

Aalborg Universitet



Energi- og miljøvurdering ved renovering

Holleris Petersen, E.

Publication date:
2001

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Holleris Petersen, E. (2001). *Energi- og miljøvurdering ved renovering*. SBI forlag. By og Byg Dokumentation Nr. 005

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

By og Byg Dokumentation 005

Energi- og miljøvurdering ved renovering

Energi- og miljøvurdering ved renovering

Ebbe Holleris Petersen

Titel	Energi- og miljøvurdering ved renovering
Undertitel	
Serietitel	By og Byg Dokumentation 005
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2001
Forfatter	Ebbe Holleris Petersen
Sprog	Dansk
Sidetæl	41
Litteratur-henvisninger	Side 40
English summary	Side 41
Emneord	Bygningsfornyelse, energiforbrug, miljøvurdering, badeværelser
ISBN	87-563-1080-3
ISSN	1600-8022
Pris	Kr. 92,50 inkl. 25 pct. moms
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 Dokumentation 005: Energi- og miljøvurdering ved renovering. (2001)*

Indhold

Forord	4
Indledning	5
Sammenfatning og konklusioner	6
BEAT 2000	7
Formål	8
Renovering – energibesparende løsninger	9
Afgrænsning	9
Eksempler	10
Resultat af miljøvurderingen	13
Renovering – tilbyggede/ indbyggede badeværelser	21
Afgrænsning	21
Eksempler	22
Resultat af miljøvurderingen	26
Diskussion	31
Funktionel enhed	31
Systemafgrænsning og fastsættelse af levetider	32
Anvendelse af BEAT 2000	33
Bygningsdele	33
Byggematerialer	34
Brugerflade og opgørelsesværktøj	34
Ordliste	36
Summary	40
Litteratur	41

Forord

Denne rapport beskriver resultaterne af EFP-96 projektet: Opgørelse af energirelaterede miljøpåvirkninger ved renovering (journal nr. 1213/96-0014). Resultaterne af projektet, der fokuserer dels på renovering med energibesparende løsninger, dels på renovering med tilbyggede/indbyggede badeværelser, omfatter for hver af disse renoveringsformer 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 "Renovering eller nybyggeri. Energi- og miljøvurdering" pilotprojekter hvad angår anvendelsen af livscyklusorienterede miljøvurderinger på renoveringsområdet.

Projektarbejdet er udført af Ebbe Holleris Petersen, SBI, som sammen med Klaus Hansen har fungeret som projektleder, Jens Ole Hansen og Ove Mørck, Cenergia ApS, som har forestået afsnittet: Renovering – energibesparende løsninger, og Kirsten Berg og Gunnar Friborg, Friborg og Lassen A/S, som har forestået afsnittet: Renovering – tilbyggede/indbyggede badeværelser.

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

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

Erik Christophersen
Forskningschef

Indledning

Datamængderne, som indgår ved miljøvurdering af et byggeri (både ved nybyggeri og renovering), er meget omfattende. Derfor udføres miljøvurderinger lettest ved brug af et pc-værktøj. SBI har udviklet og udgivet flere pc-værktøjer til dette formål, af hvilke LCACALC, (Traberg-Borup & Grau, 1997) var det første. Det omfattede imidlertid kun energi, energiressourcer og nogle udvalgte energirelaterede emissioner. Derfor udviklede SBI senere et mere omfattende værktøj, kaldet BEAT 2000 (Building Environmental Assessment Tool), (Petersen, 2000), som kan håndtere alle ressourceforbrug og emissioner samt beregne de heraf følgende miljøeffekter. LCACALC, der er anvendt til beregningerne i "Energi- og miljøvurdering ved renovering (1)", anses nu for at være forældet, og for fremtiden vil By og Byg kun anvende BEAT 2000.

Formålet med dette projekt er at muliggøre, at pc-værktøjet BEAT 2000 kan anvendes til energi- og miljøvurderinger af renoveringsprojekter, at indsamle data til formålet samt at afprøve værktøjet på konkrete renoveringsprojekter for at demonstrere og videreudvikle brugbarheden af pc-værktøjet.

Det er sket ved at anvende værktøjet på renoveringssager, som dels omhandler tre energitekniske løsninger, dels tre forskellige traditionelle løsninger ved renovering af små lejligheder uden bad. De energitekniske løsninger er solfangere, solvægge og ventilationsanlæg med varmegenvinding. Det er valgt at se på disse særlige løsninger, fordi det i anden sammenhæng er påvist, at traditionel efterisolering af klimaskærmen i dårligt isolerede bygninger har en så væsentlig energimæssig betydning, at energiforbruget til fremstilling af de normalt anvendte isoleringsmaterialer er af mindre betydning.

I rapporten behandles to renoveringsformer vedrørende energibesparelse og indbygning af badeværelser. Først beskrives kort BEAT 2000, som er et pc-værktøj, der er anvendt i dette projekt. Herefter beskrives de valgte bygningseksempler, som efterfølgende miljøvurderes ved brug af pc-værktøjet BEAT 2000. Resultaterne af energi- og miljøvurderingerne præsenteres og diskuteres. Sluttelig beskrives erfaringerne med anvendelse af værktøjet i forbindelse med eksemplerne. 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 miljøvurderinger for henholdsvis renovering med energibesparende foranstaltninger, som ligger ud over, hvad der typisk laves i renoveringssager, samt mere traditionel renovering af små utidssvarende lejligheder. Disse miljøvurderinger er gennemført primært med henblik på at afprøve programmet BEAT 2000's egnethed til energi- og miljøvurdering af renoveringssager, men også at belyse betydningen af at anvende mere helhedsorienterede miljøvurderinger. Afprøvningen af BEAT 2000 afdække, hvorvidt værktøjet eventuelt skal ændres til anvendelse på renoveringssager, og om værktøjets database skal udvides med særlige materialer og bygningsdele, som anvendes ved renovering.

Erfaringerne fra projektet viser, at miljøvurdering af renoveringssager ikke principielt adskiller sig fra nybyggeri. Der er derfor ikke noget behov for tilpasning af BEAT 2000 til anvendelse i forbindelse med renovering. Derimod bør datagrundlaget udbygges, særligt for alternative energibesparende løsninger og de materialer, der indgår. Disse er i øvrigt kendetegnet ved ikke kun at optræde ved renovering, men også ved nybyggeri, hvorfor de vil være generelt anvendelige.

Det kan tilføjes, at en udbygning af datagrundlaget med materialer til alternative energibesparende løsninger også vil muliggøre miljøvurdering af de fleste traditionelle VVS- og elinstallationer, da det i vidt omfang er de samme materialer, som indgår heri. Disse vil i øvrigt ligeledes kunne anvendes både i forbindelse med renovering og nybyggeri.

Databasen bør desuden udbygges med et antal typiske bygningsdele, som anvendes ved renovering. Det må imidlertid forventes, at der oftere vil optræde utraditionelle og usædvanlige bygningsdele i forbindelse med renovering dikteret af de særlige fysiske forhold, som findes i gamle huse. Derfor vil det ikke være muligt at etablere et bibliotek over bygningsdele til renovering, som vil være lige så dækkende som bygningsdele til nybyggeri. Det vil oftere være nødvendigt for brugere selv at definere de nødvendige bygningsdele ved renovering, hvorfor miljøvurdering ved renovering generelt må forventes at være mere tidskrævende end ved nybyggeri.

De gennemførte energi- og miljøvurderinger viser, at energiforbruget til driften og de dertil knyttede miljøpåvirkninger er de væsentligste, men også at energi- og miljøvurderinger af fremstilling og bortskaffelse kan være vigtig at iagttage ved valget mellem alternative energimæssige eller byggetekniske løsninger.

BEAT 2000

SBI har udviklet edb-værktøjet BEAT 2000 til gennemførelse af de omfattende beregninger, som knytter sig til en miljøvurdering. Det består af en database og et opgørelsesværktøj, udviklet ved brug af relationsdatabaseprogrammet Microsoft Access. I databasen kan indtastes alle kvantificerbare input (råmaterialer, energikilder og produkter), og alle output (emissioner til luft, spildevand og fast affald) for enhver proces, dvs. for energikilder, transportmidler, byggematerialer og bygningsdele, som anvendes i løbet af en bygnings levetid (opførelse, drift, vedligeholdelse og nedrivning). Da arbejdet med at definere disse processer er vanskeligt og tidskrævende, er data for et betydeligt antal processer og produkter, som typisk anvendes i dansk byggeri, lagt ind i databasen. Databasen indeholder således data for:

- Transportmidler, fx tog, skib og lastbil.
- Energikilder, fx elektricitet, naturgas, olie og kul. De typiske emissioner, som optræder ved anvendelse af disse energikilder, er også defineret.
- Byggematerialer, fx cement, beton, letbeton, gipsplader, teglsten, træ, metaller, glas, plast og isoleringsmaterialer.
- Bygningsdele, fx fundamenter, ydervægge, indervægge, terrændæk, etagedæk og tagkonstruktioner.

Ved at anvende disse data kan en miljøvurdering for en bygning gennemføres på en brøkdel af den tid, som ellers ville have været nødvendig. Databasen og opgørelsesværktøjet kan også anvendes til at gennemføre miljøvurderinger af byggematerialer og bygningsdele og dermed anvendes til at analysere individuelle dele af en bygning i detaljer. Hvis fx en beregning for en bygning viser, at ydervæggene bidrager væsentligt til bygningens samlede miljøbelastning, kan disse analyseres nærmere. Herved kan fx de specifikke typer ydervægge eller de specifikke materialer i ydervæggene, som er hovedansvarlige for miljøbelastningen, identificeres.

Når der gennemføres en opgørelse for en bygning, beregner opgørelsesværktøjet de samlede input og output, dvs. forbrug af råstoffer (inkl. brændsler) og energi, som finder sted over bygningens samlede levetid. Desuden beregnes de samlede emissioner til luft, spildevand og fast affald. Efterfølgende kan disse udskrives i form af input/output tabeller. Udskrifterne omfatter lister over:

- Forbrug af primære råstoffer og brændsler, dvs. råstoffer, som udvindes i naturen, (fx sand, sten, ler, kul, olie og naturgas).
- Forbrug af sekundære råstoffer og brændsler, dvs. restprodukter fra anden industri, (fx flyveaske, mikrosilika, affaldstræ og savsmuld).
- Forbrug af energi.
- Emissioner til luft.
- Emissioner til vand.
- Fast affald.

Opgørelsesværktøjet kan håndtere usikkerhed ved brug af en metode kaldet successiv kalkulation. Metoden er nærmere beskrevet i SBI-rapport 272 (Petersen, 1997). Herved kan der beregnes middelværdi og spredning på alle mængder. Usikkerhed er dog ikke behandlet i denne rapport, da det eksisterende datagrundlag er for mangelfuldt hertil.

Endelig kan opgørelsesværktøjet beregne de potentielle miljøpåvirkninger, som input/output giver anledning til og præsentere disse i form af tabeller, eller alternativt grafisk i form af normaliserede og vægtede miljøprofiler.

Ved brug af ovennævnte værktøj og systematik kan man håndtere og beregne alle miljøeffekter, som kan kvantificeres. Der er imidlertid stadig en række miljøpåvirkninger, der på nuværende tidspunkt ikke findes metoder til at kvantificere, herunder indeklimate, arbejdsmiljø og problematiske stoffer (fx sundhedsskadelige kemikalier). Der arbejdes på udvikling af metoder til håndtering af disse miljøpåvirkninger.

Følgende miljøeffekter kan opgøres ved anvendelse af værktøjet (og flere kan tilføjes):

- Drivhuseffekt
- Nedbrydning af ozonlaget
- Forsuring
- Næringssaltbelastning
- Fotokemisk ozondannelse
- Human toksicitet
- Økotoxikicitet
- Persistent toksicitet
- Ressourceforbrug (fordelt på brændsler og metaller)
- Volumenaffald
- Slagge og flyveaske
- Farligt affald
- Radioaktivt affald.

