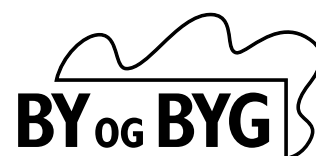


By og Byg Resultater 007

Renovering eller nybyggeri

Energi- og miljøvurdering



Statens Byggeforskningsinstitut
Danish Building and Urban Research

Renovering eller nybyggeri

Energi- og miljøvurdering

Klaus Hansen

Titel	Renovering eller nybyggeri
Undertitel	Energi- og miljøvurdering
Serietitel	By og Byg Resultater 007
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2001
Forfatter	Klaus Hansen
Sprog	Dansk
Sidetæl	32
Litteratur- henvisninger	Side 31-32
English summary	Side 29-30
Emneord	Bygningsfornyelse, nybyggeri, energiforbrug, miljøvurdering
ISBN	87-563-1078-1
ISSN	1600-8049
Pris	Kr. 70,00 ink. 25 pct. moms
Forsidefoto	Heine Pedersen/BAM
Tryk	BookPartner, Nørhaven digital A/S
Udgiver	By og Byg Statens Byggeforskningsinstitut, P.O. Box 119, DK-2970 Hørsholm E-post by-og-byg@by-og-byg.dk www.by-og-byg.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *By og Byg Resultater 007: Renovering eller nybyggeri. Energi- og miljøvurdering. (2001)*

Indhold

Forord	4
Indledning	5
Sammenfatning og konklusioner	6
Afgrænsning.....	8
Objekt og funktionel enhed.....	8
Levetider og restlevetider	8
Livsforløb og allokering.....	9
Afgrænsning af processer	10
Allokering.....	11
Vurderingsparametre.....	12
Opgørelse af energiforbrug og emissioner.....	13
Vurdering af varmetab og varmeforsyning	14
Eksempler	15
Renovering	15
Nedrivning og nybyggeri	17
Resultat af miljøvurderingen	19
Diskussion.....	21
Bygningsdeles energiforbrug og emissioner	21
Levetider	22
Varmeisolering.....	22
Varmeforsyningens energiforbrug og emissioner.....	23
Materialeforbrug og bygningsaffald	23
Ordliste.....	25
Summary.....	29
Litteratur.....	31
Yderligere Litteratur.....	31

Forord

Denne rapport beskriver resultaterne af EFP-94 projektet: Renovering eller nedrivning og nybyggeri, totalenergiforbrug og miljøbelastninger (journal nr. 1213/93-0017). Resultaterne af projektet, der fokuserer på problemstillingen: Renovering eller nedrivning og nybyggeri, omfatter beregninger af miljøpåvirkninger og miljøeffekter, idet der især er set på de energirelaterede påvirkninger, samt diskussion af disse resultater i relation til variationerne i praksis og til den fremtidige udvikling på energiområdet.

Projektet udgør sammen med projektet "Energi- og miljøvurdering ved renovering (2)" et pilotprojekt hvad angår anvendelsen af livscyklusorienterede miljøvurderinger på renoveringsområdet.

Projektarbejdet er udført af Steen Traberg-Borup, SBI, som har forestået beregningen af bruttoenergiforbrug og emissioner, og Kim B. Wittchen, SBI, som har forestået beregningen af varmetab og driftsenergiforbrug. Klaus Hansen, SBI, har været projektleder.

Resultaterne af projektet henvender sig især til ministerier, byfornyelseselskaber og kommuner samt andre, som beskæftiger sig med byfornyelsens målsætninger og gennemførelse.

By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut
Afdelingen for Energi og Indeklima
Januar 2001

Erik Christophersen
Forskningschef

Indledning

Renovering af eksisterende bygninger vil, både med hensyn til energibesparelser og til andre forbedringer, spille en væsentlig rolle for byggeriet de næste mange år og dermed også for byggeriets miljøpåvirkninger. Hertil kommer, at renovering adskiller sig fra nybyggeri ved direkte at indeholde en række vurderinger og aktiviteter, som karakteriserer en bygnings hele livscyklus. Der er derfor god grund til både at udvikle metoder til støtte for energi- og miljøvurdering af renoveringsprojekter samt demonstrere betydningen af at gøre dette.

Renovering indebærer bl.a., at der skal tages stilling til de eksisterende bygningsdeles ydeevne, vedligeholdelse og restlevetid samt til de miljøpåvirkninger, der knytter sig til den resterende del af deres livscyklus. Nybyggeri indebærer alene stillingtagen til nye bygningsdele. Ved renovering skal dele af den eksisterende bygning fjernes og bortskaffes her og nu, og nye eller supplerende bygningsdele skal indbygges. Ved nybyggeri gælder indsatsen alene etableringen af nye bygningsdele.

Umiddelbart kan det se ud, som om det energimæssigt bedst kan svare sig at rive ned og bygge nyt, fordi mulighederne for at reducere energiforbruget, og de dermed forbundne emissioner, er størst ved nybyggeri. Men fordi nedrivning og nybyggeri bl.a. involverer meget store materialeforbrug og affaldsmængder, medfører det dels et ikke ubetydeligt energiforbrug til materialefremstilling, dels en række andre miljøbelastninger knyttet til de store materiale- og affaldsmængder.

Hertil kommer, at energiforbruget til fremstilling af bygninger i væsentlig grad er baseret på brug af fossile brændsler, hvorimod opvarmning af bygninger i meget højere grad kan baseres på anvendelse af spildvarme i form af kraftvarme, på biobrændsler og afbrænding af affald.

By og Byg har i andre EFP-projekter med fokus på nybyggeri arbejdet med udviklingen af et edb-værktøj til opgørelse af bygningsdeles og bygningers energirelaterede miljøparametre. Med det her beskrevne projekt inddrages nu også renoveringsprojekter.

Formålet med projektet er ved hjælp af en sammenlignende undersøgelse af bruttoenergiforbruget og af væsentlige tilknyttede emissioner, både ved renovering og ved nedrivning og nybyggeri, at vurdere, om det er vigtigt at inddrage totalenergiforbrug (energiforbrug til fremstilling, vedligehold og fjernelse) og miljøbelastninger i diskussionen om nedrivning og nybyggeri bør foretrækkes frem for omfattende renoveringer eller omvendt. I projektet er der primært fokuseret på energiforbrug og på energirelaterede miljøpåvirkninger. Betydningen af enkelte andre miljøforhold er dog kort behandlet i diskussionsafsnittet. Resultaterne er opnået ved at anvende værktøjet LCA-Calc på to typiske byggeprojekter, et renoveringsprojekt og et nybyggeriprojekt.

I rapporten beskrives kort de valgte bygningseksempler, som efterfølgende miljøvurderes. Desuden beskrives de korrektioner, der er foretaget i forbindelse med sammenligningen. Endelig præsenteres og diskuteres resultaterne af energi- og miljøvurderingen. Til sidst følger en ordliste indeholdende korte beskrivelser og definitioner af begreber og termer inden for miljøområdet. Rapporten afsluttes med en litteraturliste.

Sammenfatning og konklusioner

Der er gennemført en sammenlignende miljøvurdering i form af en opgørelse af energiforbrug og emissioner af CO₂, SO₂ og NO_x for et renoveringsprojekt og et nybyggeriprojekt. Grundlaget for sammenligningen er nøje beskrevet. Det har vist sig, at der ikke er behov for en nøjere energi- og miljømæssig vurdering af de eksisterende bygningsdeles hidtidige og fremtidige livsforløb. Det væsentlige er de nye bygningsdele, herunder de materialer, der tilføjes de eksisterende bygningsdele for at udbedre dem eller forøge deres ydeevne, fx med hensyn til lyd- eller brandisolering. Fokus har derfor først og fremmest været på afgrænsningen af, hvad der skal vurderes. Kun de forhold, som adskiller de to alternativer, er opgjort. Resultaterne er sammenlignet og diskuteret, og der er gennemført nogle væsentlige variationer af vigtige parametre for at belyse rækkevidden af resultaterne.

Energi- og miljøvurderingen viser, at nybyggerieksemplet uanset variationen af levetid og varmekilde viser et tydeligt lavere energiforbrug og mindre emission af CO₂ end renoveringseksemplet. For emissionen af SO₂ gælder dette tillige for kulbaseret kraftvarme, men ikke for naturgasbaserede kedelanlæg, som ikke medfører emission af SO₂.

For de udvalgte eksempler svarer forskellen i emissionen af CO₂ i udførelsesfasen til 25-30 års forskel i driftsfasen. Den simple tilbagebetalingstid for emissionen af CO₂ ved nedrivning og nybyggeri i stedet for renovering er altså 25-30 år. Dette gælder både for kulbaseret kraftvarme og for naturgasbaserede kedelanlæg.

