til et minimum i perioder uden større behov. Derudover har det vist sig yderst rentabelt at udskifte eksisterende manuelt styrede pumper til nye automatiske trinløst styrede pumper og at øge isoleringstykkelsen på varmerør og rør til varmt brugsvand i uopvarmede kældre til ca. 50 mm isolering. Varmetabet fra varme rør kan reduceres med op til 40 % ved at efterisolere til en samlet isoleringstykkelse på 50 mm. Den beregnede energibesparelse er ca. 27 kWh/m^2 ved ny varmecentral og efterisolering af rør i kælder (figur 14).

Herudover kan der opnås store energibesparelser ved at sikre en optimal styring af varmeanlægget. Når der udføres energirenoveringstiltag i en bygning, er det vigtigt altid at få indreguleret varmesystemet efter de nye forhold i bygningen således, at unødigt energiforbrug til drift af pumper undgås. Er der cirkulation af varmt brugsvand, kan der med fordel etableres styring heraf. Styringen kan f.eks. udføres, så der cirkuleres mindre mængder vand om natten.

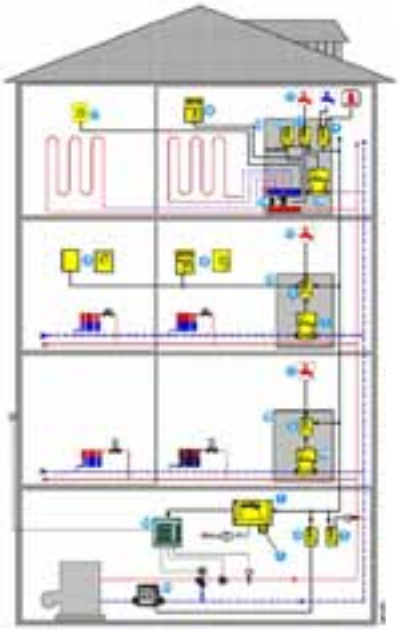
I den enkelte bolig kan der med fordel, hvis det er muligt, etableres separat forbrugsafregning vha. af individuelle målere på både vand og varme. Ved at synliggøre overfor den enkelte beboer, hvor meget vand og varme der bruges i boligen, skabes der en øget bevidsthed omkring forbruget. Separat forbrugsmåling har vist sig at reducere både vand og energiforbrug med op til 15 % pr. bolig. Det er dog vigtigt for en varig virkning løbende at følge op med information om denne effekt overfor beboerne. Det er i dag muligt at montere målere, som kan fjernaflæses og derved ikke kræver adgang til den enkelte bolig i forbindelse med den årlige forbrugsaflæsning.

Står en bebyggelse overfor en totalrenovering af varmeanlægget kan det med fordel overvejes at etablere separat styring af varmen i den enkelte bolig. På denne måde kan den enkelte beboer selv styre varmen og indlægge brugsmønstre, der passer til den enkeltes brug af lejligheden. Der kan f.eks. indlægges en særlig styring for perioder, hvor der ikke er

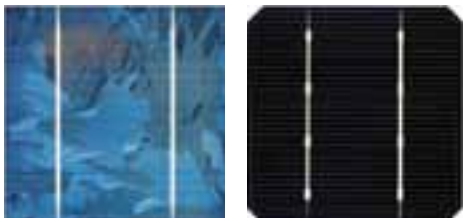
nogen i boligen, og rumtemperaturen derfor kan sænkes. Separat styring af varmen kan beskrives som et mini CTS-anlæg med programmering af brugsmønstre for de enkelte rum således, at varmen kan styres optimalt i alle rum. Derudover har systemerne typisk en "hovedknap" for sænkning af temperaturen i hele boligen, som aktiveres, når man forlader boligen. Styreboksen har forbindelse til en reguleringsventil på afgreningen til den enkelte lejlighed, således at flowet og væsketemperatur i varmeanlægget i den enkelte lejlighed kan reguleres efter varmebehovet.

Derudover kan flowet måles, således at styreboksen også fungerer som energiforbrugsmåler. Alle styrebokse for de enkelte lejligheder tilsluttes en hovedcentral i bygningens varmecentral. Hovedcentralen kan dermed styre og regulere varmeproduktionen i bygningen og derved tilpasse denne til det aktuelle varmebehov i bygningen. På denne måde optimeres varmeproduktionen mest muligt, og det sikres, at der altid er varme nok, men aldrig for meget – i hver enkelt lejlighed såvel som i bygningen som helhed. For at kunne regulere varmeanlæggets flow i hver lejlighed kræver systemet, at der kun er en stigstreng, som betjener hver lejlighed. I ældre etageboliger er der ofte placeret stigstrenge ved samtlige radiatorer, hvorfor etableringen af systemet normalt kun er rentabelt ved en gennemgribende omlægning af hele varmesystemet.