Alle miljøeffekter beregnes ved brug af UMIP-metoden, (Wenzel, Hauschild & Rasmussen, 1996). I ordlisten sidst i rapporten kan findes en kort beskrivelse af de enkelte miljøeffekter. Her kan også findes forklaringer og definitioner på en række almindelige ord og begreber, som anvendes i forbindelse med livscyklus- og miljøvurdering.

Formål

BEAT 2000 er oprindelig udviklet med henblik på miljøvurdering af nybyggeri, ligesom datagrundlaget i databasen er etableret med henblik herpå. Der er derfor behov for at afprøve BEAT 2000 på renoveringssager for at undersøge, dels om værktøjet i sin nuværende form egner sig til denne type miljøvurderinger, dels om datagrundlaget i databasen bør suppleres med særlige materialer eller bygningsdele, som finder anvendelse ved renovering.

I det følgende afprøves BEAT 2000 derfor på fem konkrete renoveringssager. Disse omfatter to sager, hvor der indgår energibesparende løsninger og tre sager med traditionel renovering af små lejligheder uden bad.

Renovering – energibesparende løsninger

Energibesparende teknologier kan med fordel benyttes ved renovering af den ældre bygningsmasse, da driftsenergiforbruget normalt er betydeligt større i ældre end i nye bygninger. Ofte fokuseres der dog kun på de energibesparelser, der opnås i driften. Imidlertid er det interessant at kortlægge, hvordan energibesparende foranstaltninger tager sig ud i en livscyklusbetragtning, hvor der også tages højde for energiforbruget til fremstilling, transport, opførelse, genoprettelse og nedrivning af de energibesparende teknologier. Herved kan det vurderes, om mere avancerede energirenoveringer af ældre etageejendomme samlet set er miljøpositive, dvs. om de mindsker miljøpåvirkningen i forhold til en renovering efter gængs praksis.

To renoveringsprojekter af ældre etageejendomme er udvalgt som baggrund for dette eksempel. I begge projekter anvendes flere energibesparende teknologier, som ligger ud over, hvad der kan opfattes som "almindelige" ved renovering.

Der er udvalgt tre teknologier, som undersøges. Disse er:

- Solfangere
- Solvægge
- Ventilationsanlæg med varmegenvinding.

Oprindeligt var også en solcelleløsning valgt, men det viste sig ikke muligt at få de nødvendige data, og denne er derfor udeladt. For hver teknologi beregnes, hvor meget miljøbelastningen reduceres under drift i forhold til en reference (i form af renovering efter gængs praksis). Desuden beregnes miljøbelastningen knyttet til fremstilling, transport og opførelse af teknologien. Den energibesparende løsning sammenlignes herefter med referencen, og de miljømæssige konsekvenser vurderes.

Derefter ses der på hvilke dele af teknologien, som udløser den største miljøbelastning, og hvorvidt det er muligt at reducere denne. Endelig kommenteres fremtidsmulighederne for teknologien.

Indledningsvis skal det siges, at der generelt er meget få data om installationer til brug i forbindelse med miljøvurderinger. Derfor er nogle af beregningerne behæftet med betydelig usikkerhed, og resultaterne bør derfor kun opfattes som vejledende.

Afgrænsning

Som eksempel er valgt to konkrete byggerier, et fra det store byøkologiske demonstrationsprojekt i Hedebykarreen på Vesterbro, som er gennemført af SBS Byfornyelse i 1998-2000, og et fra et Thermie demonstrationsprojekt, som blev gennemført i 1995. De to bygninger er beliggende på henholdsvis Østerbro (Østerbrogade, Hjortøgade, Langesund, Tåsingegade) og Vesterbro (Tøndergade/Sundevedsgade).

Der er to umiddelbare referencesituationer, som kan sammenlignes med de faktisk udførte projekter:

- Ingen renovering
- Renovering efter gængs praksis.

Referencen vælges som værende renovering efter gængs praksis. Dette falder naturligt, idet spørgsmålet ved en renoveringssag er, hvorvidt de energibesparende teknologier skal benyttes eller ej.

I eksemplet medregnes kun forhold, som har betydning for de benyttede energibesparende teknologier. Alle materialer og arbejder forbundet med resten af renoveringen behandles ikke.

Beregning af driftsenergiforbrug

For Østerbrobyggeriet er energiforbruget før og efter renoveringen dokumenteret, og disse tal vil blive benyttet i miljøvurderingen. For Vesterbrorenoveringen findes der endnu ingen driftstal, hvorfor de teoretiske varmetabsberegninger ligger til grund for analysen. Beregningerne er foretaget med diverse programmer, såsom Optibuild (et totaløkonomisk beregningsprogram, som prioriterer energibesparende foranstaltninger efter økonomisk rentabilitet) og Suncode (et termisk simuleringsprogram).

Levetid

Levetiden for referencen og energirenoveringen er sat til 50 år. Dette skal sammenlignes med, at nybyggeri ofte antages at bestå i 100 år. I de valgte eksempler har de oprindelige bygninger imidlertid allerede bestået i 100 år, hvorfor en kortere restlevetid må forventes. Der ses ikke på bygningernes miljøbelastning før renoveringen, da dette ikke har interesse for denne vurdering.

De fleste energibesparende foranstaltninger eller dele heraf har en levetid på under 50 år, hvorfor en senere genopretning medregnes.

Opvarmningskilde

Energiforbruget under driften er af stor betydning i forbindelse med energibesparelser. I begge bygninger anvendes efter renovering fjernvarme til opvarmning. Beregningerne er derfor gennemført med denne energikilde, og resultater og konklusioner kan derfor ikke nødvendigvis overføres på renoveringssager, hvor der anvendes andre energikilder.

Eksempler

Herunder følger en kort beskrivelse af de to bygninger, som har været anvendt i dette eksempel. Bygningerne er beskrevet før og efter renoveringen sammen med de vigtigste nøgletal og resultater. Kun energirelaterede forhold er beskrevet. Andre forhold, såsom arkitektur, er kun sporadisk behandlet.

Eksempel 1-A: Østerbro

Tabel 1. Baggrundsoplysninger for eksempel 1-A.

Foto		
	Før renovering	Efter renovering
Etageareal	11.000 m ²	11.000 m ²
Opvarmningsform	Fjernvarme	Fjernvarme
Anslået energiforbrug til opvarmning og varmt brugsvand	180 kWh/m ² /år	88 kWh/m ² /år
Funktion	Projektet startede med et ønske om at reducere fjernvarmeforbruget med over 50 %, samtidig med at indeklimaet blev forbedret. Derfor er der opført: – udvendig efterisolering på gårdfacaden – glaskarnap på gadefacade (Østerbrogade undtaget) – solfangere – modstrømsvarmegenvinding – energivinduer	
Arkitektur	Alle vinduer i bygningen blev udskiftet med energivinduer med samme udseende som de oprindelige dannebrogsvinduer. Facaden mod Østerbrogade er ikke ændret. På sidegaderne til Østerbrogade er der påført en glasinddækket altan. I den lukkede gård er ydervæggen efterisoleret, der er opsat en solvæg med transparent isolering samt solvarmeanlæg på tre af tagfladerne. I lejlighederne er der opsat et ventilationsanlæg med varmegenvinding under nedhængt loft i gangen. Derfra er der ført kanaler til alle rum.	
Anlægsteknik	Størstedelen af energirenoveringen foregik på ydersiden af bygningen på facade og tag. Dette gav kun ringe forstyrrelser for beboerne. Opførelsen af varmegenvindingsanlægget foregik i lejlighederne.	

Tabel 2. Vesterbro. Baggrundsoplysninger for eksempel 1-B.

Foto



Før renovering	Efter renovering
1.400 m ²	1.500 m ²
Ingen	Fjernvarme
145 kWh/m ² /år	90 kWh/m ² /år
Projektet er del af det byøkologiske forsøg i Hedebygade-karreen. Bygningen skulle kraftigt renoveres, og der var udtrykt ønske om at bruge energibesparende teknologier, herunder vedvarende energi. Af energimæssige elementer er der opført: – Modstrømsvarmegenvinding – Solvæg – Luftsolfanger – Solceller til drift af jævnstrømsventilatorer – Energivinduer – Solstue – Varmesystem med gennemstrømningsvandvarmer.	

	Hele ejendomme er nypudset. På gadefacaden er der isat nye energivinduer med udseende som de originale dannebrogsvinduer. I gården har facaden fået et markant ændret udtryk. Der er opført opvarmede solstuer med store glasarealer. Der er to solvægge i samspil med solstuerne. Solvæggene består af matteret glas og solceller. På taget er der installeret luftsolfangere.
	Ejendommen var ubeboet, mens den kraftige renovering blev gennemført. De energibesparende foranstaltninger medførte derfor ikke større gener end traditionelle løsninger.

Resultat af miljøvurderingen

For de to bygninger er der foretaget en miljøvurdering, som gør det muligt at sammenstille miljøeffekterne ved fremstilling med driftsbesparelserne. Erfaringerne fra begge byggerier beskrives i det følgende opdelt på teknologier.

Luftsolfangeranlæg/opvarmning

Luftsolfangere anvendes til at opvarme eller forvarme det varme brugsvand. Brugen af luftsolfangere er ikke gængs praksis ved renovering. Der er isoleret set ingen grund til ikke at benytte solvarme i renoveringssager. Imidlertid vælges solvarme oftest fra i kraftvarmeområder, fordi der om sommeren er en overproduktion af varme, som bliver endnu større ved brug af solvarmen.

Installeres ikke luftsolfangere, vil der i stedet være et ekstra opvarmningsbehov. Referencen er derfor konventionel opvarmning med fjernvarme. Der er et beskedent energiforbrug (elektricitet) til drift af solfangeranlægget, som derfor medregnes.

Solfangeranlægget giver anledning til et ekstra materialeforbrug i form af selve luftsolfangeren og ekstra rørføring mv. Det har kun i begrænset omfang været muligt af få data for disse komponenter, hvorfor de kun medregnes i form af energiforbrug mv. knyttet til fremstilling af de materialer, som indgår i solfangeren (stål, aluminium, glas, isolering mv.). Fremstillingen af selve luftsolfangeren, rør mv. medregnes således ikke. Luftsolfangeren monteres oven på et eksisterende tag, og der spares således ikke tagbelægning. I beregningerne medregnes materialeforbruget ved udskiftning. Luftsolfangeren antages at have en levetid på 25 år og regnes derfor udskiftet en gang i løbet af bygningens restlevetid, mens den øvrige del af anlægget antages at have en levetid svarende til bygningens restlevetid.

Af nedenstående tabel fremgår, hvad der er medregnet i løsningen med henholdsvis luftsolfanger og opvarmning.

Tabel 3. Oversigt over energi og materialer medregnet ved henholdsvis solfangeranlæg og opvarmning. Kun de dele, som adskiller de to løsninger, er medregnet.

Solvarmeanlæg	Opvarmning med fjernvarme (reference)
<i>Materialer</i>	<i>Materialer</i>
Materialer til luftsolfanger ¹⁾	
Materialer til rør mv.	
<i>Energi</i>	<i>Energi</i>
Elektricitet	Opvarmning med fjernvarme

1) Antages udskiftet en gang i løbet af bygningens restlevetid.

Resultatet af beregningerne fremgår af nedenstående tabel.