Da der kun er set på to eksempler, og da nogle af forudsætningerne og parametrene kan variere betydeligt, er der dels udført beregninger for forskellige levetider og varmekilder, dels er betydningen af væsentlige ændringer af en række af de indgående forudsætninger og parametre diskuteret. På baggrund af resultaterne synes de vigtigste parametre at være:

- Energiforbrug og emissioner knyttet til nybyggeriets bygningsdeles livsforløb. Kan disse formindskes, vil forskellen mellem nybyggeri og renovering forøges.
- Varmeisoleringen af renoverede bygninger. Kan denne forøges i forhold til det nuværende niveau, vil forskellen mellem nybyggeri og renovering formindskes.
- Energiforbrug og emissioner knyttet til varmforsyningen. Kan disse formindskes, vil forskellen mellem nybyggeri og renovering formindskes.
- Andre miljøpåvirkninger knyttet til livsforløbet for nybyggeriets bygningsdele, især vedrørende ressourceforbrug og affaldsmængder. Tillægges disse påvirkninger en større betydning i forhold til de undersøgte energiforbrug og emissioner, vil forskellen mellem nybyggeri og renoveret byggeri formindskes.

Men der skal væsentlige ændringer til, før forskellen mellem nybyggeri og renovering helt udlignes eller vendes til fordel for renovering, når der alene fokuseres på energiforbruget og de hertil knyttede emissioner.

Levetiden kan også være af stor betydning, hvis den reduceres væsentligt for nybyggeri i forhold til de levetider, vi hidtil har kendt. Men da levetiden formentlig er væsentligt længere end den tidligere nævnte tilbagebetalingstid på 25-30 år, og da det generelt må anbefales at anvende relativt korte regningsmæssige levetider på 60-80 år ved miljøvurdering af bygninger, vil levetiden ikke have en afgørende indflydelse på sammenligningen.

På denne baggrund synes der altså at være grund til at supplere vurderinger af funktion, æstetik og byggeteknisk kvalitet med en miljøvurdering,

når det skal afgøres, om meget dyre renoveringsprojekter bør erstattes af nedrivning og nybyggeri.

Inden der eventuelt udarbejdes vejledninger, bør der dog gøres yderligere erfaringer med miljøvurdering af renoveringsprojekter, idet det bør sikres, at vurderingen omfatter alle relevante bygningsparametre, og at alle de væsentligste miljøbelastninger medtages i vurderingen.

Afgrænsning

Objekt og funktionel enhed

Vurderingen gælder fleretagers bygninger til helårsbeboelse. Udgangspunktet er dels ældre bygninger, som kræver en så omfattende renovering, at omkostningerne herved er sammenlignelige med nybyggeri, dels nyt udfyldningsbyggeri, som kan erstatte nedrevne bygninger.

Da det forventes, at installationer, overflader og kompletterende bygningsdele i meget væsentlig grad kan vælges ens ved omfattende renovering og ved nybyggeri, er det alene valgt at undersøge de primære bygningsdele. En yderligere begrundelse er, at tidligere beregninger viser, at de energirelaterede miljøpåvirkninger især knytter sig til de primære bygningsdele. Dog medtages også vinduer og ventilation i vurderingen af varmetab samt energiforsyning på grund af disse forholds store betydning for driftsenergiforbruget.

Som funktionel enhed er valgt et års brug af 1 m² opvarmet etageareal, dvs. at alle energiforbrug og emissioner er opgjort pr. m² etageareal pr. år. Et års brug er primært valgt, fordi renoverede og nye bygninger ikke nødvendigvis har samme levetid, og fordi det giver mulighed for en direkte miljømæssig sammenligning af fx energiforbruget til opvarmning og ventilation med energiforbruget til bygningsdelenes livsforløb. Endelig markerer fokuseringen på et års forbrug, at dette senere kan ændres som følge af ændringer af bygningen eller af energiforsyningen.

Anvendelsen af etagearealet som målestok medfører, at miljøvurderingen kan ses i sammenhæng med en række andre vurderinger af bygninger, der netop opgøres på dette grundlag. Etagearealet er her defineret som bygningsens samlede opvarmede etageareal. Dette omfatter alle rum opvarmet til mindst 18 °C og beregnes i øvrigt som beskrevet i BR 95, dvs. at alle etagearealer på nær tagetagen måles til yderside af ydervægge.

Levetider og restlevetider

Renoverede bygningers restlevetid og nye bygningers levetid er ikke nødvendigvis den samme. Dette indebærer, at der dels skal fastlægges en levetid for hele bygningen, dels skal fastlægges levetider for de enkelte bygningsdele, fordi nogle kan forventes udskiftet en eller flere gange i løbet af den samlede bygnings levetid. Levetiden for bygningsdele er dog af mindre betydning her, fordi miljøvurderingen koncentrerer sig om de nye primære bygningsdele, som forventes at have den samme levetid som hele bygningen. Der tages således ikke hensyn til, at yderligere nogle eksisterende bygningsdele eventuelt senere kan forventes udskiftet. Dette forhold er kort omtalt i diskussionsafsnittet.

Alment gælder det, at fjernelse af bygninger eller bygningsdele ikke kun skyldes, at de oprindelige funktionskrav ikke længere kan opfyldes. Fjernelse kan også skyldes ønsker om andet udseende, ændrede funktionskrav eller for store udgifter til vedligehold. Ved skønnet af hvilken levetid, der kan forventes, bør der derfor tages hensyn til, hvad det især er for forhold, der bestemmer levetiden: Funktion, æstetik, holdbarhed og/eller økonomi, jf. (Hansen et al., 1997).

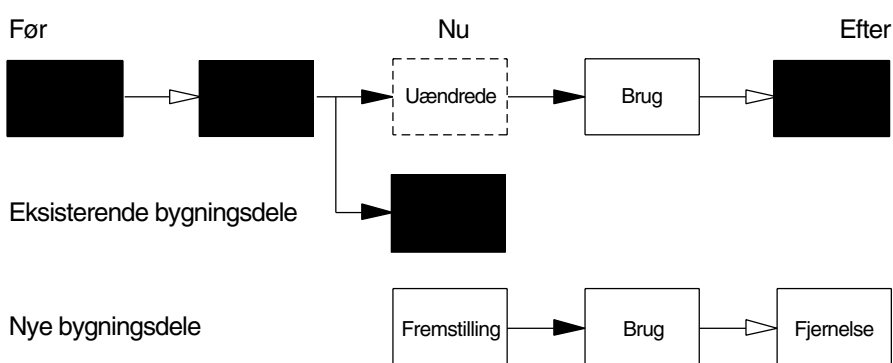
Der bør tillige kunne tales om den miljømæssige levetid: Det antal år, hvori driften sammenholdt med det samlede livsforløb er miljømæssigt forsvarelig. Man kan sige, at formålet med denne rapport netop er at påpege, at afgørelsen af, om en ældre bygning er udtjent, også bør omfatte en miljømæssig vurdering.

Ved vurdering af restlevetider for eksisterende bygninger og levetider for nye bygninger, er det den forventede faktiske levetid, der skal skønnes. Her er det valgt at regne med restlevetider og levetider på 50 år og 100 år, først og fremmest en relativt kort regningsmæssig levetid på 50 år. Det skyldes, at forskellen i energiforbrug og emissioner mellem renovering og nybyggeri er størst ved korte levetider, se diskussionsafnittet, men også, at der ved totaløkonomivurderinger og beregning af simple tilbagebetalingstider, normalt betragtes tidsrum på op til ca. 30 år.

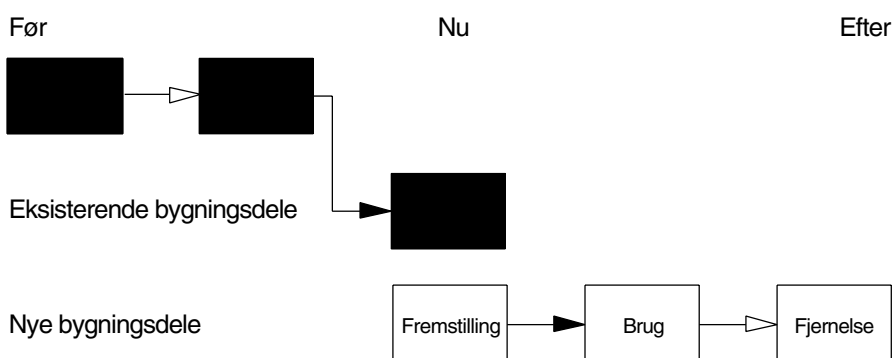
Livsforløb og allokering

Energi- og miljøvurderingen omfatter principielt hele livsforløbet for såvel den renoverede bygning, som den nedrevne og den nyopførte bygning. Men da der her er tale om en sammenlignende vurdering, er det ikke nødvendigt at vurdere de faser og processer, som er ens for de to alternativer, se figur 1. De bygningsdele, som principielt kan udføres ens ved renovering og nybyggeri, medtages derfor ikke i den sammenlignende vurdering.

Renovering



Nedrivning og nybyggeri



Figur 1. Livsforløbet for eksisterende bygninger, som enten renoveres eller nedrives og erstattes af nybyggeri. Vurderingen af energiforbrug og emissioner knyttet til bygningsdelenes livsforløb fokuserer på fremstillingen og fjernelsen af nye eller supplerende bygningsdele. Herudover fokuseres der på varmebehovet under brug af bygningerne.

En gennemgang af de to alternativer viser, at det ikke er nødvendigt at tage hensyn til:

- Fremstillingen af eksisterende bygningsdele, fordi denne er fælles for de to alternativer.
- Den hidtidige brug (vedligeholdelse, reparation og udskiftning) af eksisterende bygningsdele, fordi denne ligeledes er fælles for alternativerne.
- Fjernelsen af eksisterende bygningsdele, fordi denne i hovedsagen er fælles for de to alternativer.