I efteråret 2011 lanceres nye elektroniske termostater, som har flere af de samme funktioner som beskrevet ovenfor. Ventilerne har mulighed for indtastning af ugeprogram, automatisk registrering af åbne vinduer og feriefunktion, hvor temperaturen sænkes ved længere fravær fra boligen. Termostaterne kan monteres på de mest gængse radiatorventiler. Alt efter alder og stand af de eksisterende termostater oplyser producenten, at der kan opnås energibesparelser på op til 23 % ved montering af de nye termostater.



Figur 15.
Separat styring af varmen i de enkelte lejligheder.



Figur 16.
Polykrystallinsk solcelle (tv) og monokrystallinsk solcelle.
Foto: Gaia Solar

Tabel 2 (th).
Beregnet energibesparelse i procent ift. referenceejendom

SOLCELLER OG SOLFANGERE

Lokal energiproduktion fra solceller og/eller solvarme vil også kunne reducere de løbende energiudgifter.

Solceller producerer i Danmark typisk mellem 110-140 kWh/m^2 solcelleareal afhængig af solcelletype. Effektiviteten afhænger af orientering og hældning. I Danmark er den bedste placereing for et solcelleanlæg ca. 45° hældning direkte mod syd. Polykrystallinske solceller er den billigste og den mest anvendte type og kendetegnes ved en changerende blålig farve. Monokrystallinske solceller er den dyreste og mest effektive type og kendetegnes ved en ensartet sort/mørkegrå/blålig farve (figur 16).

Boliger i Danmark kan pt. udnytte "netto-målerordningen". Nettomålerordningen betyder, at elmåleren i princippet "kører baglæns" i perioder hvor der er overskud af el fra solcelleanlægget. Man får således det samme beløb for den el, man leverer til el-nettet, som det man betaler for den el, man køber fra el-forsyningen. Der må dog ikke installeres mere end 6 kWp solcelleanlæg pr. bolig, hvis man vil benytte nettomålerordningen. Der går typisk 7-8 m^2 solceller pr. kWp.

Solceller har tidligere været dyre ift. til den opnåede el-besparelse. Prisen på solceller har imidlertid i en periode været faldende, og denne tendens ventes at fortsætte. I takt med el-prisstigninger har dette bevirket, at solceller bliver mere og mere attraktive. Især når solcelleanlægget udføres som et tagintegreret anlæg i kombination med en tagudskiftning, kan investeringen være særlig attraktiv.

Solfangere eller solvarme benyttes primært til opvarmning af vand. Solfangere kan på årsbasis typisk dække op til 60 % af det varme brugsvandsbehov. Rentabiliteten af solfangere er meget forskellig ift. den aktuelle energiforsyning. Tilbagebetalingstiden er generelt under 10 år for bygninger med oliefyr, mens den er under 15 år for bygninger med gasfyr. For bygninger med fjernvarme kan det normalt ikke betale sig at etablere solvarme. Det optimale solfangerareal er ca. 25 m^2 pr. m^3 varmt vand, der forbruges pr. døgn. Ved etablering af solfangeranlæg skal man være opmærksom på, at varmtvandsbeholderen skal være tilpasset solfangeranlægget. Eksisterende varmtvandsbeholdere kan normalt ikke benyttes, idet solvarmeanlæggets varmtvandsbeholder skal være større, og der skal være en varmespiral i bunden af beholderen. Ved etablering af solvarme skal beholderstørrelsen generelt være på ca. 40-50 liter pr. m^2 solfanger. Solfangere giver den bedste ydelse, hvis placeres på/i taget og er orienteret mellem SØ og SV og har en hældning på mellem 30° og 60°.

BEREGNET BESPARELSESPOTENTIALE

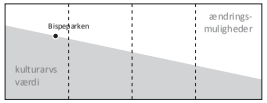
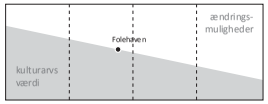
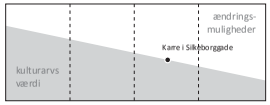
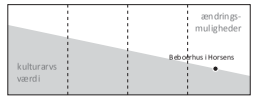
Tabel 2 på modstående side viser det beregnede besparelsespotentiale for hvert af de energirenoveringstiltag, som er foreslået for hver af de fire kulturarvskategorier. Energitiltagene har indflydelse på hinanden og kan derfor ikke direkte summeres. Derfor er der også udført en beregning af den samlede procentuelle energibesparelse for hver af de fire kategorier ved en samtidig realisering af alle de foreslåede energirenoveringstiltag.