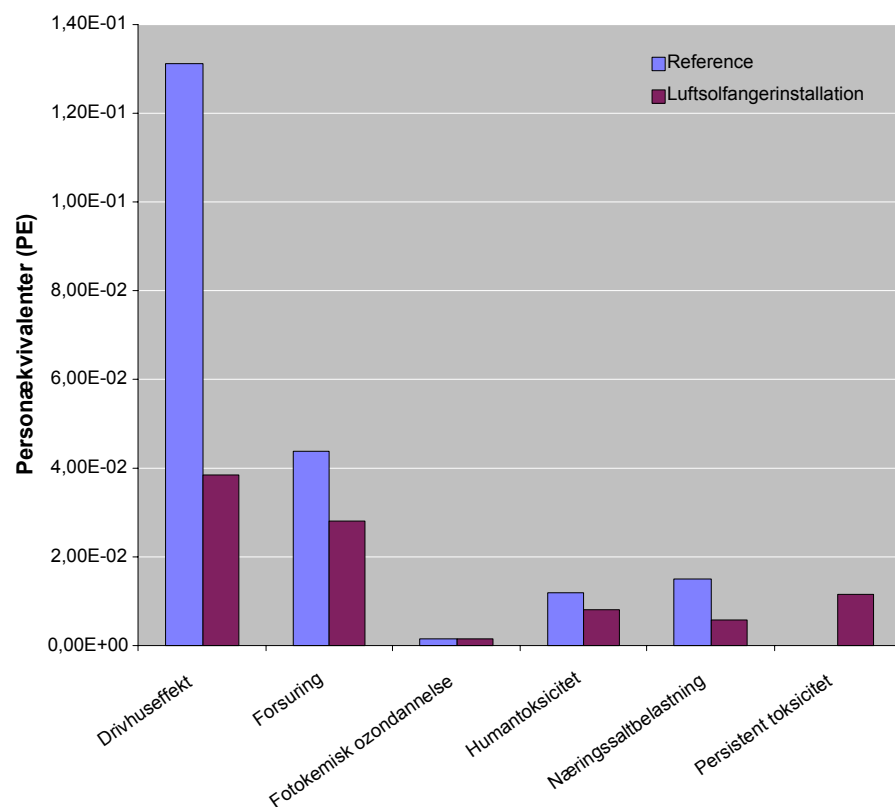
Tabel 4. Energiregnskab for henholdsvis solfangeranlæg og opvarmning.

	Bruttoenergiforbrug	
Opvarmning med fjernvarme (reference)	374	kWh/m ² solfanger/år
Drift af solfangeranlæg (elektricitet)	28	kWh/m ² solfanger/år
Samlet årlig energibesparelse	346	kWh/m ² solfanger/år
Fremstilling af solfanger, rør mv.	704	kWh/m ² solfanger
Simpel energitilbagebetalingstid	2,0	år

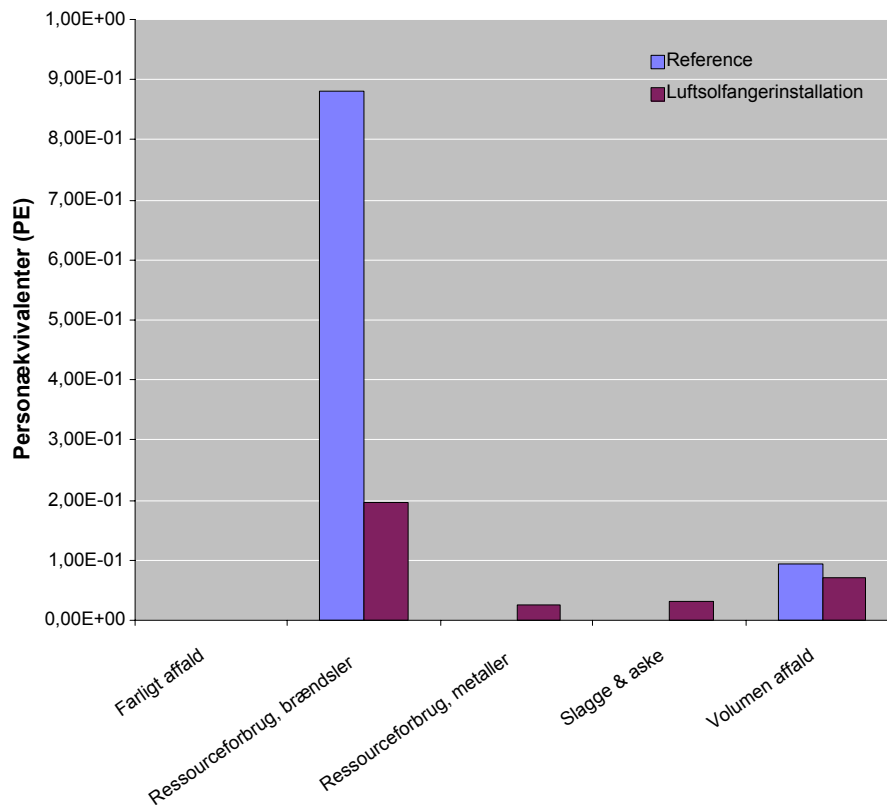
Som det ses af tabel 4, giver solfangeren en gennemsnitlig årlig driftse-
nergibesparelse på ca. 350 kWh/m² solfanger og en simpel energitilbage-
betalingstid på ca. 2 år. I stavdiagrammerne i figur 1 og 2 er miljøeffekterne
fra de to løsninger afbilledet, så de umiddelbart kan sammenlignes.

Teknologisk institut har gennemført en meget detaljeret undersøgelse af
15 solvarmeanlæg. Her blev det konkluderet, at solvarmeanlæg har en
energitilbagebetalingstid på 1,2 år (Teknologisk Institut, 1999).

Forskellen på den beregnede tilbagebetalingstid kan tilskrives forskelle i
antagelser om referencen og hvorvidt fx de metaller, som indgår i solfanger-
ne, fremstilles på basis af skrot eller malm, (førstnævnte kræver almindelig-
vis mindre energi end sidstnævnte, særligt for aluminium).



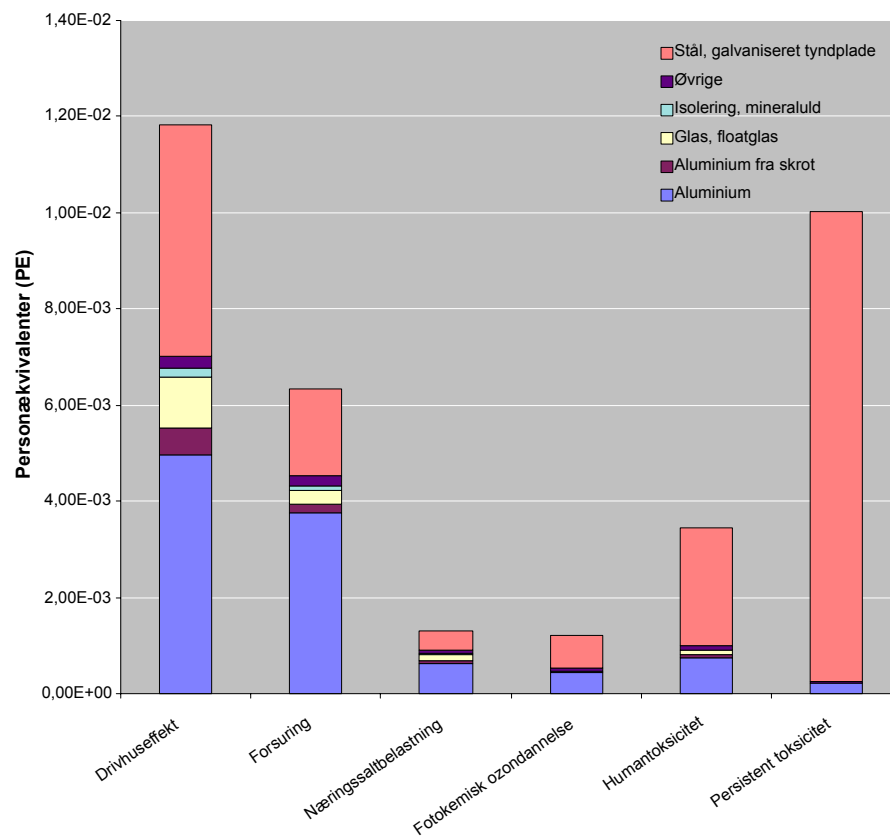
Figur 1. Sammenligning mellem miljøeffekter (effekter på det ydre miljø) fra henholdsvis solfanger og opvarmning.



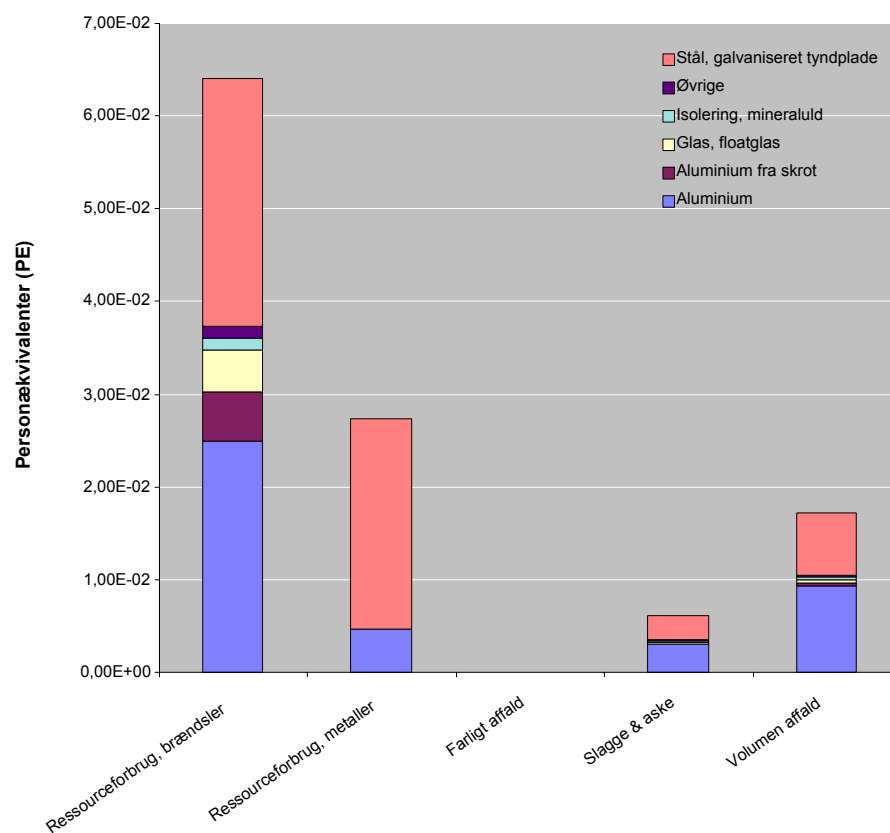
Figur 2. Sammenligning mellem miljøeffekter (ressourceforbrug og affald) fra henholdsvis solfanger og opvarmning.

Som det ses, er miljøeffekterne fra referencen størst for de fleste af miljøeffekterne herunder drivhuseffekt, forsurening, næringssaltbelastning og brændselsressourceforbrug. Miljøeffekterne fra solfangeren er størst for persistent toksicitet, metalforbrug samt slagge og aske.

Af figur 3 og 4 fremgår miljøeffekterne fra de enkelte materialer, som indgår i den her anvendte luftsol-fanger. Her ses, at det er aluminium og stål, som bidrager mest til miljøeffekterne, mens glasset i dæklaget har mindre betydning. Den største reduktion af solfangerens miljøeffekter kan således opnås ved at tilstræbe at mindske forbruget af disse metaller samt ved at anvende metaller fremstillet på basis af skrot i stedet for malm.



Figur 3. Miljøprofil for luftsolfangeren (effekter på det ydre miljø).



Figur 4. Miljøprofil for luftsolfangeren (ressourceforbrug og affald).

Solvæg/efterisolering

Solvæggen i dette eksempel er passiv og anvendes til at forvarme ventilationsluften. Brugen af solvægge er ikke gængs praksis ved renovering, skønt

der efterhånden er gennemført adskillige forsøg rundt om i Danmark. Solvægge er især brugbare ved nybyggeri, hvis de integreres tidligt i projekteringsfasen.

I de to eksempelbyggerier bruges solvæggen som en del af ventilations-systemet, hvor luften forvarmes i solvæggen. En betydelig del af en solvægs ydelse består i, at solvæggen opsamler transmissionstabt fra ydervæggen og sender varmen tilbage ind i bygningen med ventilationsluften. Resten af solvæggens energi kommer fra solen. Referencen er efterisolering, da dette er det mest oplagte alternativ til solvægge i renoveringssager.

Solvæggen er kendetegnet ved ikke at kræve energi til driften. Referencen derimod har et ekstra energiforbrug til opvarmning (fjernvarme).