Fjernelsen af eksisterende bygningsdele kan give anledning til mindre forskelle, da det ikke sker på helt samme måde og især ikke samtidig. Ved nybyggeri fjernes hele den eksisterende bygning nu. Ved renovering fjernes mindre dele af bygningen nu, mens størstedelen af den eksisterende bygning først fjernes meget senere, fx om 50-100 år.

Selve nedtagningen af bygningsdele resulterer derfor ikke nødvendigvis i helt den samme opdeling af de udtagne materialer til genanvendelse, forbrænding og deponering, selv om nedrivninger af hele bygninger i dag foretages selektivt og derfor ligner fjernelsen af visse bygningsdele under renoveringer.

Den fremtidige bortskaffelse af de dele af den renoverede bygning, som ikke fjernes ved renoveringen, vil til den tid måske foregå på en væsentligt anderledes måde end den vi kender i dag. Men fordi størstedelen af de materialer, der i dag fremkommer ved fjernelse af de primære bygningsdele fra ældre bygninger, allerede nu enten genanvendes eller forbrændes, forventes der ikke væsentlige miljømæssige forbedringer på dette område. Energiforbruget til nedrivning er så beskedent, at der heller ikke her kan forventes væsentlige miljøforbedringer.

Derimod kan selve renoveringen indebære, at visse bygningsdele ændres i en sådan grad, at der ikke efterfølgende kan ske den samme separering af bygningsaffaldet som før renoveringen.

På tilsvarende måde viser gennemgangen af de to alternativer, at det er nødvendigt at tage hensyn til:

- Den fremtidige vedligeholdelse, reparation og udskiftning af eksisterende bygningsdele, som ikke er fjernet, fordi denne kun forekommer i renoverede bygninger. Udskiftning af visse bygningsdele kunne have en vis betydning, men er ikke medtaget, se diskussionsafsnittet.
- Det fulde livsforløb for nye og supplerende primære bygningsdele, fordi disse ikke nødvendigvis vælges ens, og fordi mængden heraf er meget større ved nybyggeri end ved renovering.

Gennemgangen viser altså, at energi- og miljøvurderingen kan koncentreres om de nye bygningsdele, herunder de supplerende bygningsdele, som anvendes ved renovering. Men det er vigtigt at fremhæve, at en særskilt miljøvurdering af hver af de to alternativer omfatter hele livsforløbet for alle bygningsdele.

Afgrænsning af processer

Den anvendte opgørelsesmetode omfatter hele livsforløbet for de udvalgte bygningsdele i det omfang, dette er relevant for de miljøpåvirkninger, som opgøres og vurderes. Tabel 1 viser såvel de aktiviteter, som er taget i betragtning, som dem, der ikke er det.

Tabel 1. Oversigt over såvel de typer af aktiviteter og processer, der medtages miljødata for, som de aktiviteter, der ikke medtages miljødata for.

Data medtages for:	Data medtages ikke for:
<i>Råstofudvinding og produktion af råmaterialer</i>	
Råstofudvinding	Fremstilling af bygværker og produktionsudstyr
Transport af råstoffer	Transport af medarbejdere m.m.
Produktion af råmaterialer	Uheld
Opvarmning af produktionslokaler	
<i>Fremstilling af byggevarer</i>	
Transport af råmaterialer	Fremstilling af bygværker og produktionsudstyr
Fremstilling af byggevarer	Transport af medarbejdere m.m.
Opvarmning af produktionslokaler	Uheld
<i>Opførelse og ombygning</i>	
Transport af byggevarer	Fremstilling af maskiner m.m.
Processer på værksted og på byggepladsen	Transport af medarbejdere m.m.
<i>Drift og vedligeholdelse</i>	
Vedligehold	Nedbrydning
Reparation	Fremstilling af maskiner m.m.
Renhold	Brand
Opvarmning og ventilation	
<i>Nedrivning og bortskaffelse</i>	
Nedrivning	Forbrænding
Transport af restprodukter til genanvendelse, forbrænding eller deponering	Deponering

Allokering

Ved samtidig fremstilling af flere produkter og ved genanvendelse skal der tages stilling til hvilke miljøpåvirkninger, der skal tilskrives/allokere til de forskellige produkter. For de miljødata, som anvendes ved opgørelsen af miljøpåvirkninger, er det som hovedregel valgt at tilskrive påvirkninger til biprodukter, fx kraftvarme, men ikke til restprodukter som fx skrot og industrigips. Miljøpåvirkningerne allokeres således alene til de hoved- og biprodukter, som har en væsentlig værdi for producenten.

For at fremme udnyttelse af restprodukter og dermed reducere mængden af affald, vælges der ikke at allokere et energiforbrug til restprodukter. Hele energiforbruget allokeres således til hovedprodukter. Til restprodukter allokeres kun det energiforbrug, som skyldes transport af disse. Af samme grund allokeres der ved genvinding af materialer kun det energiforbrug, der skyldes oparbejdning og transport af materialerne til anvendelsesstedet, fx ved fremstilling af stålprodukter ud fra skrot.

På samme måde kan man anskue renovering af ældre bygninger som genanvendelse, især hvis bygningerne kan betragtes som udtjente, jf. afsnittet om levetid.

Betragtes bygningen og alle dens bygningsdele som udtjente, indebærer dette, at såvel fjernede som bevarede bygningsdele betragtes som restprodukter. Det hidtidige livsforløb for de eksisterende bygningsdele bidrager således ikke til opgørelsen af miljøpåvirkninger for den renoverede bygning eller for det nybyggeri, som erstatter den nedrevne bygning.

Betragtes bygningen eller dele heraf ikke som udtjente, men af væsentlig værdi for en fortsat udnyttelse af bygningen, indebærer dette, at de bygningsdele, som er i besiddelse af en restværdi, skal betragtes som bipro-

dukter. Det indebærer, at disse bygningsdele bør tilskrives en andel af de miljøpåvirkninger, som har knyttet sig til bygningsdelens hidtidige livsforløb og fjernelse, uanset om bygningen rives ned eller ej. Andelen af miljøpåvirkningerne bør fastsættes under hensyn til den hidtidige levetid og den forventede restlevetid, og til den relative værdi af bygningsdelene i forhold til nye bygningsdele, se også overvejelserne om lødighed i (Wenzel, 1996).

Ved den her foretagne sammenligning, hvor omkostningerne til nedrivning og nybyggeri og til renovering skønnes at være af samme størrelsesorden, og der ikke forventes en væsentlig forskel på værdien af den renoverede og den nybyggede bygning, kan det derfor med nogen ret siges, at restværdien af den eksisterende bygning og bygningsdelene heri forud for renovering er ubetydelig, og at der derfor heller ikke skal allokeres miljøpåvirkninger til den eksisterende bygning og dens bygningsdele.

Vurderingsparametre

Formålet med projektet har primært været at opgøre og vurdere energiforbrug og de energirelaterede emissioner af CO₂, SO₂ og NO_x. Emissionerne er ikke omregnet til miljøeffekter, og en række andre miljøpåvirkninger er ikke opgjort, men alene vurderet kvalitativt. Denne afgrænsning af miljøvurderingen kommenteres kort i det følgende.

Af tabel 2, en oversigt over de miljøeffekter, som vurderes i en livscyklusvurdering af bygningsdele og bygninger, fremgår det, at denne rapport især tager hensyn til:

- Energiforbruget og dermed tillige tab af knappe energiråstoffer
- Emissionen af CO₂ og dermed bidrag til drivhuseffekten
- Emissionen af SO₂ og NO_x og dermed bidrag til humantoksiciteten og forureningen
- Emissionen af NO_x og dermed også bidrag til næringssaltbelastningen.

Tidligere miljøvurderinger af et begrænset antal eksempler på primære bygningsdele tyder på, at det netop er disse påvirkninger og effekter, som sammen med materialeforbruget og affaldsmængderne er de mest betydningsfulde, når de primære bygningsdeles bidrag til effekterne vurderes i forhold til samfundets samlede bidrag til de nævnte effekter, se (Petersen, Krogh & Dinesen, 1998). Det samme gælder bidragene fra varmforsyningen.

Det er dog vigtigt at bemærke, at disse betragtninger ikke gælder effekter vedrørende tab eller ændring af landskab og naturgrundlag samt arbejdsmiljøet og indeklimaet, fordi der endnu ikke foreligger de nødvendige metoder og data til at foretage en nøjere vurdering heraf.

Der er derfor i diskussionen kun medtaget kommentarer til materialeforbruget og til mængden af bygningsaffald.

Tabel 2. Oversigt over en række vigtige miljøeffekter og de miljøparametre, der er undersøgt i denne rapport, se også (Petersen, Krogh & Dinesen, 1998) og (Hansen et al., 1997).

Kategorier	Miljøeffekter	Undersøgte parametre
Ressourcer	Tab af knappe energiråstoffer	Forbrug af fossile brændsler ⁽¹⁾
	Tab af knappe materialeråstoffer	
	Tab af knappe vandressourcer	
	Tab eller ændring af landskab og naturgrundlag	
Sundhed	Effekter i arbejdsmiljøet	
	Effekter i indeklimaet	
	Humantoksicitet	SO ₂ , NO _x
Ydre miljø	Drivhuseffekt	CO ₂
	Ozonnedbrydning	
	Forsuring	SO ₂ , NO _x
	Næringssaltbelastning	NO _x
	Fotokemisk ozon	
	Persistent toksicitet	
	Økotoksicitet	
	Effekter vedr. affald	

(1) Beregningerne opgør brændselsforbrugene. I rapporten er der dog alene fokuseret på bruttoenergiforbruget.