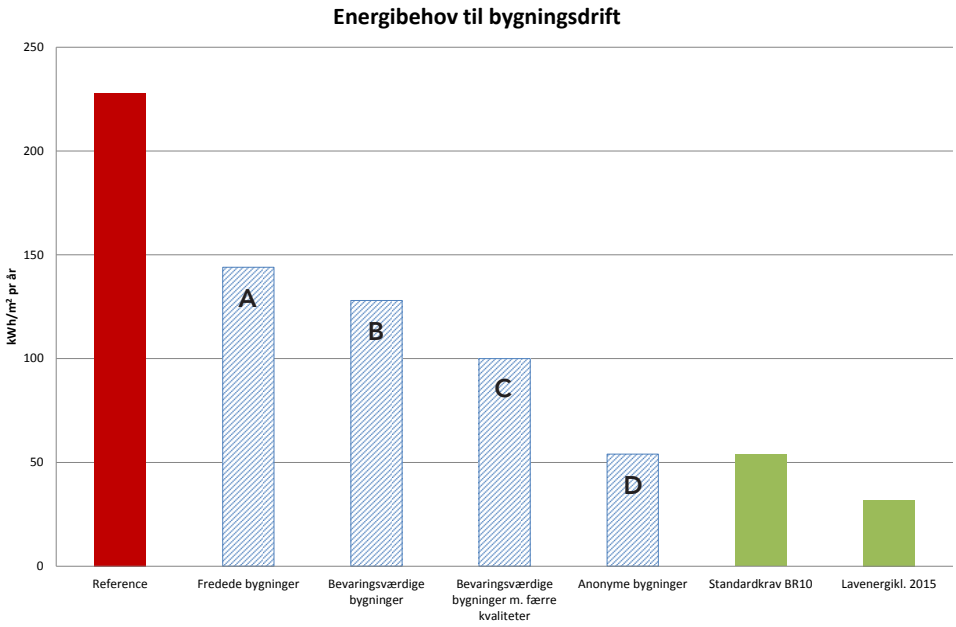
Tabellen viser, at det oprindelige energibehov kan reduceres med ca. 29 %, hvis bygningen er fredet eller har høj bevaringsværdi. Hvis bygningen klassificeres som bevaringsværdig kan energibehovet reduceres med ca. 37 %, idet det antages, at vinduerne kan tætnes og forsynes med forsatsrammer. Bygninger med enkeltstående arkitektoniske kvaliteter har ikke de samme restriktioner, og det oprindelige energibehov kan derfor potentielt reduceres til det halve. I anonyme bygninger er der stort set ingen barrierer for energirenovering. Disse bygninger har derfor potentiale til at kunne reducere deres energibehov med helt op til ca. 73 % af det oprindelige energibehov.

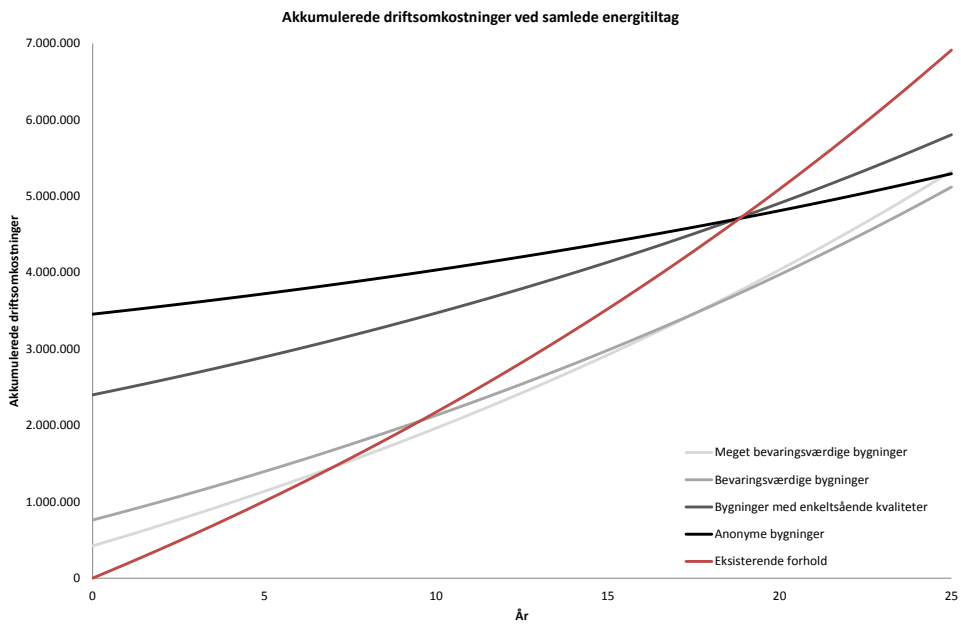
Det samlede energibehov for referencebygningen og ved energirenovering inden for de fire kulturarvs kategorier er vist i figur 17. Beregningerne er sammenlignet med standardkravet til nybyggeri opført iht. BR10 samt energiklasse 2015. Med de viste energirenoveringstiltag er det muligt at reducere energiforbruget til et niveau, der svarer til standardkravet for nybyggeri. For at reducere energibehovet til niveauet for Lavenergibyggeri klasse 2015 vil det være nødvendigt at benytte vedvarende energikilder som f.eks. solceller og solvarme og/eller at anvende en form for varmepumpeløsning.