Solvæggen giver anledning til et materialeforbrug i form af glas og stål (beslag mv.), mens efterisolering giver anledning til et forbrug af isoleringsmateriale, trælægter, beklædning mv. I beregningerne medregnes materialeforbruget ved udskiftning. Solvæggen antages at have en levetid på 25 år, og regnes derfor udskiftet en gang. Efterisoleringen regnes derimod at have en levetid svarende til bygningens restlevetid og udskiftes derfor ikke.

Af nedenstående tabel fremgår, hvad der er medregnet i henholdsvis løsningen med solvæggen og efterisolering.

Tabel 5. Oversigt over energi og materialer medregnet ved henholdsvis solvæg og efterisolering. Kun de dele, som adskiller de to løsninger, er medregnet.

Solvæg	Efterisolering (reference)
<i>Materialer¹</i>	<i>Materialer</i>
Glas	Mineraluld
Stål	Trælægter
	Beklædning
	etc.
<i>Energi</i>	<i>Energi</i>
	Opvarmning med fjernvarme

1) Antages udskiftet en gang i løbet af bygningens restlevetid.

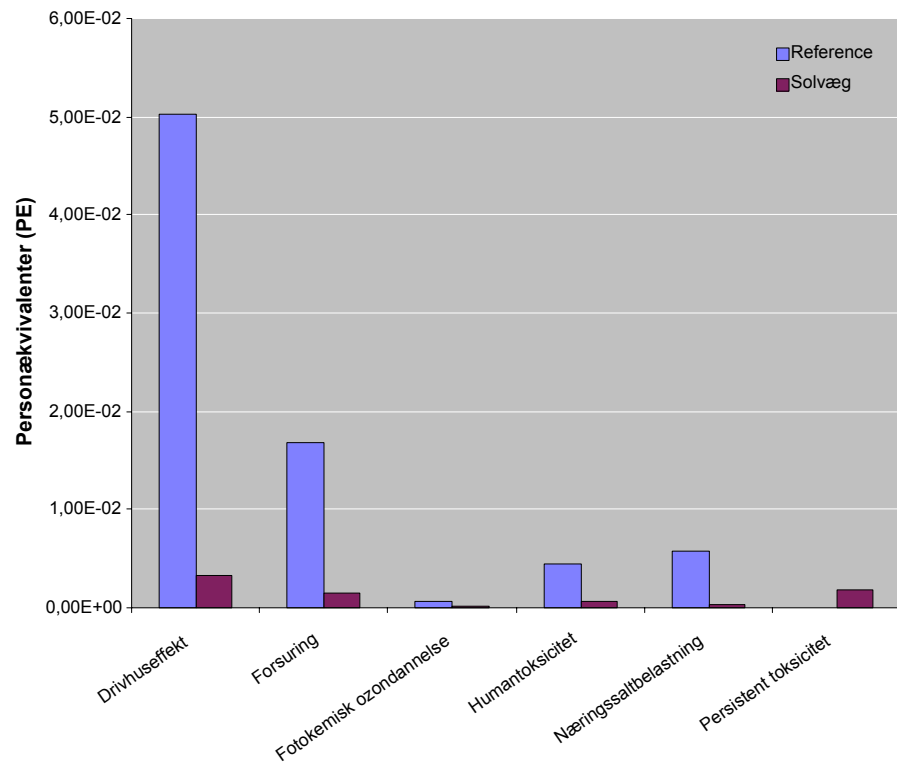
Resultatet af beregningerne fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 6. Energiregnskab for henholdsvis solvæg og efterisolering.

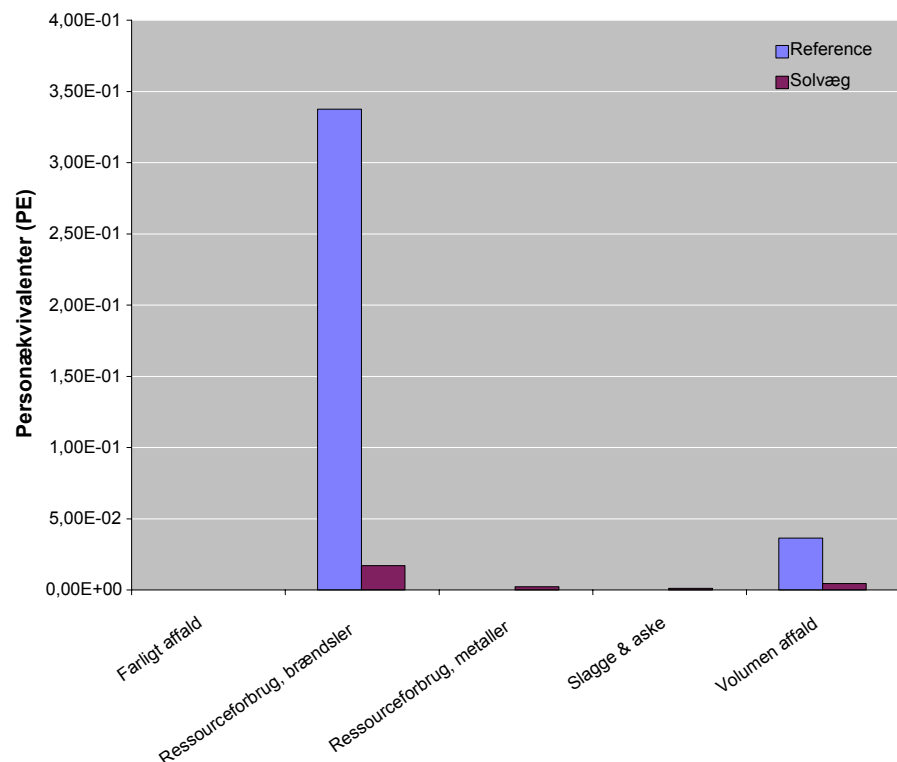
	Bruttoenergiforbrug	
Opvarmning med fjernvarme (reference)	215	kWh/lejlighed/år
Drift af solvæg	0	kWh/lejlighed/år
Samlet årlige energibesparelse	215	kWh/lejlighed/år
Fremstilling af solvæg	788	kWh/lejlighed
Fremstilling af efterisolering	16	kWh/lejlighed
Merforbrug til fremstilling	772	kWh/lejlighed
Simpel energitilbagebetalingstid	3,6	år

Som det ses af tabel 6, giver solvæggen en gennemsnitlig årlig driftse-nergibesparelse på ca. 200 kWh/lejlighed og en simpel energitilbagebeta-lingstid på 3-4 år. I figur 5 og 6 er miljøeffekterne fra de to løsninger afbille-det, så de umiddelbart kan sammenlignes.

Som det ses af figur 5 og 6, er det kun for miljøeffekten persistent toksi-citet og fotokemisk ozondannelse, som i øvrigt er meget lille, at solvæggen giver anledning til større miljøpåvirkninger end referencen. For alle øvrige miljøeffekter er referencen størst, ligesom den også giver anledning til det største ressourceforbrug.



Figur 5. Sammenligning mellem miljøeffekter (effekter på det ydre miljø) fra henholdsvis solvæg og efterisolering.



Figur 6. Sammenligning mellem miljøeffekter (ressourceforbrug og affald) fra henholdsvis solvæg og efterisolering.

Ventilationsanlæg med varmegenvinding/udsugningsanlæg

I forbindelse med renovering af en bygning bør der altid installeres udsugning i henhold til gældende bygningsreglement, idet bygningen som regel tættes så meget, at infiltrationen giver utilstrækkeligt luftskifte. Det er derfor valgt at sammenligne en løsning bestående af et ventilationsanlæg med

varmegenvinding med en mere traditionel løsning bestående af et udsugningsanlæg.

Ventilationsanlæg med varmegenvinding er kendetegnet ved, at driftsenergiforbruget er betydeligt, hvis der ikke benyttes lavenergiventilatorer (jævnstrømsventilatorer, som generelt har ca. 20 % lavere elforbrug end vekselstrømsventilatorer), hvilket er gjort i dette eksempel. Det antages derfor, at driftsenergiforbruget (elektricitet) for ventilationsanlægget med varmegenvinding er det dobbelte af udsugningsløsningen, som til gengæld har et større energiforbrug til opvarmning (fjernvarme).

Materialeforbruget til ventilationsanlægget med varmegenvinding adskiller sig fra den traditionelle løsning ved at anvende den dobbelte mængde kanaler mv. samt en varmeveksler. Det har kun i begrænset omfang været muligt at få data for disse komponenter, hvorfor de kun medregnes i form af energiforbrug mv. knyttet til fremstilling af de anvendte materialer, som indgår i varmeveksler, kanaler mv. (hovedsageligt stål og aluminium). Fremstilling af kanalerne samt varmeveksleren medregnes således ikke. I beregningerne medregnes materialeforbruget ved udskiftning. Anlæggene antages at have en levetid på 25 år, og regnes derfor udskiftet en gang.

Af nedenstående tabel fremgår, hvad der er medregnet i løsningen med henholdsvis varmegenvinding og udsugningsanlæg.

Tabel 7. Oversigt over energi og materialer medregnet for henholdsvis ventilation med varmegenvinding og udsugningsanlæg. Kun de dele, som adskiller de to løsninger, er medregnet.

Ventilationsanlæg med varmegenvinding	Udsugningsanlæg (reference)
<i>Materialer</i> ¹⁾	<i>Materialer</i>
Materialer til varmeveksler	
Materialer til ekstra kanaler mv.	
<i>Energi</i>	<i>Energi</i>
Elektricitet	Opvarmning med fjernvarme

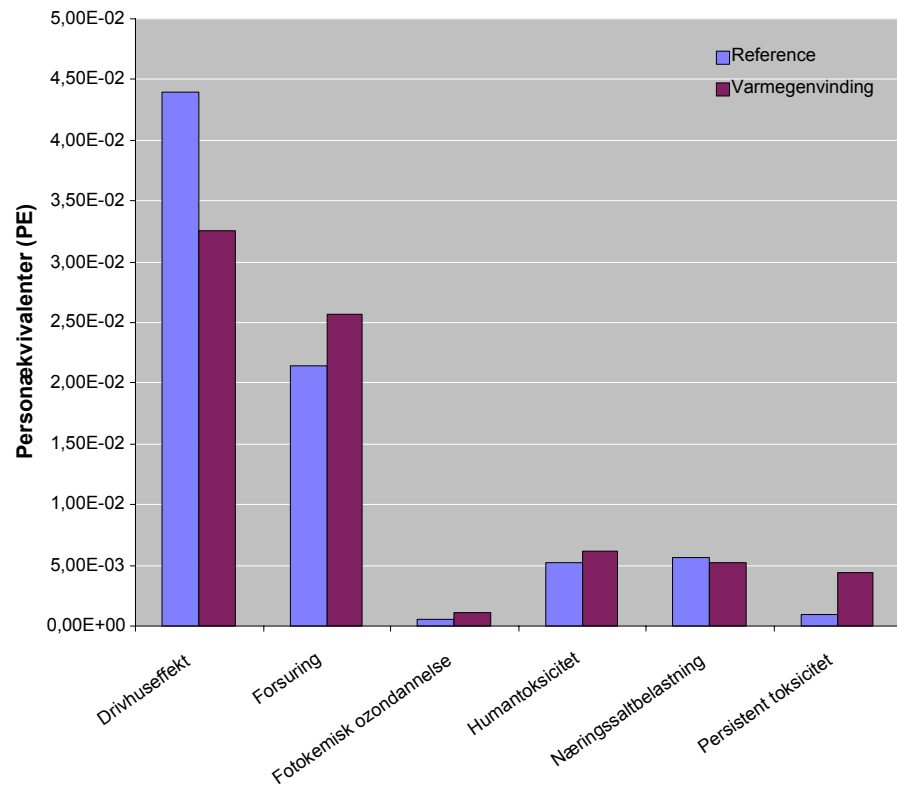
1) Antages udskiftet en gang i løbet af bygningens restlevetid.

Resultatet af beregningerne fremgår af nedenstående tabel.