Opgørelse af energiforbrug og emissioner

Opgørelsen af energiforbrug og emissioner er foretaget ved hjælp af pc-programmet LCACALC. Metoden er nøjere beskrevet i (Dinesen 1997), og pc-programmet i (Traberg-Borup 1997). De tidligere nævnte afgrænsninger af det betragtede system og af miljøparametrene er allerede omtalt i det foregående. Her skal primært fremhæves nogle af de beregningsforudsætninger, som har betydning for diskussionen af resultaterne.

Opgørelsesmodellen er baseret på en livscyklustankegang og følger principperne for livscyklusvurderinger, men gennemfører ikke en fuldstændig livscyklusvurdering. For det første omfatter modellen kun livscyklusvurderingens opgørelsesfase, dvs. selve opgørelsen af de miljøpåvirkninger, som en bygningsdel eller en bygning giver anledning til.

For det andet omfatter opgørelsen kun et mindre antal udvalgte miljøparametre, og altså ikke alle de miljøpåvirkninger en bygning giver anledning til.

Den til programmet hørende database indeholder miljødata for byggematerialer, bygningsdele, opførelsesprocesser, nedrivningsprocesser, transport m.m. For fremstillingen af varme og elektricitet er miljødataene anført i tabel 3.

Tabel 3. Omregning til bruttoenergiforbrug og miljøpåvirkninger, (Dinesen 1997).

Brændsel	Virknings- grad	Brændværdi MJ/kg	CO ₂ kg/GJ	SO ₂ g/GJ	NO _x g/GJ
Varme					
Fjernvarme:					
Kul	0,59	25,1	95	584	200
Olie	0,57	40,4	74	495	150
Naturgas	0,63	48,9	57	0	100
Kraftvarme:					
Kul	1,32	25,1	95	584	200
Olie	1,14	40,4	74	495	150
Naturgas	1,25	48,9	57	0	100
Kedelanlæg:					
Kul	0,66	25,1	95	584	200
Olie	0,68	40,4	74	495	150
Naturgas	0,76	48,9	57	0	100
Elektricitet / kraftvarmeværk					
Kul	0,32	25,1	95	584	200
Olie	0,28	40,4	74	495	150
Naturgas	0,30	48,9	57	0	100

Vurdering af varmetab og varmeforsyning

Varmebehovet er beregnet ved hjælp af pc-programmet BV 95, for hvilket beregningsmodellen er beskrevet i brugervejledningen for pc-programmet (Grau & Aggerholm, 1995). Vurderingen foretages som tidligere nævnt alene ved at iagttage energiforbrugene og emissionen af CO₂, SO₂ og NO_x, som beregnes ved at indsætte værdierne for varmebehovet i det tidligere omtalte pc-program LCACALC, se oversigten over de anvendte miljødata for de relevante energi- og varmekilder i tabel 3. Der gennemføres beregninger med to forskellige varmekilder for at illustrere variationsbredden og for at kunne diskutere effekten af de forventede langsigtede ændringer af varmeforsyningen.

De her foretagne beregninger omfatter alene en beregning af varmebehovet knyttet til varmetabet gennem klimaskærmen og til ventilationen, ikke elforbruget til ventilatorerne. Dette er dog kort omtalt i diskussionsafsnittet.

Hovedresultaterne af beregningerne er anført i tabel 5 og 7, hvor der i forbindelse med tabel 5 er givet en nøjere beskrivelse af de parametre, som er anvendt i oversigterne. Der er lagt vægt på at anføre relevante arealer og varmetab for vinduer og den øvrige del af klimaskærmen samt varmetab knyttet til ventilationen, og at gøre dette ved at anføre arealer og varmetab pr. m² opvarmet etageareal. Dette er gjort for tydeligt at demonstrere hvad det er for forhold, der giver anledning til forskellene mellem de to eksempler, og som i givet fald kan medvirke til at klargøre behovet for yderligere parameterstudier udover dem, som denne rapport indeholder.

Eksempler

Sammenligningen mellem renovering og nedrivning og nybyggeri er i væsentlig grad baseret på en energi- og miljøvurdering af to udvalgte byggeprojekter, som begge vedrører femetages boligejendomme i København. De to eksempler er udvalgt i samråd med et arkitekt- og et ingeniørfirma med lang erfaring i byfornyelse og nybyggeri.

Bygningerne er ikke ens, men er dog så lig hinanden, at nybyggeriet i en lidt ændret udgave kunne have erstattet den renoverede bygning. Enkelte forhold er derfor blevet justeret for at sikre en højere grad af sammenlignelighed mellem eksemplerne og især for at sikre, at forskellene mellem bygningerne ikke forøgede forskellene i energiforbrug og emissioner.

Renovering

Den valgte bygning er en femetages bygning med 8 lejligheder og tre butikker i stueetagen opført i 1869 og projekteret i 1994. Bygningen er en regulær bygningsblok med kælder og en 4. sal, som er tagetage.

Bygningen ligger i København og er typisk for sin tid, dog er lejlighederne på 3½ værelse, hvor de normalt kun er på 2 værelser. Byggeteknikken er den traditionelle for sin tid med massive murede ydervægge, bindingsværks indervægge og træbjælkelag, se tabel 4.

Renoveringen omfattede opretning af alle primære bygningsdele samt indlægning af fjernvarme m.m. De dyreste indsatser vedrørte tagværk, facader, vinduer, varmeanlæg og svampeangrebne bygningsdele. Men indsatsen omfattede ikke nye badeværelser, tilbygninger, nedlægning af trapper og sammenlægning af lejligheder. Sådanne indsatser ville kunne øge materialeforbruget og dermed stille renovering endnu ugunstigere i forhold til nedrivning og nybyggeri.

Ved beregningen af energiforbrug og de hertil knyttede emissioner er der regnet med vinduer med tolags energiruder, se tabel 4. Det er en af de løsninger, som det især er muligt at anvende for at søge at bringe driftsenergiforbruget for gamle bygninger i nærheden af nybyggeriets energiforbrug. Valget af tolags energiruder i stedet for et lag forsatsglas reducerer nettoenergiforbruget til opvarmning med ca. 15 %.

Tabel 4. Eksemplet på renovering. I beregningerne er der anvendt 3-lags termoruder i stedet for de anførte forsatsglas. De anførte U-værdier er de, som er anvendt ved varmetabsberegningen.

Bygningsdele		Udførelse	U-værdi ⁽¹⁾
Tagdæk	før/efter	Træbjælkelag	0,62
Kælderdæk	før/efter	Træbjælkelag	0,62
Ydervægge	før	Massiv mur ⁽²⁾	1,23 ⁽⁴⁾
	efter	Massiv mur ⁽³⁾	1,23 ⁽⁴⁾
Vinduer	før	Enkeltglas	5
	efter	Forsatsglas	2,5
	korrigeret	Tolags energiruder	1,6
Etagedæk	før/efter	Træbjælkelag	
Indervægge	før/efter	Bindingsværk	

(1) Kun anført for de bygningsdele, som bidrager væsentligt til varmetabet.

(2) Vinduesbrystninger dog isoleret med ca. 50 mm isoleringsmateriale.

(3) Sparenicher i gavl dog isoleret med 50 mm isoleringsmateriale.

(4) Eksklusiv vinduesbrystninger og sparenicher.

Hovedresultaterne af beregningen af energiforbrug og emissioner er vist i tabel 5. Emissionen af SO₂ og NO_x er vist i tabel 8-11, hvor resultaterne for de to alternativer er sammenstillet.

I alle beregninger er det opvarmede etageareal anvendt som reference. Således er arealer af klimaskærm og varmetab gennem disse samt energiforbrug og emissioner alle udregnet pr. m² opvarmet etageareal.

Restlevetiden er regningsmæssigt fastsat til 50 henholdsvis 100 år, idet alle energiforbrug og emissioner er beregnet for begge restlevetider.

Det specifikke varmetab for klimaskærm, ekskl. vinduer, for vinduer og for ventilation, angivet i W/K, er anført pr. m² opvarmet etageareal og kan sammenholdes med de relative arealer af vinduer og den øvrige del af klimaskærmen, som ligeledes er opgjort pr. m² opvarmet etageareal.

Ved beregning af ventilationstabet er der regnet med en ventilation såvel i brugstiden, som når bygningen er ubenyttet, på 0,35 l/s pr. m² svarende til kravene i BR 95.

Varmebehovet er udregnet ved hjælp af BV95 (Grau & Aggerholm, 1995). Nettoenergiforbruget er udregnet under hensyn til varmekilden – i tabel 5, 8 og 10 kulbaseret kraftvarme, i tabel 9 og 11 naturgasbaseret kedelanlæg. Energirammen for bygningstypen er anført ifølge BR 95.

Energiforbrug og emissioner er som tidligere nævnt udregnet ved hjælp af LCA-Calc og er i tabel 5, 8 og 9 anført såvel samlet som pr. år af en regningsmæssig levetid på 50 år. I tabel 10 og 11 er tillige anført data for en levetid på 100 år. Endelig er det samlede bruttoenergiforbrug og den samlede emission af CO₂ angivet.