Som tidligere nævnt er der i angivelsen af besparelsespotentialet for hver bygningskategori tale om generelle vurderinger. I forbindelse med et konkret byggeri vil der derfor være afvigelser ift. hvilke tiltag der kan implementeres samt de samlede tiltags effekt på det fremtidige energibehov. Beregnede besparelsespotentialer skal derfor betragtes som vejledende.

Energibesparelsespotentialet i en given bygning skal sammenholdes med den nødvendige investering og den efterfølgende driftsøkonomi. I mange tilfælde vil investeringen også bevirke en forbedring af bygningens stand og de arkitektoniske og indeklimatiske forhold. Figur 18 viser de samlede energitiltags tilbagebetalingstid for de fire bygningskategorier. Tilbagebetalingstiden for det samlede renoveringsscenarie for meget bevaringsværdige bygninger og bevaringsværdige bygninger er relativt kort sammenlignet med bygninger med enkelstående kvaliteter eller anonyme bygninger.

Energibesparelse i procent ift. reference.	 Fredede bygninger og bygninger med høj bevaringsværdi	 Bevaringsværdige bygninger	 Bygninger med enkeltstående arkitektoniske kvaliteter	 Anonyme bygninger
Vinduer og solafskærmning				
Forsatsrammer med energiglas, U = 1,7	-	5 %	-	-
Lavenergi vinduer, U = 1,4	-	-	11 %	-
Superlavenergi vinduer, U = 1	-	-	-	14 %
Isolering og tæthed				
Hulmursisolering, - gavle, 75 mm	4 %	4 %	-	-
Delvis udvendig efterisolering af ydervægge, gavle, 200 mm + hulmursisolering 75 mm	-	-	8 %	-
Nye højisolerede kviste, 200 mm i vægge og 250 mm i tag	-	-	2 %	-
Total udvendig efterisolering af ydervægge + hulmursisolering, 75 mm + 200 mm	-	-	-	26 %
Tagetage efterisoleres u. ombygning: 200 mm på loft, 100 mm i skunke, 75 mm i skråvægge	16 %	16 %	16 %	-
Tagetage efterisoleres inkl. ombygning: 400 mm på loft, 250 mm i skunke, 200 mm i skråvægge - inkl. nye kviste	-	-	-	22 %
Tæthed, 0,4 h-1	-	3 %	-	-
Tæthed, 0,3 h-1	-	-	6 %	-
Tæthed, 0,1 h-1	-	-	-	12 %
Ventilation				
Kontroludsugning	- 2 %	- 2 %	-	-
Central ventilation	-	-	7 %	-
Decentral ventilation	-	-	-	9 %
Varme- og vandinstallationer				
Ny varmecentral, inkl. efterisolering af rør i kælder	13 %	13 %	13 %	13 %
Energibesparelse				
Samlet energibesparelse ift. reference ved udførelse af de markerede tiltag	29 %	37 %	51 %	73 %





Figur 17.
Energibehov for referencebygningen og ved energirenovering inden for de fire fredningskategorier.

Figur 18.
Oversigt over de fire kulturarvskategoriers samlede investering og tilhørende tilbagebetalingstid. De akkumulerede driftsomkostninger inkl. investering i energitiltag er sammenlignet med de eksisterende forhold (rød).

Dette skyldes, at den nødvendige investering er markant lavere for de to første bygningskategorier, idet renoveringen er langt mindre omfattende og kun indeholder energitiltag, der har en kortere tilbagebetalingstid. Herudover er renoveringsscenariet for bygninger med enkeltstående kvaliteter og anonyme bygninger langt mere gennemgribende og medfører markant større forbedringer af energi- og komfortforhold og bygningsværdi.