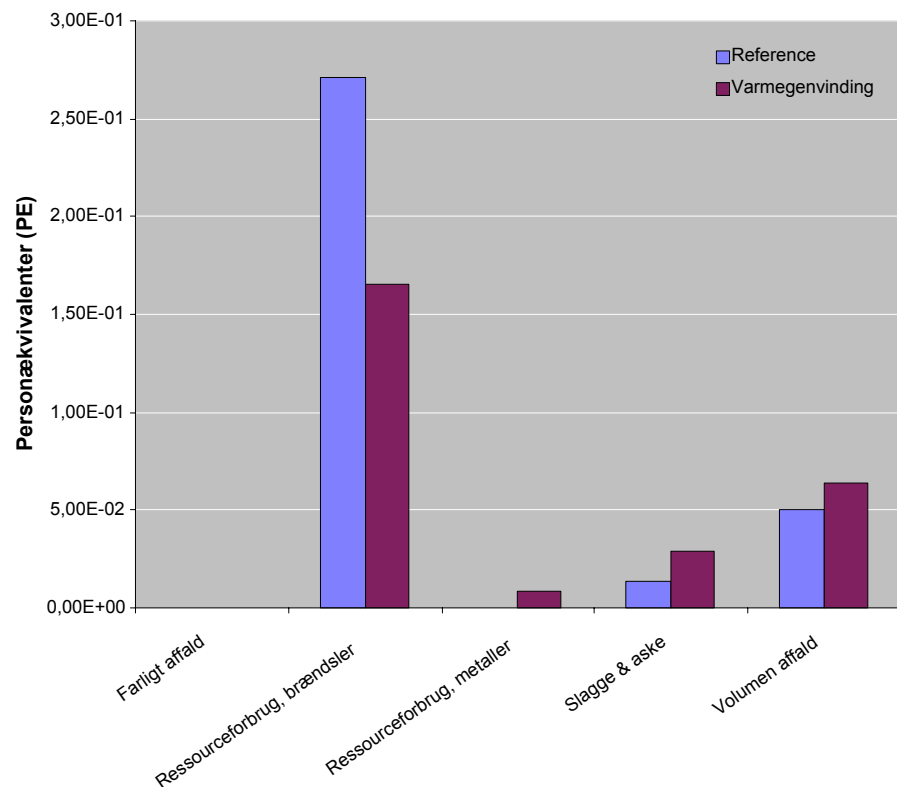
Tabel 8. Energiregnskab for henholdsvis ventilation med varmegenvinding og udsugningsanlæg.

	Bruttoenergiforbrug	
Opvarmning med fjernvarme (merforbrug ift. anlæg med varmegenvinding)	2144	kWh/lejlighed/år
Drift af ventilationsanlæg med varmegenvinding (merforbrug ift. udsugningsanlæg)	438	kWh/lejlighed/år
Samlet årlige energibesparelse	1706	kWh/lejlighed/år
Fremstilling af materialer til ventilationsanlæg med varmegenvinding	7500	kWh/lejlighed
Simpel energitilbagebetalingstid	4,4	år

Som det ses af tabel 8, giver ventilation med varmegenvinding en gennemsnitlig årlig driftsenergiefterbesparelse på ca. 1.700 kWh/lejlighed og en simpel energitilbagebetalingstid på 4-5 år. I figur 7 og 8 er miljøeffekterne fra de to løsninger afbilledet, så de umiddelbart kan sammenlignes.



Figur 7. Sammenligning mellem miljøeffekter (effekter på det ydre miljø) fra henholdsvis ventilation med varmegenvinding og udsugningsanlæg.



Figur 8. Sammenligning mellem miljøeffekter (ressourceforbrug og affald) fra henholdsvis ventilation med varmegenvinding og udsugningsanlæg.

Renovering

– tilbyggede/ indbyggede badeværelser

Ved renovering og etablering af nye badeværelser i de forholdsvis små lejligheder i eksisterende ejendomme fra slutningen af sidste århundrede inddrages i de fleste tilfælde ekstra etageareal for at skaffe plads til badeværelset. Dette sker enten ved sammenlægninger af lejligheder eller alternativt ved inddragelse af bitrappes. Da disse indgreb normalt inddrager lejlighederne parvist, er det naturligt at gennemføre en miljøvurdering for to lejligheder ad gangen.

Det er valgt at gennemføre miljøvurderingen for to lejligheder efter renoveringen. I et af eksemplerne vil opgørelsen derfor etagearealmæssigt dække tre lejligheder før renoveringen, da der i dette tilfælde pga. sammenlægning forsvinder en bolig.

Der er som udgangspunkt valgt toværelses lejligheder i ejendomme på Vesterbro og Frederiksberg fra slutningen af sidste århundrede, som tegnestuen Friborg og Lassen har renoveret inden for de sidste par år. Lejlighederne har alle fået installeret nyt badeværelse og køkken.

Afgrænsning

Der gennemføres en miljøvurdering for etablering af to nye badeværelser og køkkener pr. ejendom. I miljøvurderingen medregnes således kun materialer og arbejder relateret direkte hertil, mens resten af renoveringen ikke behandles. Følgende bygningsdele opgøres og medregnes således i miljøvurderingen:

- Bygningsdele, som indgår i eller på anden måde er knyttet til etableringen af nye badeværelser/køkkener i de udvalgte lejligheder. Nye tilbygninger, tagkonstruktioner m.m. opgøres i forhold til lejlighedernes antal/etageareal.
- Nye bygningsdele.
- Bygningsdele, som ikke indgår med samme omfang og funktion i alle de tre projekter.

Følgende bygningsdele opgøres og medregnes ikke i miljøvurderingen:

- Bygningsdele, som ikke indgår i eller er knyttet til etableringen af nye badeværelser/køkkener i de udvalgte lejligheder.
- Eksisterende bygningsdele.
- Bygningsdele, som indgår med samme omfang og funktion i alle de udvalgte lejligheder.

Følgende bygningsdele opgøres og medregnes ikke i miljøvurderingen, men noteres:

- Eksisterende bygningsdele, som fjernes som følge af etableringen af nye badeværelser/køkkener i de udvalgte lejligheder.

De opgjorte bygningsdele samt bygningsdele til nedrivning er alle indsamlet fra omfangs- og fagbeskrivelser, tegningsmateriale, byggeplansmateriale samt varmetabsberegninger fra de enkelte sager.

Tabel 9. Oversigt over bygningsdele, som henholdsvis opgøres og ikke opgøres.

Bygningsdele, som opgøres	Bygningsdele, som ikke opgøres
Nye indervægge	Nyt baderumsinventar
Nye ydervægge	Nyt køkkeninventar
Nye etageadskillelser, udvekslinger	Fliser/gulvbelægning m.m.
Nye nedhængte lofter	Overfladebehandlinger
Nye døre	Installationer og installationsføringer (inkl. VVS)
Nye vinduer	Håndlister, dørgreb etc.
Nye franske altaner	Beslag, bolte, søm og skruer etc.
Nye facader	Eksisterende bygningsdele, som bevares
Nye bærende konstruktioner	
Nye fundamenter	
Nye tagkonstruktioner	
Nye tagbelægninger	
Nye trapper	
Ny isolering	
Nye kviste	

Tabel 10. Oversigt over bygningsdele, som henholdsvis noteres og ikke noteres.

Bygningsdele, som noteres	Bygningsdele, som ikke noteres
Nedrevne ydervægge	Eksisterende bygningsdele, som bevares
Nedrevne indervægge	
Nedrevne etageadskillelser	
Nedrevne lofter	
Nedrevne vinduer/døre	
Nedrevne trapper	
Nedrevne tagkonstruktioner	

Nye bygningsdele knyttet til etablering af badeværelser og køkkener er bygningsdele, som enten er en betingelse for, at den pågældende løsning kan realiseres, fx tilbygning til køkken, nye tagkonstruktioner på bitrapper samt nye vægge etableret pga. ændrede lejlighedsplaner, eller et rum-lygt/funktionelt tilskud til den pågældende løsning, fx franske altaner i stedet for vinduer i nye køkkener, ny kvist ved inddragelse af eksisterende køkken til gennemlyst opholdsrum etc.

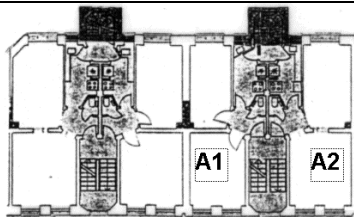
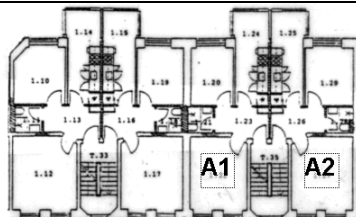
Eksempler

Herunder følger en kort beskrivelse af de tre eksempler henholdsvis før og efter renovering.

Eksempel 2-A: Eriksgade 15/Eskildsgade 33-35

Renoveringen omfatter tilføjelse af indeliggende, let badeværelse og nyt køkken. For at skabe plads hertil inddrages eksisterende køkken, wc og bi-trappe. Desuden udvides lejlighederne med et nyt køkkentårn, hvorved lejlighedernes samlede areal øges en smule.

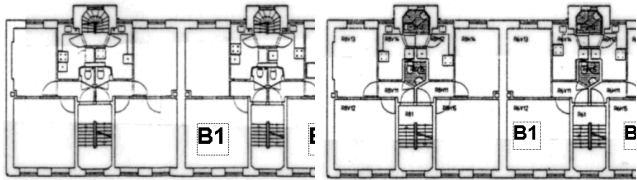
Tabel 11. Baggrundsoplysninger for eksempel 2-A.

	Før renovering		Efter renovering	
Plan				
Etageareal	A1:	53,3 m ²	A1:	55,2 m ²
	A2:	53,3 m ²	A2:	55,2 m ²
	I alt:	106,6 m ²	I alt:	110,4 m ²
Areal – nye badeværelser			A1:	2,1 m ²
			A2:	2,1 m ²
Opvarmningsform	Centralvarmeanlæg (nedslidt)		Fjernvarme	
Anslået energiforbrug til opvarmning			364 MJ/år/m ²	
Tilstand før renovering	Køkkener og bitrapper var nedslidte. Køkkener var for små til, at badeværelser kunne etableres i midten af lejlighederne.			
Rumlig kvalitet	Bitrappe inddraget til køkken / spiseplads – ny tilbygning, mere lys, større rumlig kvalitet til opholds/spiseplads.			
Funktion	De nye badeværelser etableres i midten af lejlighederne ved at inddrage areal fra værelset mod gården. Dermed opnår man en meget funktionel planløsning med adgang til alle rum fra udvidet gang/entré. Der er i forbindelse med bitrappens nedrivning etableret ny brandsikker ståltrappe i hovedtrapperum. Der opnås god badeværelsesstørrelse og nye lys- og rummæssige kvaliteter i køkken/ophold ved en beskeden arealforøgelse af de i forvejen små lejligheder.			
Arkitektur	Den nye tilbygning på gårdfacaden er en let konstruktion med transparent lukning i glas og glasbyggersten og med aptering i stål. Nye, lette materialer, tilpasset de eksisterende ejendommers proportioner. Arkitektonisk tilskud, nyfortolkning af køkkentårnet.			
Fjernet	Bitrappetårn og køkkenfacade. Indvendige vægge, eksisterende køkken og wc, døre, bræddegulve og skorstene.			
Tilført	<i>Tilbygning</i> Understøtning, stålprofiler. Bærende konstruktion, stålprofiler. Præfabrikerede betondæk. Glas/alu-skydedørspartier / glasbyggersten. Værn, rustfrit, pulverlakeret stål. Indervægge, gips. <i>Ståltrappe</i> Svejst ståltrappe med vanger i kantvalset plade og stålbakke-trin. Gelænder og værn, hulplade i ramme. <i>Badeværelse</i> Let konstruktion med rustfri stål bund som vandtæt membran i gulv. Indervægge, gips. <i>Andre arbejder</i> Nyt køkken, nye ståltrapper, alle installationer udskiftet, centralvarmeinstallation, facaderenovering og vinduesudskiftning. Råd- og svampearbejder.			

Eksempel 2-B: Rolfsvej 6-8

Renoveringen omfatter tilføjelse af indeliggende badeværelse samt nyt køkken. For at skabe plads hertil inddrages eksisterende køkken og wc, samt bitrappe. Lejlighedernes effektive areal øges dermed en smule, da bitrappen inddrages.