I diskussion af resultaterne er der alene set på dataene vedrørende den renoverede bygning.

Tabel 5. Hovedresultater for renoveringseksemplet, se også tabel 8-11. Der er regnet med en levetid på 50 år og med varmforsyning i form af kulbaseret kraftvarme.

Oversigt over energi- og miljødata		Eksisterende bygning	
		Før renovering eller nedrivning	Efter renovering (Tolags energiruder)
Antal etager (N)		5	5
Arealer (A)			
Etagereal, opvarmet (E) m ²		993	993
Klimaskærm / E ⁽¹⁾		0,98	0,98
Vinduesareal / E		0,22	0,22
Klimaskærm i alt / E		1,20	1,20
Levetid (L) år			50 (100)
Varmetab (H) ⁽²⁾			
Klimaskærm ⁽¹⁾ W/K pr. m ²		0,70	0,62
Vinduer W/K pr. m ²		1,09	0,34
Ventilation W/K pr. m ²		0,42	0,42
Varmetab i alt W/K pr. m ²		2,21	1,39
Varmebehov (Q)			
Netto energiforbrug ⁽³⁾ MJ/m ² pr. år		609	335
Brutto energiforbrug ⁽⁴⁾ MJ/m ² pr. år		461	254
Emission af CO ₂ ⁽⁵⁾ kg/m ² pr. år		44	24
Energiramme (R) ⁽⁶⁾ MJ/m ² pr. år		182	182
Bygningsdele (B) ⁽⁷⁾			
Brutto energiforbrug MJ/m ²			410
Brutto energiforbrug (B/L) MJ/m ² pr. år			8
Emission af CO ₂ (B/L) kg/m ² pr. år			0,4
I alt (Q + B)			
Brutto energiforbrug MJ/m ² pr. år		461	262
Emission af CO ₂ kg/m ² pr. år		44	25

(1) Ydervægge, tage og gulve mod det fri, jord eller uopvarmede rum (minus vinduer).

(2) $H = A \times U\text{-værdi} / E$.

(3) $Q = \text{Konstant} \times \text{Tid} \times H \times \text{Temperaturdifferens}$.

(4) Under forudsætning af kraftvarme baseret på kul (se tabel 3): Brutto = Netto / 1,32

(5) Under forudsætning af kraftvarme baseret på kul (se tabel 3): CO₂ = Brutto × 95 kg/GJ.

(6) $R = 160 + 110 / N$ (for boliger).

(7) Energiforbrug til renovering eller nybyggeri vedr. bygningsdelenes livsforløb.

Nedrivning og nybyggeri

Den valgte bygning er en femetages bygning med 46 ungdomsboliger projekteret i 1990. Bygningen er en regulær bygningsblok med kælder og en 4. sal, som er tagetage.

Bygningen ligger i København og er typisk for sin tid, dog er lejlighederne etværelses ungdomsboliger, hvor infillbyggerier normalt rummer to-treværelses lejligheder. Dette skønnes dog ikke at have nævneværdig betydning for råhuset, som der her fokuseres på. Byggeteknikken er en tidstypisk tung bygning med hulmure, bestående af forvæg af murværk og bagvæg af beton samt indervægge og etagedæk af beton.

Tabel 6. Eksemplet på nybyggeri. De anførte U-værdier er de, som er anvendt ved varmetabsberegningen inden korrektionen, se tabel 7.

Bygningsdele	Udførelse	U-værdi ⁽¹⁾
Tag	Beton	0,19
Kælderdæk	Beton	0,20
Ydervægge	Hulmur ⁽²⁾	0,29
Vinduer	Tolags energiruder	1,6
Etagedæk	Beton	
Indervægge	Beton	

(1) Kun anført for de bygningsdele, som bidrager væsentligt til varmetabet.

(2) Murværk, varmeisolering og beton.

Hovedresultaterne af beregningen af energiforbrug og emissioner er vist i tabel 7. Her er alene anført emissionen af CO₂. I tabel 8-11, hvor resultaterne for de to alternativer er sammenstillet, er emissionen af SO₂ og NO_x også vist.

Tabel 7. Hovedresultater for nybyggerieksemplet, se også tabel 8-11. Der er regnet med en levetid på 50 år og med varmforsyning i form af kulbaseret kraftvarme.

Oversigt over energi- og miljødata		Nybygning	
		Projekt	Korrigeret ⁽⁸⁾
Antal etager (N)		5	5
Arealer (A)			
Etageareal, opvarmet (E)	m ²	1699	1699
Klimaskærm / E ⁽¹⁾		0,77	-
Vinduesareal / E		0,09	-
Klimaskærm i alt / E		0,86	-
Levetid (L)	år	50 (100)	50 (100)
Varmetab (H) ⁽²⁾			
Klimaskærm ⁽¹⁾	W/K pr. m ²	0,19	-
Vinduer	W/K pr. m ²	0,14	-
Ventilation	W/K pr. m ²	0,42	-
Varmetab i alt	W/K pr. m ²	0,76	-
Varmebehov (Q)			
Netto energiforbrug ⁽³⁾	MJ/m ² pr. år	134	182
Brutto energiforbrug ⁽⁴⁾	MJ/m ² pr. år	102	138
Emission af CO ₂ ⁽⁵⁾	kg /m ² pr. år	10	14
Energiramme (R) ⁽⁶⁾	MJ/m ² pr. år	182	182
Bygningsdele (B) ⁽⁷⁾			
Brutto energiforbrug	MJ/m ²	3470	3470
Brutto energiforbrug (B/L)	MJ/m ² pr. år	69	69
Emission af CO ₂ (B/L)	kg /m ² pr. år	6	6
I alt (Q + B)			
Brutto energiforbrug	MJ/m ² pr. år	171	207
Emission af CO ₂	kg /m ² pr. år	16	20

(1) Ydervægge, tage og gulve mod det fri, jord eller uopvarmede rum (minus vinduer).

(2) $H = A \times U\text{-værdi} / E$.

(3) $Q = \text{Konstant} \times \text{Tid} \times H \times \text{Temperaturdifferens}$.

(4) Under forudsætning af kraftvarme baseret på kul (se tabel 3): Brutto = Netto / 1,32.

(5) Under forudsætning af kraftvarme baseret på kul (se tabel 3): CO₂ = Brutto \times 95 kg/GJ.

(6) $R = 160 + 110 / N$ (for boliger).

(7) Energiforbrug til renovering eller nybyggeri vedr. materialernes livsforløb.

(8) Korrigeret betyder, at varmetabet er justeret, så det svarer til varmetabsrammen.

Tabel 7 modsvarer tabel 5 i afsnittet om renovering, hvor indholdet af tabellen kort er kommenteret. Her nævnes alene de forhold, som er værd at fremhæve for nybyggeriet.

Ved beregning af ventilationstabet er der ligesom for den renoverede bygning regnet med en ventilation såvel i brugstiden, som når bygningen er ubenyttet, på 0,35 l/s pr. m².

Sammenholdes den samlede klimaskærms areal pr. m² opvarmet etageareal i de to eksempler ses, at klimaskærmen i nybyggerieksemplet er knap 30 % mindre end renoveringseksemplet, og at nettoenergiforbruget til at opfylde varmebehovet er godt 15 % mindre end energirammen. For sammenligningens skyld er varmekonsumet derfor ændret fra de beregnede 134 MJ/m² pr. år til energirammen på 182 MJ/m² pr. år. Herved opnås, at det korrigerede nybyggerieksemplet ikke fremstår bedre, end BR 95 kræver.

I diskussion af resultaterne er der alene set på dataene vedrørende det korrigerede nybyggeri.

Resultat af miljøvurderingen

Hovedresultaterne er vist i tabel 8-11. Her er der såvel for renoverings- som for nybyggerieksemplet angivet bruttoenergiforbrug og emissioner af CO₂, SO₂ og NO_x for levetiderne 50 og 100 år og for varmforsyning i form af kulbaseret kraftvarme og naturgasbaseret kedelanlæg. Det er disse oversigter, der især refereres til i det efterfølgende diskussionsafsnit.

Som et supplement til de anførte beregningsresultater kan det nævnes, at forskellen i emissionen af CO₂ til materialer i udførelsesfasen svarer til knap 25-30 års forskel i driftsfasen. Den simple tilbagebetalingstid, hvad angår emissionen af CO₂ ved nedrivning og nybyggeri i stedet for renovering, er altså 25-30 år. Dette gælder såvel for kulbaseret kraftvarme som for naturgasbaseret kedelanlæg.

Tabel 8. Sammenligning for levetid på 50 år og varmforsyning i form af kulbaseret kraftvarme.

Varmekilde:		Energiforbrug brutto	Emissioner pr. m ² pr. år		
Kraftvarme/kul			CO ₂ kg	SO ₂ g	NO _x g
Levetid: 50 år		MJ/m ² pr. år			
Før	varme	461	44	269	92
Renovering	materialer	8	0,4	2	1
	varme	254	24	148	50
	i alt	262	25	150	51
Nybyggeri (korrigeret)	materialer	69	6	15	21
	varme	138	14	85	29
	i alt	207	20	100	50
Forskel:		55	5	50	1
Renovering - nybyggeri		21 %	20 %	33 %	2 %

Tabel 9. Sammenligning for levetid på 50 år og varmforsyning i form af naturgasbaseret kedelanlæg.