Den samlede investering for de udvalgte tiltag er beregnet til hhv. 422.000 kr., 761.000 kr., 2,40 mio. kr., og 3,46 mio. kr. for de fire kategorier. De tilsvarende samlede energibesparelser er hhv. 29 %, 37 %, 51 % og 73 %. De respektive tilbagebetalingstider er 7, 9 og 19 år. Med andre ord viser figuren, hvordan fremtidige energibesparelser kan finansiere en mere eller mindre omfattende renovering af en ejendom. Efter ca. 26 år er den dyreste investering (anonyme bygninger) den mest rentable investering (figur 17).

Når man ser på de akkumulerede driftsomkostninger for de enkelte energitiltag, er der stor forskel på rentabiliteten af disse (figur 18). Nogle tiltag er betalt tilbage efter ganske kort tid, også selvom den procentuelle reduktion af det samlede energiforbrug ikke virker markant. Generelt er der visse enkeltstående energitiltag, som giver både en relativt stor energibesparelse, og som er nemme og billige at udføre. Her kan bl.a. nævnes efterisolering af tag, skråvægge og skunk samt etablering af ny varmecentral, efterisolering af varmerør og rør til varmt brugsvand samt

udskiftning af gamle pumper. Fælles for disse tiltag er også, at de kan udføres uden de store gener for bygningens beboere.

Andre energitiltag, som f.eks. udskiftning af vinduer, har ikke umiddelbart en attraktiv tilbagebetalingstid. Med vinduer er der dog en række andre faktorer, som spiller ind. Standen af de eksisterende vinduer er en vigtig faktor. Står de eksisterende vinduer overfor en gennemgribende istandsættelse kan udgiften til denne være så høj, at det kan vise sig økonomisk attraktivt at udskifte disse til nye vinduer. En anden vigtig faktor ved vinduesudskiftning er den forbedrede komfort i den enkelte bolig, som dette vil medføre. Mennesker opholder sig i dag inden døre ca. 90 % af tiden. En meget stor del af denne tid er i boligen. En vinduesudskiftning medfører, at kuldenedfaldet ved vinduerne reduceres markant, hvilket giver et øget komfort og velvære i boligen.

Resultaterne viser, at potentialet for energibesparelser i det murede etagebyggeri er stort. Selv med få midler er det muligt at reducere energiforbruget med næsten 30 % og samtidig betale investeringen tilbage på under 10 år. For det anonyme byggeri er det muligt at reducere energiforbruget med mere end 70 % På disse bygninger gør det ingen arkitektonisk skade at isolere udvendigt og at udskifte vinduerne med super lavenergi vinduer. Der er altså rig mulighed for at skabe en "helt ny" bygning med en ny identitet, som lever op til nutidens krav om arkitektur, indretning og et godt og behageligt indeklima.

Figur 19.
Referenceejendom og visualisering af en evt. energirenovering af eksempelbygningen.
Foto: Esbensen Rådgivende Ingeniører A/S
Illustration: Creo Arkitekter A/S

INGENIØREN KRITISKE FUGTTEKNISKE PROBLEMER VED EFTERISOLERING

LOKAL OPFUGTNING AF TRÆBJÆLKEENDER

I ældre muret etagebyggeri med træbjælkelag, der enten er udpeget som bevaringsværdigt eller som fredet, er det ofte ikke muligt at foretage udvendige forandringer som f.eks. udvendig efterisolering. Ved energirenovering af ydervægge i disse bygninger vælges derfor ofte en indvendig efterisolering. Ved indvendig efterisolering bør man være opmærksom på, at man ikke opnår en for høj isoleringsgrad, da der ved indvending efterisolering vil være betydelige kuldebroer ved f.eks. etageadskillelser og indvendige vægge.

Der findes et informativt udvalg af litteratur og vejledninger med retningslinjer for indvendig efterisolering af muret byggeri med træbjælkelag. Der advares generelt om, at arbejdet ikke er risikofrit med hensyn til fugttekniske problematikker og især nævnes, at dampspærren skal være tæt, og ydervæggen skal sikres mod indtrængende regnvand. Dette indebærer, at revner i pudsede facader og beskadigede fuger i blank mur skal udbedres inden en indvendig efterisolering foretages.

I ældre muret byggeri med træbjælkelag er der ved indvendig efterisolering risiko for øget fugtophobning i ydervæggen ved træbjælkelagets ender. Det er derfor vigtigt, at hver enkelt renoveringssag, der involverer indvendig efterisolering, vurderes nøje og udføres med stor varsomhed.