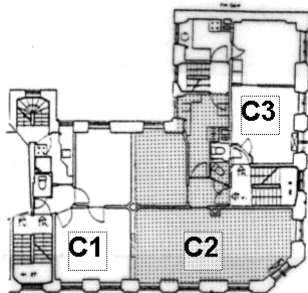
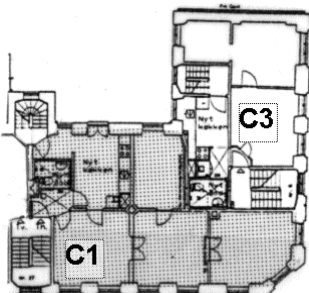
Tabel 12. Baggrundsoplysninger for eksempel 2-B.

	Før renovering	Efter renovering
Plan		
Etageareal	B1:	41,8 m ²
	B2:	41,8 m ²
	I alt:	83,5 m ²
Areal – nye badeværelser	B1:	40,1 m ²
	B2:	43,5 m ²
	I alt:	83,5 m ²
Opvarmningsform	Diverse: El, petroleum, gas og brænde	Fjernvarme
Anslået energiforbrug til opvarmning	558 MJ/år/m ²	
Tilstand før renovering	Køkkener var for små til at badeværelser kunne etableres i midten af lejlighederne.	
Rumlig kvalitet	Løsningen medfører ikke rumlige forbedringer i lejlighederne som sådan, den ene lejlighed bliver endog en smule mindre. De oprindelige rumstørrelser er dog bibeholdt.	
Funktion	Bitrappe inddraget til badeværelse i lejlighed B2, eksisterende toiletter inddraget til badeværelse i lejlighed B1 – i den ene lejlighed er adgangen til badeværelset dermed gennem køkkenet. Der er i forbindelse med bitrappens nedrivning foretaget brandisolering af hovedtrapperum, dvs. udskiftning af entrédøre til nye BD-30-entrédøre og reparationer af eksisterende puds på trapperumsvægge. Minimeret løsning i meget små lejligheder. Badeværelserne er knappe, men det er en kvalitet at de oprindelige rumstørrelser er bevaret.	
Arkitektur	Ejendommens oprindelige udtryk og arkitektur er bevaret, dog er vindueshullerne på bitrappetårnet halveret og nu placeret asymmetrisk og i etagehøjde.	
Fjernet	Bitrappe: Tag, flunker og vinduer. Indvendige vægge, eksisterende køkken og wc, entrédøre, bjælkelag, bræddegulve, skorstene.	
Tilført	Nye bitrappeflunker og tagkonstruktion, isoleret og beklædt med zink. Badeværelsesvinduer. Brandisolering af hovedtrapperum. Udskiftning af bjælkelag, køkken/bad.	
	<i>Badeværelse</i> Let konstruktion med rustfri stålbund som vandtæt membran i gulv. Indervægge, gips.	
	<i>Andre arbejder</i> Nye køkkener (ved rådkader), nyt tag, efterisolering af kviste, opmuring af brandkamme, facaderenovering, centralvarmeinstallation, installationer gået efter og udskiftet, mekanisk ventilation, forbrugsmåling. Råd- og svampearbejder.	

Eksempel 2-C: Howitzvej 27/Hospitalsvej 8 A/B

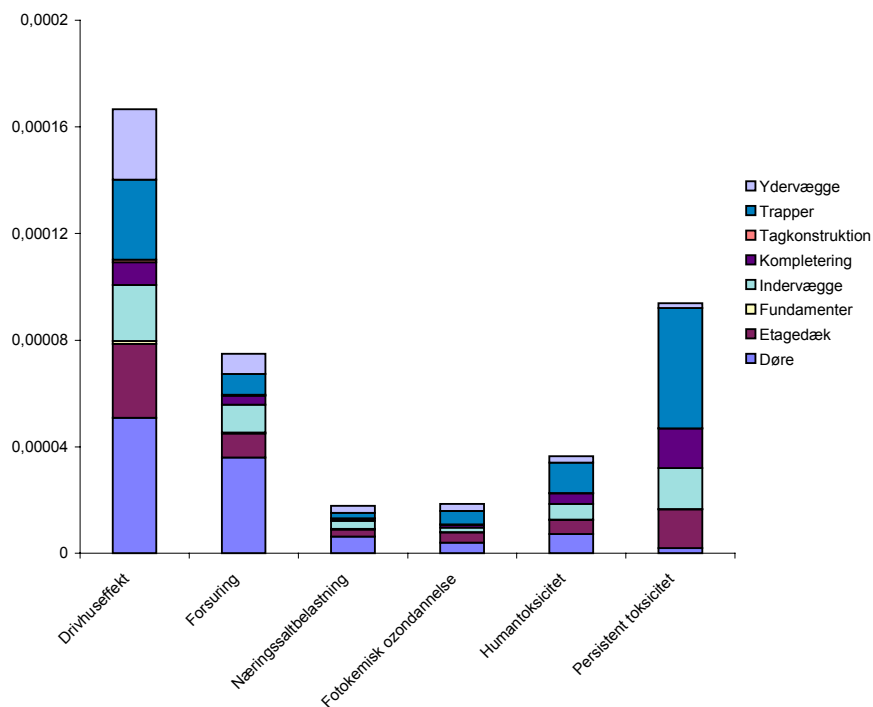
Renoveringen omfatter tilføjelse af indeliggende badeværelse og nyt køkken. For at skabe plads hertil sammenlægges tre mindre lejligheder til to større.

Tabel 13. Baggrundsoplysninger for eksempel 2-C.

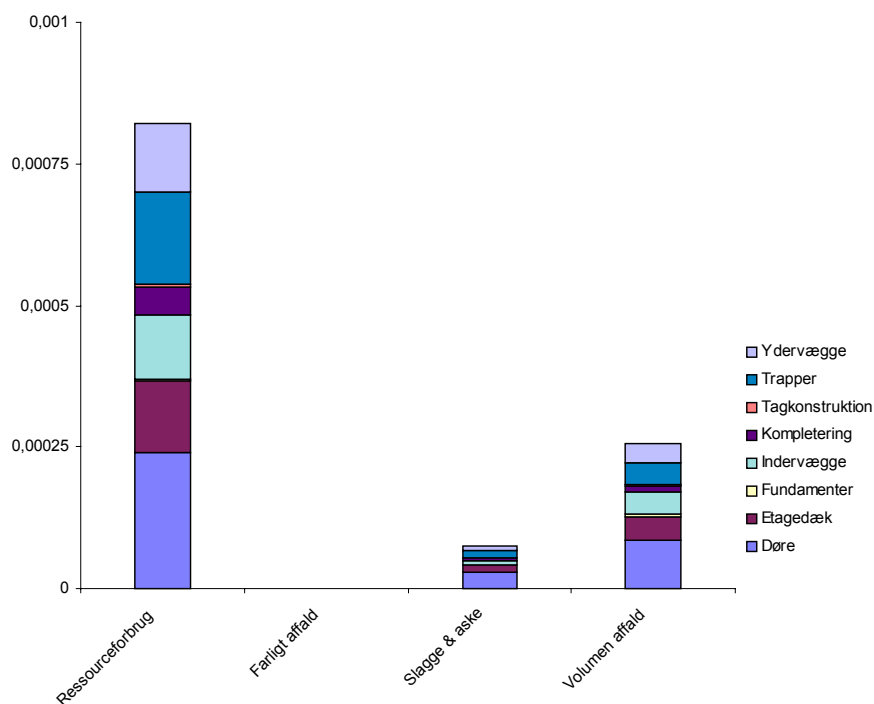
	Før renovering		Efter renovering	
Plan				
Etageareal	C1:	46,1 m ²	C1:	94,5 m ²
	C2:	68,2 m ²	C2:	-
	C3:	45,0 m ²	C3:	65,4 m ²
	I alt:	159,3 m ²	I alt:	159,9 m ²
Areal – nye badeværelser			C1:	2,3 m ²
			C2:	-
			C3:	2,7 m ²
Opvarmningsform	Diverse: Gas og petroleum		Fjernvarme	
Anslået energiforbrug til opvarmning			407 MJ/år/m ²	
Tilstand før renovering	Lejlighederne var for små til at etablere badeværelser.			
Rumlighedskvalitet	Sammenlægningen medfører større lejligheder, større køkkener og en rimelig størrelse badeværelser.			
Funktion	Lejligheden C3, der før var meget uhensigtsmæssig i sin planløsning er rumligt blevet væsentligt forbedret. Planløsningen i lejlighed C1 kan diskuteres, jf. de mange gennemgangsrum. Man har ved denne løsning beholdt bitrappe og dermed adgang til både gård og gade fra alle lejligheder. Ved i den ene lejlighed, 27 th., at inddrage det eksisterende soveværelse til køkken, opnås forbedrede rumlige og lysmæssige forhold. Udskiftning af vindue til fransk altan.			
Arkitektur	Ejendommens oprindelige udtryk og arkitektur er bevaret, dog med ændringer i gårdfacaden pga. nye franske altaner.			
Fjernet	Indvendige vægge, bjælkelag, bræddegulve, eksisterende køkken og wc, entrédøre, nedhængte lofter, vinduesbrystninger (nyt køkken), vinduer (nyt køkken), skorsten.			
Tilført	Udskiftning af bjælkelag, køkken/bad. Køkkenvinduer/franske altaner.			
	<i>Badeværelse</i> Tung konstruktion, beton på krydsfinér på bjælkelag. Indervægge, gips.			
	<i>Andre arbejder</i> Tagudskiftning, facadeafrensning, murværksreparationer. Udskiftning og istandsættelse af vinduer og udvendige døre. Fjernvarmeanlæg, udsugning fra badeværelser og køkkener, nye stigstrenger og faldstammer. Råd- og svampearbejder.			

Resultat af miljøvurderingen

Figurerne 9-14 viser miljøprofilerne for de tre renoveringseksempler. Det ses, hvorledes miljøeffekterne fordeler sig på de enkelte hovedbestanddele. I figurerne 15 og 16 er de tre renoveringseksempler sammenlignet.

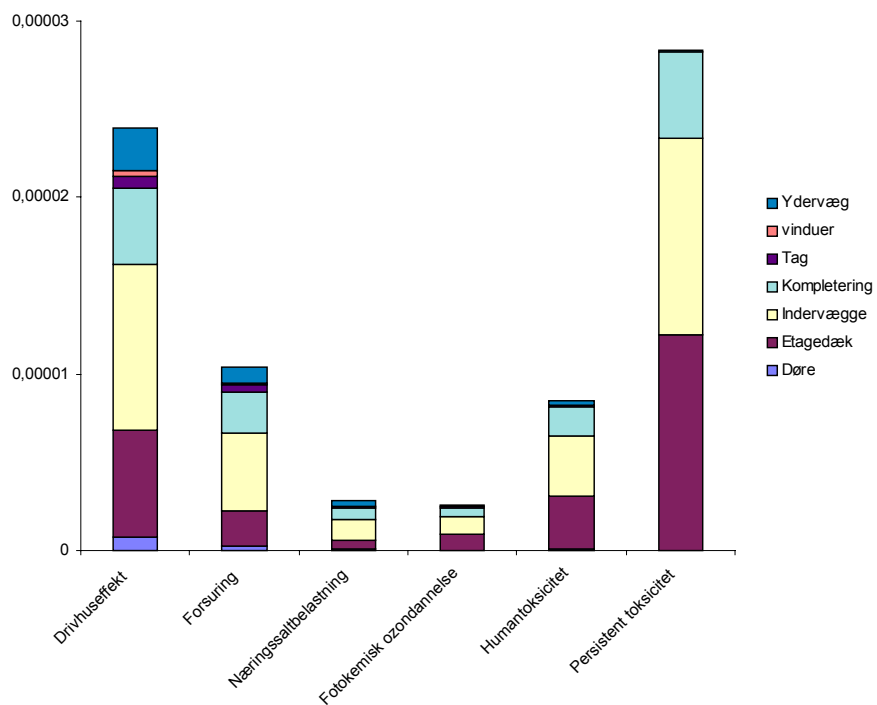


Figur 9. Miljøeffekter fra eksempel 2-A (ydre miljø).