Varmekilde:		Energiforbrug	Emissioner pr. m ² pr. år		
Naturgas		brutto			
Levetid: 50 år		MJ/m ² pr. år	CO ₂ kg	SO ₂ g	NO _x g
Renovering	materialer	8	0,4	2	1
	varme	441	25	0	44
	i alt	449	26	2	45
Nybyggeri (korrigeret)	materialer	69	6	15	21
	varme	239	14	0	24
	i alt	308	20	15	45
Forskel:		141	6	-13	0
Renovering - nybyggeri		31 %	23 %	-650 %	0 %

Tabel 10. Sammenligning for levetid på 100 år og varmforsyning i form af kulbaseret kraftvarme.

Varmekilde:		Energiforbrug	Emissioner pr. m ² pr. år		
Kraftvarme / kul		brutto			
Levetid: 100 år		MJ/m ² pr. år	CO ₂ kg	SO ₂ g	NO _x g
Før	varme	461	44	269	92
Renovering	materialer	4	0,2	1	1
	varme	254	24	148	50
	i alt	258	24	149	51
Nybyggeri (korrigeret)	materialer	35	3	8	10
	varme	138	14	85	29
	i alt	173	17	93	39
Forskel:		85	7	56	12
Renovering - nybyggeri		33 %	29 %	38 %	24 %

Tabel 11. Sammenligning for levetid på 100 år og varmforsyning i form af naturgasbaseret kedelanlæg.

Varmekilde:		Energiforbrug	Emissioner pr. m ² pr. år		
Naturgas		brutto			
Levetid: 100 år		MJ/m ² pr. år	CO ₂ kg	SO ₂ g	NO _x g
Renovering	materialer	4	0,2	1	1
	varme	441	25	0	44
	i alt	445	25	1	45
Nybyggeri (korrigeret)	materialer	35	3	8	10
	varme	239	14	0	24
	i alt	274	17	8	34
Forskel:		171	8	-7	11
Renovering - nybyggeri		38 %	32 %	-700 %	24 %

Diskussion

Energi- og miljøvurderingen af de to bygningseksempler viser, at nybyggeri-eksemplet uanset variationen af levetid og varmekilde udviser et tydeligt lavere energiforbrug og mindre emission af CO₂ end renoveringseksemplet. For emissionen af SO₂ gælder det samme, dog ikke ved varmforsyning fra naturgasbaseret kedelanlæg, fordi varmforsyningen da ikke indebærer en emission af SO₂. For emissionen af NO_x er forskellen mindre og nærmest ubetydelig, når levetiden sættes til 50 år.

Da antallet af eksempler er meget begrænset, og da nogle af parametrene og forudsætningerne kan variere betydeligt, gives der i det følgende en kort diskussion af resultaterne i relation til betydningen og variationen af:

- Bygningsdeles energiforbrug og emissioner
- Levetider
- Varmeisolering
- Varmeforsyningens energiforbrug og emissioner
- Materialeforbrug og bygningsaffald.

Det er valgt primært at fokusere på emissionen af CO₂ og at tage udgangspunkt i eksemplerne med kulbaseret kraftvarmforsyning og med en regningsmæssig levetid for bygningen på 50 år. Dette tidsrum er valgt, dels fordi der tidligere er argumenteret for at anvende en relativt kort regningsmæssig levetid, dels fordi det er her forskellen i energiforbrug og emissioner mellem renovering og nybyggeri er mindst. Kulbaseret kraftvarme er primært valgt, fordi renovering af fleretages boligbyggeri ofte forekommer i fjernvarmforsynede byområder. Men valget er ikke væsentligt i relation til eksemplerne, fordi emissionen af CO₂ er praktisk taget den samme for kulbaseret kraftvarme som for naturgasbaserede kedelanlæg.

Bygningsdeles energiforbrug og emissioner

Beregningen af energiforbrug og energirelaterede emissioner for livsforløbet for byggematerialer må indtil videre baseres på relativt usikre data, som tillige kan variere væsentligt fra producent til producent. Hertil kommer, at der med de i dag anvendte byggetekniske løsninger kan bygges huse med en væsentlig variation i energiforbruget hertil. Til det sidste kan dog bemærkes, at energiforbrug og emissioner for det valgte nybyggeri stemmer godt overens med beregninger af andre bygningseksempler, se fx (Nielsen, 1995).

De her anvendte eksempler viser, at der næsten skal ske en fordobling af emissionen af CO₂ for materialernes livsforløb for at stille renovering lige med nybyggeri, når der regnes med en levetid på 50 år. Forøges emissionen af CO₂ for materialerne med 50 %, mere end halveres forskellen mellem renovering og nybyggeri.

På længere sigt forventes energiforbruget og emissionerne knyttet til materialernes livsforløb at falde. Indsatsen for at reducere disse er dog først nu ved at tage form, så der foreligger ikke for øjeblikket vurderinger af hvilke reduktioner, der kan forventes i fremtiden. Hvis emissionen af CO₂ halveres, vil forskellen i emission mellem renovering og nybyggeri forøges fra ca. 20 % til godt 30 %.

Endelig er det væsentligt at bemærke, at energiforbruget og emissionerne for livsforløbet for byggematerialer er uvæsentligt for renoveringer, idet energiforbrug og emissioner for varmforsyningen er dominerende, se tabel 8-11. Selv en fordobling af energiforbrug og emissioner knyttet til materialer-

ne til renovering vil ikke ændre forskellen mellem renovering og nybyggeri nævneværdigt.

Dette kunne have været tilfældet, hvis renoveringseksemplet havde omfattet nye badeværelser, tilbygninger, nedlægning af trapper og sammenlægning af lejligheder. Hertil kommer, at der ikke er taget hensyn til, at yderligere nogle eksisterende bygningsdele eventuelt kan forventes udskiftet inden for et kortere åremål.

Energiforbrug og emissioner knyttet til materialernes livsforløb har en væsentlig betydning for sammenligningen mellem renovering og nybyggeri. Men det er væsentligt at slå fast, at dette primært gælder nybyggeriets materialeforbrug ikke forbruget ved renovering.

Levetider

Levetider for boligbyggeri er så lange, at der ikke med nogen sikkerhed kan estimeres restlevetider for renoverede bygninger og levetider for nye bygninger. Dog forventes det, at levetiden mindst andrager 40-60 år, og at der efter denne periode meget vel kan opstå et behov for nye betydelige investeringer til opretning og forbedring, som igen kan stille spørgsmålstegn ved, om såvel den renoverede som den nye bygning bør renoveres eller nedrives og erstattes af nybyggeri.

Det er derfor vigtigt at iagttage at forskellen i energiforbrug og emissioner er størst, når der regnes med korte levetider, og at forskellen i emission af CO₂ mellem renoverings- og nybyggerieksemplet øges fra ca. 20 % til knapt 30 %, når levetiden øges fra 50 år til 100 år. I eksemplerne skal levetiden for den nye bygning som tidligere nævnt reduceres til 25-30 år for at stille renovering og nybyggeri ens med hensyn til emissionen af CO₂.

Levetiden forventes også i fremtiden primært at afhænge af økonomiske og bevaringsmæssige forhold, se afsnittet om andre forhold.

Levetiden er altså ikke af central betydning for sammenligningen mellem renovering og nybyggeri. Kun hvis levetiden for nybyggeri reduceres væsentligt i forhold til de levetider, vi hidtil har kendt, vil levetiden have afgørende indflydelse på sammenligningen.

Varmeisolering

Når det ud fra en energi- og miljømæssig synsvinkel overhovedet er relevant at overveje at nedrive og bygge nyt i stedet for at renovere, er det fordi der i det mindste for øjeblikket er stor forskel i mulighederne for at nedbringe driftsenergiforbruget og de dertil knyttede emissioner i eksisterende og nye bygninger. Således viser eksemplerne, at emissionen af CO₂ for driftsenergiforbruget er 40-45 % mindre i nybyggerieksemplerne end i renoveringseksemplerne.

Medfører den fremtidige udvikling, at varmeisoleringen af klimaskærmen i nye bygninger kan forbedres væsentligt i forhold til ældre eksisterende bygninger, (Energistyrelsen, 1996), bortset fra vinduerne, kunne man forvente, at forskellen mellem renovering og nybyggeri ville forøges. Når dette alligevel ikke er tilfældet, skyldes det, at en yderligere isolering af nybyggeriet kun indebærer en relativt beskeden reduktion af driftsenergiforbruget, fordi en meget væsentlig del af varmetabet skyldes ventilationen, se tabel 7.

Hvad angår varmeisoleringens betydning, synes det altså ikke umiddelbart, som om den relative forskel mellem renovering og nybyggeri vil forrykkes i de kommende år. Dette vil kun ske, hvis der viser sig nye muligheder for at forøge varmeisoleringen af eksisterende bygninger uden for store økonomiske eller bevaringsmæssige omkostninger.

Varmeisoleringen spiller altså kun en væsentlig rolle for sammenligningen mellem renovering og nybyggeri, hvis der i fremtiden kan forventes en væsentlig forbedring af renoverede bygningers varmeisolering.