Det generelle problem ved indvendig efterisolering er, at ydervæggene generelt bliver koldere i takt med, at varmetabet fra bygningen reduceres. Afkølingen af ydervæggen medfører, at den relative luftfugtighed i ydervæggen stiger, og at dugpunktet ift. de oprindelige forhold "flyttes længere ind" i konstruktionen, hvilket øger risikoen for kondens, svamp og råd (figur 20).

I renoveringssager, der involverer indvendig efterisolering, bør man altid kontakte en specialist, så de fugttekniske konsekvenser kan kortlægges inden udførelsen.

FROSTSPRÆNGNING AF HULMURE

Mange murede huse i perioden 1890-1950 er opført med en uisoleret hulmur. Hvis hulmuren ikke i forvejen er isoleret, er det meget rentabelt at hulmursisolere. Den typiske tilbagebetalingstid er 3-5 år.

Ved hulmursisolering skal man være opmærksom på ydervæggens beskaffenhed. Ved blottede mure skal mursten og fuger være af god kvalitet og stadig kunne forhindre regnvand i at trænge ind i muren udefra. Forvitrede mursten og utætte fuger, der ikke kan holde regnvandet ude, giver øget risiko for frostsprængninger i murværket, idet ydervæggen bliver koldere efter en hulmursisolering. Pudsede ydervægge skal ligeledes være tætte og uden revner, hvor regnvand kan trænge ind.

Figur 20.
Bjælkeender med fugtrelaterede problemer.
Foto: Verband Privater bauherren (UDB)

OPSAMLING

Det murede byggeri fra før 1960 besidder ofte arkitektoniske og kulturhistoriske værdier, der bør bevares. Generelt er bygningerne fra denne byggeperiode i en relativt dårlig energimæssig stand, hvilket bl.a. kan bevirke indeklimaproblemer og betydelige energiudgifter for beboerne.

På nationalt plan udgør disse bygninger en udfordring, idet de repræsenterer en betydelig del af landets CO_2-udledning. I renoveringssammenhæng kan det dog være svært at få overblik over, hvad der generelt kan lade sig gøre m.h.t. energiforbedringer i fredede og bevaringsværdige bygninger.

I denne publikation er der for forskellige fredningskategorier af muret etageboligbyggeri beregnet de mulige besparelser for en række relevante normale og innovative energisparetiltag. Beregningerne er gennemført for et typisk muret etageboligbyggeri fra 1949 og opsummeret nedenfor. De angivne besparelser skal betragtes som vejledende, idet der i et konkret projekt altid bør gennemføres tilsvarende analyser for det aktuelle byggeri.

FREDET OG HØJ BEVARINGSVÆRDI

Afhængig af etageboligens arkitektoniske og kulturelle karakter er der forskellige energimæssige tiltag, der kan iværksættes. Et beregningseksempel viser, at der typisk kan spares 29 % af energiforbruget, selvom bygningen er klassificeret som fredet eller som en bygning med høj bevaringsværdi (kategori A).

Attraktive tiltag for et sådant byggeri er: Renovering af etageboligblokkens varmecentral, efterisolering af klimaskærmen uden ombygning og forbedring af indeklimaet ved etablering af udsugningsventilationsanlæg. Disse tiltag er ofte rentable, typisk med en tilbagebetalingstid på ca. 7 år, og kan i øvrigt udføres i næsten alle ejendomme uanset fredningskategori.

BEVARINGSVÆRDIGT

Hvis bygningen er klassificeret som bevaringsværdig (kategori B) kan der normalt gennemføres mere vidtgående tiltag, og energibehovet kan typisk reduceres med i alt ca. 37 %. Foruden ovennævnte tiltag tætnes vinduerne, og de forsynes med forsatsvinduer. Tilbagebetalingstiden for renoveringstiltagene vil være ca. 9 år.

ENKELTSTÅENDE KVALITET

Bygninger med enkeltstående arkitektoniske kvaliteter (kategori C) har ikke de samme restriktioner, og det oprindelige energibehov kan derfor potentielt reduceres til det halve. For bygninger i denne kategori kan der normalt ske en udskiftning af de eksisterende vinduer med lavenergivinduer, foretages delvis udvendig efterisolering og etableres et centralt placeret ventilationsanlæg med varmegenvinding. Foruden de opnåede energibesparelser sikrer disse tiltag en betydelig forbedring af indeklimaet. For disse bygninger sker en reduktion af energiforbruget på ca. 51 % med en tilbagebetalingstid på ca. 19 år.