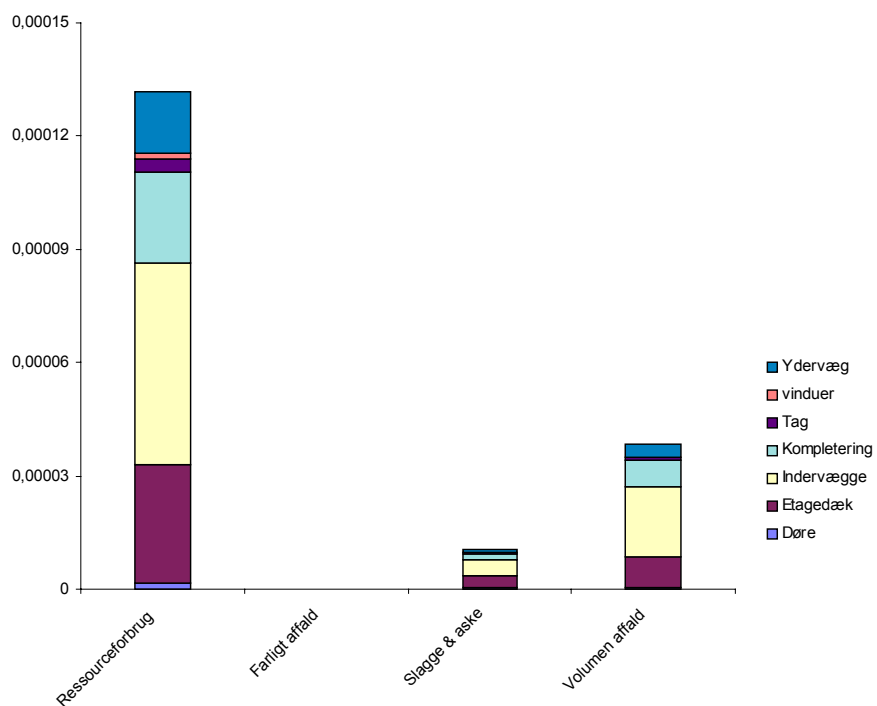


Figur 10. Miljøeffekter fra eksempel 2-A (ressourceforbrug og affald).

Eksempel 2-A er kendetegnet ved, at døre/ydervægge/facader og trappen bidrager særligt meget til miljøeffekterne. Disse er således tilsammen ansvarlige for ca. 75% af miljøeffekterne. Indervægge, etagedæk og komplettering er tilsammen ansvarlig for de sidste ca. 25%.

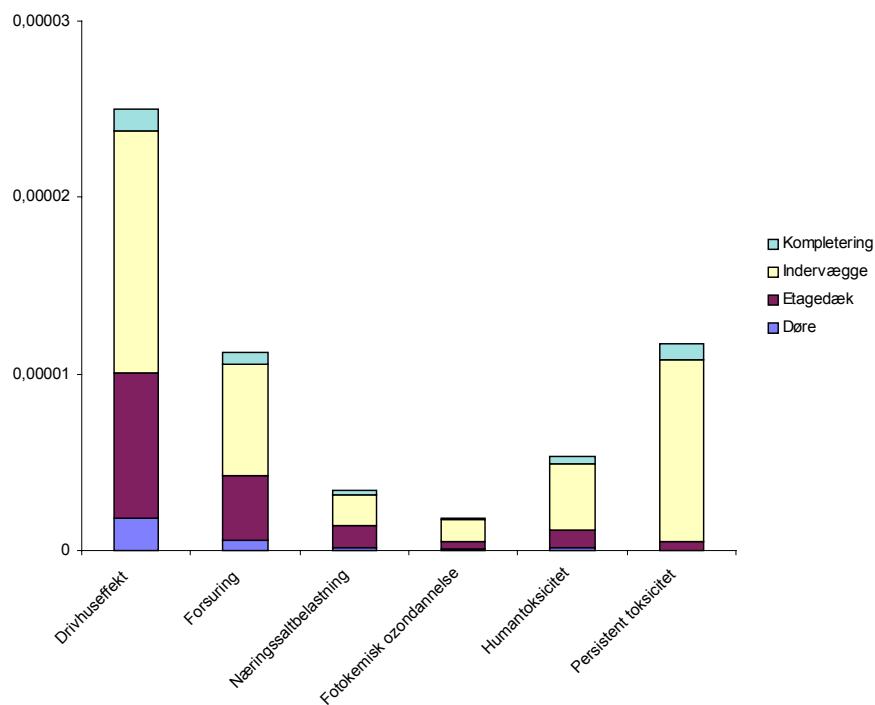


Figur 11. Miljøeffekter fra eksempel 2-B (ydre miljø).

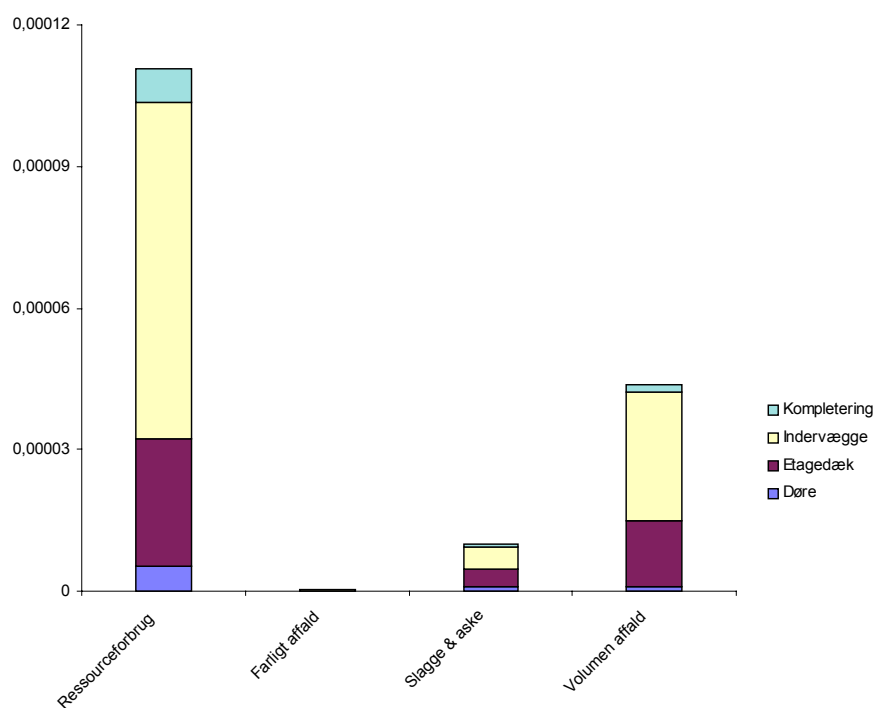


Figur 12. Miljøeffekter fra eksempel 2-B (ressourceforbrug og affald).

For eksempel 2-B forholder det sig stort set lige modsat eksempel 2-A, idet indervægge, etagedæk og komplettering her tilsammen bidrager med over 80% af miljøeffekterne.

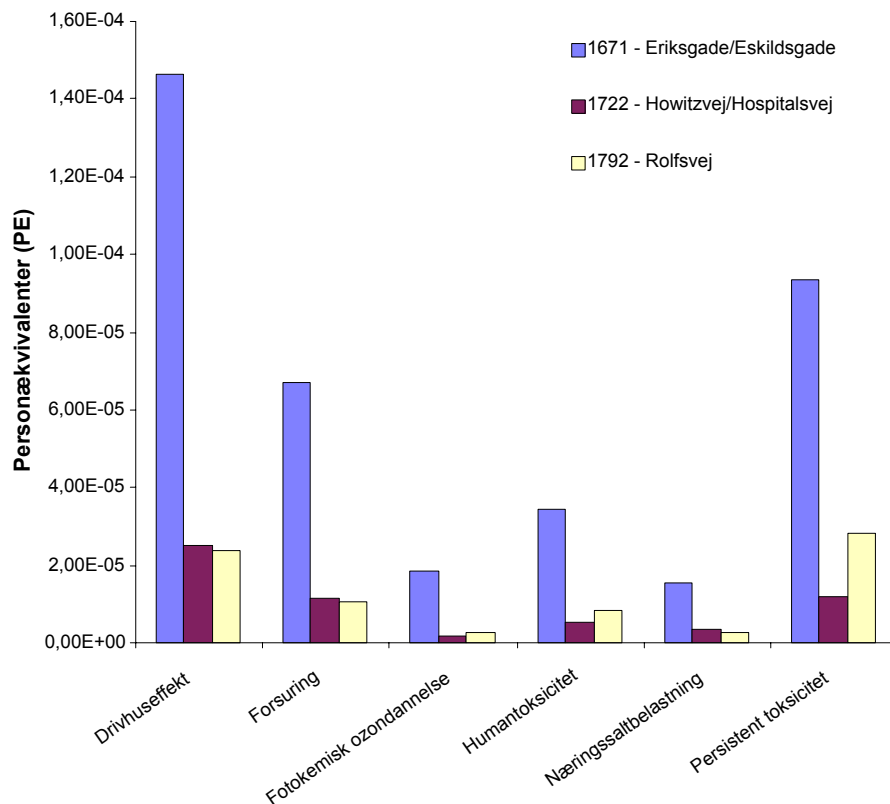


Figur 13. Miljøeffekter fra eksempel 2-C (ydre miljø).

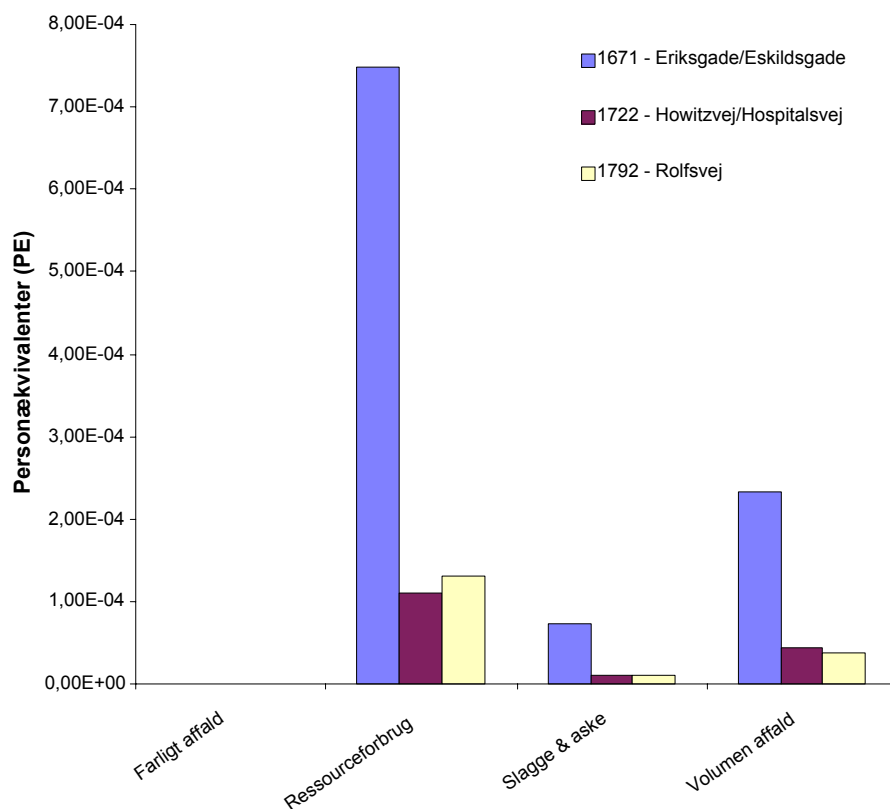


Figur 14. Miljøeffekter fra eksempel 2-C (Ressourceforbrug og affald).

For eksempel 2-C forholder det sig stort set lige som for eksempel 2-B, blot endnu mere udpræget, idet indervægge og etagedæk her tilsammen bidrager med 80-90% af miljøeffekterne. Heraf bidrager indervæggene med ca. 2/3 og etagedækkene med ca. 1/3.