Varmeforsynings energiforbrug og emissioner

I eksemplerne er der regnet med en varmforsyning i form af kulbaseret kraftvarme og naturgasbaseret kedelanlæg, som begge er karakteristiske for den nuværende varmforsyning, og som begge giver anledning til en emission af CO₂ på ca. 75 kg CO₂ pr. GJ nettovarmeforbrug.

Halveres denne emission over de kommende år vil dette alt andet lige indebære, at forskellen i emission af CO₂ mellem renovering og nybyggeri udlignes, hvis der regnes med en levetid på 50 år, og reduceres fra ca. 30 % til godt 15 %, hvis levetiden er 100 år. Emissionen af CO₂ kan allerede i dag reduceres med ca. 35 % ved overgang til naturgasbaseret kraftvarme.

I tillæg til varmforsyningen kommer så elektricitetsforbruget til en evt. mekanisk ventilation, som forventes at kunne udføres ens ved renovering og nybyggeri, og som derfor ikke er medtaget i eksemplerne. For dog at illustrere betydningen heraf i forhold til varmforsyningen, vil et elforbrug til mekanisk udsugning på 3 kWh/m² pr. år og til mekanisk ventilation med varmegenvinding på 7,5 kWh/m² pr. år give anledning til en emission af CO₂ på hhv. ca. 3,5 kg/m² pr. år og ca. 9 kg/m² pr. år ifølge tabel 3. Så selv om varmegenvindingen reducerer varmetabet ved ventilation med måske op til 60 %, reduceres emissionen af CO₂ ikke nævneværdigt, se tabel 5 og 7.

Dette viser, at elektricitetsforbruget til udsugning eller ventilation spiller en så væsentlig rolle, og at også dette bør iagttages ved en samlet vurdering af de enkelte eksempler.

Energiforbrug og emissioner knyttet til varmforsyningen er altså af central betydning for sammenligningen mellem renovering og nybyggeri, især hvis der i fremtiden kan forventes en væsentlig reduktion af emissioner knyttet til varmforsyningen.

Materialeforbrug og bygningsaffald

I vurderingen af eksemplerne er der ved energi- og miljøvurderingen kun iagttaget bruttoenergiforbruget og emissionen af CO₂, SO₂ og NO_x. Det er derfor vigtigt at supplere denne vurdering med en oversigtlig og mere kvalitativ vurdering af en række andre miljøforhold, som kan øve indflydelse på den samlede miljømæssige vurdering af renovering sammenlignet med nybyggeri. Som tidligere omtalt gælder dette især forbruget af materialeresourcer og affaldsmængder til deponering og behandling som farligt affald. De øvrige miljøforhold er vurderet mindre væsentlige for de primære bygningsdele, som der her er fokuseret på, se (Petersen et al., 1998), med undtagelse af arbejdsmiljøet, som kan være belastende såvel ved renovering, som ved nedrivning og nybyggeri.

Forbruget af materialeresourcer ved nybyggeri er ganske betydeligt, ca. 1 t/m². Ikke desto mindre er der ikke hidtil fokuseret på dette som et miljøproblem bortset fra de affaldsmængder, der senere vil fremkomme som resultat heraf. Det skyldes primært, at der ikke er konstateret knaphed på de aktuelle råmaterialer, som i vid udstrækning er danske, og at de problemer, der hidtil har knyttet sig til den danske råstofudvinding, i væsentlig grad har bestået i, at råstofgravene efterfølgende har været anvendt til deponering af affald eller jord, som kunne være forurenede.

Da materialeforbruget er stort, er de potentielle affaldsmængder også store. Miljøvurderingen af et mindre antal eksempler på primære bygningsdele viser derfor også, at mængden af volumenaffald er ganske stort, selv om op til 90 % af bygningsaffaldet i Danmark genanvendes eller afbrændes. Dette gælder især de store mængder af beton, tegl og stål samt ubehandlet træ, hvis brændværdi kan udnyttes til energiproduktion. Den omfattende genanvendelse indebærer tillige, at forbruget af danske råstoffer til fx vejbygning i nogen grad kan substitueres af knust beton og murværk fra nedrivninger.

Affaldsmængder til behandling som farligt affald er relativt beskedne, når det gælder de primære bygningsdele, hvorimod der optræder en vis mængde

de aske og slagge, som skyldes energiforbruget, og som indirekte er iagttaget, i og med at energiforbruget er det.

Forbruget af materialeråstoffer og de dertil knyttede mængder af affald når bygningen er udtjent, er så betydelige, at de bør iagttages ved en miljømæssig sammenligning mellem renovering og nybyggeri.

Ordliste

Nedenfor følger en liste over særlige ord og begreber, som anvendes i denne rapport samt inden for livscyklus- og miljøvurdering i øvrigt. Der henvises desuden til (BPS-centret, 1997).

Allokering

Tilknytning af miljøpåvirkninger til en proces eller et produkt. Fremkommer der fx flere produkter ved en proces, skal påvirkningerne allokere til, dvs. fordeles på, de enkelte produkter (fx ud fra tekniske eller økonomiske kriterier, som bør anføres).

Byggemateriale

Betegner et produkt, før dette indbygges i en *bygning* eller *bygningsdel*. Eksempler på produkter er: Kemikalier, cement, beton, betonelementer, tag-spær, vinduer og døre.

Bygning (bygværk)

Den mængde *bygningsdele*, som tilsammen udgør en fysisk og funktionsmæssig enhed.

Bygningsdel

En bygningsdel er en del af en *bygning*, som er monteret og færdig på byggepladsen. Et betonvægelement inklusive mørtel til understøbning og sammenstøbning er således en bygningsdel. Det samme er et vindue inklusive skruer, isolering og fugemasse til montage.

Drivhuseffekt

Den menneskeskabte drivhuseffekt skyldes udledning af gasser (bl.a. kuldi-oxid, metan, lattergas), der tilbageholder varmestråling, som ellers ville udstråle fra Jorden mod verdensrummet. Herved bidrager de til atmosfærens opvarmning.

Farligt affald

Affald der skal bringes til særlige behandlingsanlæg og derfra deponeres, fordi de indeholder farlige stoffer, der kan frigives under opholdet på deponiet.

Feedstock

Betegner brændværdien af råstoffer, som kunne have været anvendt som brændsler, men i stedet anvendes til andre formål, fx træ til papirfremstilling eller olie og naturgas til plastfremstilling.

Forsuring

Udledning af forsurende forbindelser, især svovldioxid, kvælstofoxider og ammoniak, der angriber planters blade og nåle og forsuret jordbunden.

Fotokemisk ozon

Reaktive forbindelser, herunder ozon (O₃), som er sundhedsskadelige for levende organismer. Dannes, når flygtige organiske forbindelser (VOC) reagerer med forskellige reaktive iltforbindelser og nitrogenoxider, NO_x, der er naturligt til stede i troposfæren.

Funktionel enhed

Den ydelse det ønskes et produkt skal levere. For at sikre at de forskellige måder at levere en ydelse på er sammenlignelige, skal ydelsen defineres og kvantificeres præcist. Det kaldes at fastlægge en funktionel enhed for produktet.

Genanvendelse

En fællesbetegnelse for genbrug og genvinding.

Genbrug

Et produkt, som bruges flere gange i uændret form, fx teglsten, der nedtages hele og anvendes igen.

Genvinding

Et produkt, der fx nedknyttes eller omsmeltes og anvendes i et nyt produkt, fx beton, der knuses og anvendes som stabilgrus, eller armering, som omsmeltes til nyt stål.

Humantoksicitet

Akutte og kroniske giftvirkninger på mennesker i miljøet.

Livscyklusvurdering

En metode til systematisk indsamling af information om samt undersøgelse og vurdering af en bygnings eller dens bestanddeles miljøpåvirkninger og de afledte miljøeffekter i hele dens livsforløb fra råstofindvinding til bortskaffelse. Livscyklusvurdering forkortes LCA (Life-Cycle Assessment).

Miljøbelastning

Summen af alle *miljøeffekter*.

Bruges her som almen betegnelse for fx en bygnings samlede bidrag til miljøeffekterne, altså såvel effekter vedrørende ressource- og sundhedseffekter og effekter på det ydre miljø.

Miljøeffekt

Effekt på ressourcer, menneskers sundhed og det ydre miljø. Almindeligvis er det underforstået, at der er tale om potentielle effekter, dvs. den største miljøeffekt, som *miljøpåvirkningerne* i værste fald kan give anledning til. Omfatter en række relativt veldefinerede effekter grupperet i tab af ressourcer, sundhedseffekter og effekter på det ydre miljø.

Miljøprofil

En grafisk fremstilling af *miljøeffekter*, almindeligvis i form af et søjlediagram.

Miljøpåvirkning

Enhver direkte eller indirekte påvirkning fra en bygning eller dens bestanddele i hele dens livscyklus, der resulterer i miljøeffekter på ressourcer, menneskers sundhed og det ydre miljø.

Miljørigtig projektering

En strategi der har til formål at sikre miljømæssigt optimale resultater inden for givne rammer. Jævnfør (BPS-centret, 1998).

Miljøvurdering

En bedømmelse af en bygnings miljøpåvirkninger og afledte miljøeffekter på grundlag af en kortlægning af de miljøpåvirkninger bygningen eller dens bestanddele giver anledning til.