ANONYMT

I anonyme bygninger (kategori D) er der stort set ingen barrierer for en ambitiøs energirenovering. Disse bygninger har potentiale til at kunne reducere energibehovet til et niveau, der svarer til niveauet for nybyggeri. I beregningseksemplet reduceres energibehovet med ca. 73 % af det oprindelige energibehov. En renovering, der er så gennemgribende, kræver en markant højere investering end de renoveringsarbejder, der kan udføres i de øvrige kategorier. Tilbagebetalingstiden er i eksemplet beregnet til under 20 år. Efter ca. 26 år vil energirenoveringens omfang imidlertid være den økonomisk mest attraktive løsning i forhold til de øvrige scenarier.

FUGT

Udover de økonomiske gevinster og forbedringer af indeklimaet skal man ved energirenovering af ældre muret byggeri være særlig opmærksom på eventuelle fugtmæssige problemer. Især ved indvendig efterisolering skal man være sikker på, at man ikke skaber kondensproblemer, og at ydervæggens overflade er tæt og holder regnvand ude. Det skal derfor understreges, at man ved energirenovering altid bør konsultere professionelle rådgivere.

RENOVERING DER BETALER SIG

For alle typer inden for det murede byggeri er det muligt at gennemføre økonomisk rentable energirenoveringer med store energibesparelser til følge. Dette omfatter både synlige renoveringer af klimaskærmen og "usynlige" renoveringer af de tekniske installationer, som sikrer at bygningens arkitektoniske udtryk og kvaliteter bevares i det omfang, det er ønsket.

Olaf Bruun Jørgensen
Ingeniør

EFTERTANKE

Formålet med publikationen har været, at kortlægge og undersøge gode eksempler på energirenovering af muret byggeri fra 1920 til 1960.

Som det kan ses i de enkelte afsnit, har det ikke været muligt at finde tilstrækkeligt med gode eksempler til at tegne et "mulighedernes rum" for de nært forestående renoveringsprojekter i omtalte bygningskategori. Det skyldes nok først og fremmest, at disse bebyggelser generelt er karakteriseret ved stor holdbarhed, høj kvalitet og god patinering. De fleste bebyggelser har stået urørt i facaden i 50 til 80 år og dokumenterer alene herved en høj overlevelsesevne, som har overgået 60'ernes og 70'ernes montagebyggerier, der for en meget stor dels vedkommende allerede er blevet renoveret, teknisk fornyet og energimæssigt forbedret.

Beskrevne eksemplers helheds- og detailløsninger påviser, at der findes en bred vifte af muligheder, som både kan vurderes efter deres arkitektoniske og bygningskulturelle hensyn og efter deres energimæssige og økonomiske egenskaber.

I afsnittet "Energirenovering – principeksempler" skitseres de mange muligheder for forbedring af bygningskroppen gennem til- og ombygning, ved udvendig og indvendig isolering, ved indklædning og ved integrering af alternativ energi.

I afsnittet "Energiforbrug og energibesparelse" dokumenteres de principielle forbedringers energiforhold og økonomi med udgangspunkt i en typisk referenceejendom fra tiden. Her ses, at enkelte indgreb som efterisolering af loft, skråvægge og skunk har stor effekt og god rentabilitet og kan udføres uden konsekvenser for den bygningskulturelle værdi. Fornyelse af vinduer og døre og af det varmeproducerende og -distribuerende system kan også i de fleste tilfælde udføres med respekt for arkitekturen, mens det egentlige problem består i forbedring af ydervæggens isolerende egenskaber. Her skal den afgørende balance mellem ønsket om nedsættelse af energiforbruget og hensynet til bevaring af en bygningskultur stå sin prøve.

Afsnittet "Det murede byggeris kvaliteter" peger på de værdier og arkitektoniske karakteristika, som de bedre af tidens bebyggelser repræsenterer, og som må indgå i programmer og strategier for de kommende renoveringer.

I publikationen skelnes der ikke blot – som i bygningsreglementet – mellem fredede/bevaringsværdige bygninger og bygninger, der ikke er omfattet af disse bestemmelser. Det er nødvendigt med en mere differentieret kategorisering. I "Eksempler på energirenovering" introduceres fire kategorier, som spænder begrebet kulturarvsværdi ud mellem det byggeri, der er omfattet af fredning eller af høj bevaringsværdi og det anonyme byggeri uden særlig arkitektonisk eller bygningskulturel værdi. Hver af de fire kategorier bør behandles forskelligt med respekt for den bygningskultur, de repræsenterer.

EN NY START

Det efterlader dog i den fjerde kategori (Anonymt byggeri) en mængde bygninger og bebyggelser, hvis tekniske og arkitektoniske tilstand er uden eller med ringe bevaringsværdi, og som derfor tillader radikale løsninger, der kan ses som en ny start for området. En ny start, der har som mål at gøre området til et attraktivt boligområde med høj kvalitet i både overordnet planlægning, i social konstruktion og i teknisk udførelse og dermed at fremme det positive image og identitetsfølelse i bydelen, så boligerne bliver efterspurgte og tiltrækkende.

I Stadionkvarteret i Glostrup har JJW Arkitekter sammen med ingeniørfirmaet Lemming og Eriksson udarbejdet et eksempel på en mere radikal løsning på en energirenovering og teknisk opgradering. Her var opgaven bl.a. at fremlægge et forslag, hvori bebyggelsen "tilføres et væsentligt kvalitativt løft ved en overordnet arkitektonisk nyfortolkning" og "at kvalitet er valgt således, at forslaget minimerer de fremtidige udgifter til vedligeholdelse samt tilgodeser en reducering af det fremtidige ressourceforbrug".

ENERGIRENOVERING – ET KULTURELT DILEMMA

Sådanne løsninger giver gode muligheder for en gennemgribende forbedring af boligkvaliteten. Lejligheder får en attraktiv størrelse ved at blive slået sammen, tekniske installationer i køkken og bad kan totalrenoveres og bygningskroppen kan opfylde nutidens og den nære fremtids krav til et lavt varmetab.

Men vi står overfor et kulturelt dilemma, hvor en hundredårig murværkstradition i bygningskunsten, som har skabt homogene bebyggelser, gadeforløb og hele byer, risikerer at lide ubodelig skade.

Torben Dahl
Arkitekt MAA

Figur 1.
Boligbebyggelsen Stadionparken i Glostrup før og efter det foreslåede renoveringsprojekt.
Foto og rendering: JJW Arkitekter A/S

ARKITEKTUR & ENERGIRENOVERING
DET MUREDE ETAGEBYGGERI FRA 1920 TIL 1960

© 2011 DANSK ARKITEKTUR CENTER

Gengivelse af denne bog eller dele heraf er ikke tilladt ifølge gældende dansk lov om ophavsret

Download publikationen på /
www.dac.dk
www.kubenman.dk
www.lbf.dk
www.almennet.dk

Udgivet af /
Dansk Arkitektur Center for Kuben Management A/S
Udarbejdet i et samarbejde mellem:
Dansk Arkitektur Center
Kuben Management A/S
Esbensen Rådgivende Ingeniører
Institut for Teknologi v. Kunstakademiets Arkitektskole

Redaktion, Dansk Arkitektur Center /
Søren Smidt-Jensen og Signe Cecilie Nørgaard
Grafisk design: Naja Tolsing

Fotos & illustrationer /
Dansk Arkitektur Center
Esbensen Rådgivende Ingeniører
Kunstakademiets Arkitektskole
JJW Arkitekter
Solar City Copenhagen
Kalk- og Teglværksforeningen
Exhausto
Creo Arkitekter A/S
Henrik Larsen
Helga Theilgaard

Publikationen er støttet af /
Landsbyggefondens Innovationspulje 2010-2011

LANDSBYGGEFONDEN

KUBEN MANAGEMENT

Det Kongelige Danske Kunstakademis Skoler
for Arkitektur, Design og Konservering
Arkitektskolen

esbensen
RÅDGIVENDE INGENIØRER A/S

DAC | DANSK ARKITEKTUR CENTER

FSC
www.fsc.org
MIX
Papir fra
ansvarlige kilder
FSC® C009089

Hvordan fremtidssikres det murede byggeri?
Når det murede byggeri skal fremtidssikres skal de økonomiske, miljømæssige og sociale indsatsområder medtænkes fra idé til udførsel og vedligehold – med omtanke for muren, miljøet og mennesker.

Hvorfor fokusere på energirenovering?
Det murede byggeri fra 1920 -1960 udgør en betydelig del af den samlede bygningsmasse, men alt for mange renoveringer er gennemført uden langsigtede energiambitioner og tilstrækkelig viden om den arkitektoniske kvalitet.

Hvem henvender publikationen sig til?
Arkitektur & Energirenovering præsenterer state-of-the-art indenfor energirenovering og viser nogle af de vigtigste udfordringer, som byggebranchen og den almene boligsektor i dag står overfor.

Støttet af /
Landsbyggefonden

Udarbejdet af /
Kuben Management A/S
Kunstakademiets Arkitektskole
Esbensen Rådgivende Ingeniører
Dansk Arkitektur Center