Nedbrydning af ozonlaget

Stratosfærens indhold af ozon nedbrydes som følge af menneskeskabt udledning af chlor- og bromholdige gasser (opskumnings-, køle- og opløsningsmidler), hvilket bevirker udtynding af ozonlaget ("ozonhuller"), som øger intensiteten af skadelig ultraviolet stråling ved jordoverfladen.

Normalisering

Normalisering består i at sætte hver *miljøeffekt* i forhold til en reference ved at dividere den med en normaliseringsfaktor. Normaliseringsfaktorerne findes som en gennemsnitspersons bidrag til de enkelte miljøeffekter i et referenceår.

Nærings saltbelastning

Påvirkning af økosystemer med stoffer, der indeholder kvælstof (N) eller fosfor (P), og som bevirker øget vækst af alger eller planter og dermed fx iltfri forhold ved bunden af vandige økosystemer. På landjorden forsvinder næringsfattige økosystemer som højmoser, overdrev og heder gradvist som følge af gødsning med kvælstof.

Persistent toksicitet

Nogle af de menneskeskabte stoffer, der udledes til miljøet, er persistente, dvs. meget svært nedbrydelige, og nogle af dem opkoncentreres i levende organismer til koncentrationer, der forårsager giftvirkninger på mennesker eller økosystemer forskellige steder i miljøet.

Personækvivalent

Enheden for normaliserede miljøeffekter, idet de er sat i forhold til en gennemsnitspersons bidrag til den pågældende effekt i et referenceår. Fx blev der i 1990 udledt 8,7 t CO₂-ækvivalenter pr. person. Drivhuseffekten omregnes derfor til personækvivalenter ved at dividere med 8,7.

Precombustion

Betegner energiforbrug og emissioner, der knytter sig til indvinding, raffinering og transport af brændsler inden disse afbrændes. For fx gasolie omfatter dette indvinding af råolie, behandling på boreplatform, transport til raffinaderi og distribution til forbruger.

Radioaktivt affald

Affald af lav strålingsintensitet fra A-kraftværker, der anbringes på særlige depoter for radioaktivt affald.

Restprodukt

Et uønsket biprodukt med beskeden eller ingen økonomisk værdi, som dog evt. kan afhændes og anvendes i anden industri, fx flyveaske, mikrosilika og afsvovlingsgips.

Slagge og aske

Slagge og aske fra kulfyrede kraftværker og affaldsforbrændingsanlæg, der anbringes på særlige deponier for slagge og aske.

Volumenaffald

Husholdningsaffald, byggeaffald og lignende affald, der anbringes på en (kontrolleret) kommunal losseplads. Affaldet er kendetegnet ved, at det ikke indeholder miljøfarlige stoffer.

Vægtning

Multiplikering af de enkelte miljøeffekter med en vægtningsfaktor, der udtrykker, hvor alvorlig miljøeffekten er i forhold til de øvrige miljøeffekter.

Økotoxicitet

Giftvirkninger som følge af menneskeskabte udledninger af kemiske stoffer, som påvirker økosystemers funktion og struktur ved at forårsage giftvirkninger på de organismer, der lever i dem. Hvis koncentrationerne er høje nok, kan giftvirkningen forekomme umiddelbart efter, at stofferne er udledt.

Summary

By og Byg Results 007: Renovation or new building Energy and environmental assessments

A comparative environmental assessment was made for a renovation project and a building project in the form of an inventory of energy consumption and emissions of CO₂, SO₂ and NO_x. The basis for the comparison is carefully described. Focus has primarily centred on limiting the assessments to include that which is significant for the object of the assessment. Only the processes that differentiate the two alternatives were calculated. The results were compared and discussed and some major variations of important parameters were performed in order to clarify the scope of the results.

It appears that more accurate energy and environmental assessments of previous and future life cycles of existing building elements are not needed. It is important to assess new building elements, including materials that are added to existing building elements to improve them and increase the performance, i.a. with respect to acoustic insulation of fire protection.

The energy and environmental assessments indicate that the new building example clearly shows lower energy consumption and less CO₂ emission than the renovation example, regardless of life cycle and heat source variations. For SO₂ emission this also applies for coal-based district heating from power plants, but not for boilers based on natural gas which does not cause SO₂ emission.

For the selected examples the difference between CO₂ emission during the construction phase corresponds to 25-30 years difference in the operating phase. The simple pay-back for CO₂ emission at demolition and new building, instead of renovation, is 25-30 years. This applies to coal-based district heating from power plants and boilers based on natural gas.

As only two examples have been considered and as some preconditions and parameters can vary significantly, calculations were performed for different life times and heat sources. The importance of significant changes to a number of selected preconditions and parameters were discussed. Based on the results the most important parameters seem to be:

- If *energy consumption and emissions related to the life cycle* of building elements of new building can be reduced, the difference between new building and renovation increases.
- If *thermal insulation of renovated buildings* is increased compared with existing levels, the difference between new building and renovation will decrease.
- If *energy consumption and emissions related to heat supply* can be reduced, the difference between new building and renovating decreases.
- If *other environmental impacts related to the life cycle* of new building's building elements, especially in relation to the consumption of resources and amounts of waste, are given greater priority compared with the investigated energy consumption and emissions, the difference between new building and renovated buildings decrease.

Considerable changes will have to be made before the difference between new building and renovation is equalised or favours renovation as long as only energy consumption and related emissions are in focus.

The life time can also have a high priority if it is considerably reduced for new building compared with the life times known up till now. But as the life

time is considerably longer than the previously mentioned pay-back of 25-30 years, and as a general recommendation is to apply relatively short life times of 60-80 years for environmental assessment of buildings, life time will not have a decisive influence on the comparison.

On this background there seems to be reason for supplementing assessment of function aesthetic and building quality with environmental assessment before deciding whether expensive renovation projects should be replaced by demolition and new building.

Before preparing any guidelines, further experience with environmental assessment of renovation projects should be gained. It must be ensured that the assessment include all relevant building parameters and that all significant environmental loads are included in the assessment.

Litteratur

BPS-centret. (1997). *Miljøbegreber inden for bygge- og anlægsområdet* (BPS-publikation 123). Taastrup.

BPS-centret. (1998). *Håndbog i miljørigtig projektering 1-2* (BPS-publikation 121-1 + 121-2). Taastrup.

Dinesen, J., Krogh, H., & Traberg-Borup, S. (1997). *Livscyklusbaseret bygningsprojektering: Opgørelse af bygningers energiforbrug og energirelaterede miljøpåvirkninger* (SBI-rapport 279). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Energistyrelsen. (1996). *Teknologikatalog - energibesparelser i boligsektoren* (Danmarks energifremtider). København.

Grau, K., & Aggerholm, S. (1995). *Bygningers varmebehov 95: Pc-program til beregning af varmebehov og energiramme. Brugervejledning, version 1.1*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Hansen, K., et al. (1997). *Miljørigtig projektering: Miljødata for byggematerialer* (Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen). København: Miljøstyrelsen. Rapporten indgår også i BPS-centret. (1998). *Håndbog i miljørigtig projektering* (BPS-publikation 121, bind 2). Taastrup.

Nielsen, P. (1995). *Energi- og miljøanalyser af bygninger. Eksempelberegninger* (SBI-meddelelse 108). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Petersen, E. H., Krogh, H., & Dinesen, J. (1998). *Miljødata for udvalgte bygningstype* (SBI-rapport 296). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Yderligere Litteratur

Cole, R. J., & Larsson, N. (1997). *GBC '98 assessment manual: Green Building Challenge '98*. Ottawa, CA: CANMET Energy Technology Centre.

Danske Fjernvarmeværkers Forening, DFF. (1996). *Årsberetning 1996*. Kolding.

Jensen, J. O., Stilling, O., & Abildgaard, A. (1997). *Nedrivning eller bevaring i byfornyelsen - økonomi og miljø*. København: Boligministeriet, & Miljøstyrelsen.

Lov nr. 381 af 10. juni 1997: Lov om byfornyelse. (1997). København: Boligministeriet.

Miljø- og Energiministeriet. (1996). *Energi 21: Regeringens energihandlingsplan 1996*. København.

Miljøstyrelsen (1993). *Byggeriets materialeforbrug: Registrering af byggenes teknologier* (Miljøprojekt nr. 221, 1993). Axel Nielsen, & Carl Bro, & Statens Byggeforskningsinstitut. København: Miljøstyrelsen.

Østergaard Andersen, S., Dinesen, J., Hjort Knudsen, H., & Willendrup, A. (1993). *Livscyklus-baseret bygningsprojektering: Energi- og miljøanalysemodel, beregningsværktøj og database* (SBI-rapport 224). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

En energi- og miljøvurdering af to typiske byggeprojekter i København – et renoveringsprojekt og et nybyggeri viser, at nybyggeriet har et tydeligt lavere energiforbrug og mindre emission af CO₂ end renoveringen. Dette gælder uanset variationer i levetid og varmekilde. Selv om nybyggeriet i udførelsesfasen 'koster' mere i CO₂-emission end renoveringen, vil nybyggeriet allerede efter 25 til 30 år have tjent sig selv ind. Den nye bygning er nemlig væsentligt mere energioekonomisk i driftsfasen.

ISBN 87-563-1078-1

ISSN 1600-8049

1. udgave, 2001