Figur 15. Sammenligning mellem eksempel 2-A, 2-B og 2-C (ydre miljø).



Figur 16. Sammenligning mellem eksempel 2-A, 2-B og 2-C (ressourceforbrug og affald).

Som det ses af figurerne 15 og 16, giver eksempel 2-A anledning til langt større miljøeffekter end de to andre eksempler. Pga. tilbygningen indgår der i dette eksempel ikke overraskende flere og større mængder nye bygningsdele end i de andre.

Eksemplerne 2-B og 2-C giver stort set anledning til miljøeffekter af samme størrelse. Eksempel 2-B har den største andel af følgende miljøeffekter: Fotokemisk ozondannelse, humantoksicitet, persistent toksicitet (pga. mængden af galvaniseret stål), ressourceforbrug og slagge og aske, mens eksempel 2-C tegner sig for den største andel af drivhuseffekt, forsurening, næringssaltbelastning og volumenaffald.

Diskussion

I dette afsnit diskuteres de forhold, som har vist sig at kræve særlige overvejelser i forbindelse med energi- og miljøvurderinger ved renovering, herunder om pc-værktøjet BEAT 2000 umiddelbart kan anvendes til sådanne vurderinger. Den overordnede konklusion er, at det kan programmet, og at de begrænsninger der foreligger, i væsentlig grad er de samme, som begrænser anvendelsen i forbindelse med nybyggeri hvad angår funktionel enhed, repræsentationen af bygningsdele og tilgængeligheden af de nødvendige miljødata. Derimod er der i forbindelse med energi- og miljøvurderinger behov for at gøre sig særlige overvejelser om systemafgrænsning, repræsentationen af bygningsdele og fastsættelsen af levetider. Disse forhold kommenteres og diskuteres i det følgende.

Funktionel enhed

Et af de spørgsmål, som kan volde særlige problemer i forbindelse med sammenligning af forskellige renoveringsløsninger, er valg af funktionel enhed. I nybyggerieksemplet er det valgt at anvende en kvadratmeter som funktionel enhed vel vidende, at dette ikke nødvendigvis er et godt mål for bygningens og boligernes kvalitet. Energi- og miljøvurderingen skal altså suppleres med vurderinger af funktionalitet, byggeteknisk kvalitet med mere. I eksemplet om energibesparende løsninger var det relativt ligetil at sammenligne de energitekniske løsninger med tilsvarende traditionelle løsninger, medens det i eksemplet om tilbyggede/indbyggede badeværelse var noget vanskeligere. Her blev der på tre forskellige måder lavet nyt køkken og indbygget nyt bad og toilet i lejlighederne. Pladsen hertil blev fundet ved henholdsvis:

- Inddragelse af eksisterende køkken/toilet samt bitrappe, dvs. lejlighederne har efter renovering samme areal som før.
- Inddragelse af dele af køkken og øvrige rum i lejligheden, samt tilbygning af køkkentårn, dvs. lejlighederne har efter renovering et større areal.
- Sammenlægning af 3 små lejligheder til 2 større lejligheder, dvs. lejlighederne har efter renovering et større areal, men der er nu færre lejligheder i ejendommen.

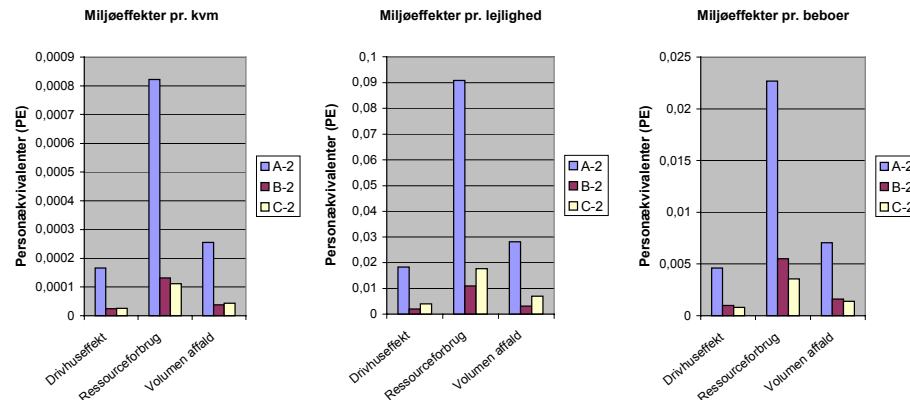
De tre løsninger involverer forskellige materialeforbrug og dermed miljøpåvirkninger. Det er imidlertid ikke umiddelbart indlysende, hvorledes disse tre løsninger kan sammenlignes. Der byder sig flere naturlige enheder at opgøre miljøbelastningen på, fx pr.:

- Ejendom
- Lejlighed
- Kvadratmeter
- Beboer.

Af disse er de første tre nemmest at håndtere, idet de umiddelbart lader sig måle/beregne. Den mest relevante funktionelle enhed er imidlertid antallet af beboere, som til gengæld ofte ikke kendes, da antallet af beboere kan ændres som følge af renoveringen. Øges lejlighedernes areal, vil lejligheder, der før var attraktive for enlige eller par, måske pludselig være attraktive for familier med børn. I eksempel 2-C, hvor det må formodes, at der før renovering tilsammen boede 3-4 personer i de tre lejligheder, kan der efter renove-

ring således bo så få som 2 personer eller så mange som 5-6 personer i de to nye lejligheder.

Af figur 17 fremgår de tre største miljøeffekter beregnet for tre forskellige funktionelle enheder; tendensen er den samme for de øvrige miljøeffekter. Skønnes antallet af beboere i eksempel 2-A, 2-B og 2-C efter renovering at være henholdsvis 4, 2 og 5, findes, uanset funktionel enhed, at eksempel 2-A miljømæssigt set er det dårligste alternativ. Dog er forskellen på eksempel 2-A og de øvrige to alternativer ca. en faktor 10, hvis miljøeffekterne beregnes på kvadratmeter og pr. lejlighed, mens den kun er ca. en faktor 5, hvis den beregnes pr. beboer.



Figur 17. De tre største miljøeffekter beregnet for forskellige funktionelle enheder.

Sammenlignes eksempel 2-B og 2-C, er eksempel 2-B dårligst, hvis miljøeffekterne beregnes pr. kvadratmeter eller pr. beboer, men bedst hvis de beregnes pr. lejlighed. Ved løsninger, hvor miljøeffekterne er af nogenlunde samme størrelsesorden, kan valg af funktionel enhed således være meget væsentligt, og det bør derfor overvejes nøje.

Systemafgrænsning og fastsættelse af levetider

Såvel i praksis som i alle de her foretagne energi- og miljøvurderinger vil der oftest være tale om sammenlignende vurderinger, hvor det selvfølgelig ligesom ved nybyggeri er vigtigt, at de alternative løsninger, der sammenlignes, virkelig er sammenlignelige. Sammenlignende vurderinger indebærer til gengæld, at vurderingerne kan simplificeres ved alene at se på de bestanddele og processer i livsforløbet, som adskiller alternativerne.

For vurderinger af eksisterende bygninger betyder dette, at eksisterende bygningsdele kun indgår i meget beskedent omfang. De skal for det første kun vurderes, hvis de er fjernet eller ændret i et eller flere af alternativerne og ikke i andre. Hvis dette er tilfældet, skal de for det andet kun vurderes, hvad angår den fremtidige drift og vedligeholdelse, fordi alle andre processer i livsforløbet vil være ens.

Fastsættelse af levetider ved livscyklusorienterede energi- og miljøvurderinger er altid en udfordring, fordi disse ikke kan fastslås med sikkerhed. Ved vurdering af renoveringsprojekter kommer hertil, at levetiden kan variere betydeligt mellem eksisterende og nye bygningsdele, og at restlevetiden for en renoveret bygning eventuelt må skønnes kortere end for en tilsvarende ny bygning. Hertil kommer, at man ved renovering må vurdere, om restlevetiden for nogle af de eksisterende bygningsdele er så kort, at nogle af de bevarede eksisterende bygningsdele må forventes udskiftet inden for den periode, som vurderingen vedrører.

I den forbindelse er det også værd at bemærke, at dersom bygningen kan betragtes som udtjent, kan renoveringen ansues som genanvendelse. Dette indebærer, at såvel fjernede som bevarede bygningsdele betragtes

som restprodukter, og at det hidtidige livsforløb for de eksisterende bygningsdele derfor ikke bidrager til opgørelsen af miljøpåvirkninger for den renoverede bygning. Dette gælder tillige nybyggeri, som erstatter en nedrevet bygning, vel at mærke, hvis denne med rette kan betragtes som udtjent.

Betragtes bygningen eller væsentlige dele heraf ikke som udtjente, men af væsentlig værdi, skal de bygningsdele, som er i besiddelse af en restværdi, betragtes som biprodukter. Det indebærer, at disse bygningsdele bør tilskrives en andel af de miljøpåvirkninger, som har knyttet sig til bygningsdelens hidtidige livsforløb, uanset om bygningen nedrives eller ej. Andelen af miljøpåvirkningerne bør fastsættes under hensyn til 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).

I praksis vil disse sidste overvejelser om udtjenthed ikke have den store betydning, fordi det som tidligere nævnt alene kan være relevant at vurdere den fremtidige drift, vedligeholdelse og udskiftning af eksisterende bygningsdele. Betydningen af disse overvejelser ligger snarere i, at der kan være god grund til ikke at tillægge bygninger og bygningsdele en overdrevet lang levetid ved livscyklusorienterede energi- og miljøvurderinger.

Anvendelse af BEAT 2000

BEAT 2000 er et generelt værktøj, som i princippet bør kunne anvendes til miljøvurdering af bygninger, uanset om der er tale om nybyggeri eller renovering. Imidlertid har programmet hidtil kun været anvendt i forbindelse med nybyggeri og her primært til miljøvurdering af råhuset. Derfor har en væsentlig del af dette projekt bestået i at afprøve BEAT 2000 i forbindelse med renovering, for at vurdere:

- om det eksisterende datagrundlag er tilstrækkeligt, eller om der evt. anvendes andre materialer og bygningsdele ved renovering end ved nybyggeri
- om der optræder særlige forhold under renovering, som kræver ændringer i programmet.

Bygningsdele

Databasen indeholder data for et betydeligt antal bygningsdele i udførelser, som typisk anvendes ved nybyggeri i Danmark. Det var forventet, at disse ville være utilstrækkelige i forbindelse med renoveringsprojekter, idet der her ofte anvendes specielle byggetekniske løsninger. Eksemplerne med energibesparende løsninger viste sig her særligt problematiske, idet ingen af de energibesparende løsninger, der indgik heri, fandtes i databasen. Ikke overraskende var der derfor ingen af de typiske bygningsdele i databasen, som kunne anvendes i dette eksempel.

Årsagen hertil kan imidlertid ikke henføres til, at der specielt var tale om renovering. De betragtede energibesparende løsninger kunne lige så godt have været anvendt ved nybyggeri. De er imidlertid utraditionelle og fandtes derfor ikke i databasen, da denne indtil videre kun omfatter typiske bygningsdele, som anvendes i dansk byggeri.

I eksemplerne med tilbyggede/indbyggede badeværelser indgik mere traditionelle løsninger, herunder også flere bygningsdele, som allerede fandtes i databasen. Der indgik dog også et antal bygningsdele, som bedst kan beskrives som "supplerende bygningsdele", dvs. bygningsdele, som tilføjes til eksisterende bygningsdele. Disse anvendes typisk kun i forbindelse med renovering, og fandtes derfor ikke blandt de prædefinerede bygningsdele i databasen.

I ingen af de to eksempler var det således muligt at gennemføre en hurtig (grov) miljøvurdering af renoveringsprojekterne, baseret alene på prædefinerede typiske bygningsdele i databasen.

Databasen bør således suppleres, dels med data for typiske energibesparende løsninger (til brug både ved nybyggeri og renovering) og dels med særlige bygningsdele, som anvendes specielt ved renovering.

Byggematerialer

Databasen indeholder data for et betydeligt antal byggematerialer, som anvendes i dansk byggeri. Igen viste der sig specielt i eksemplerne med energibesparende løsninger væsentlige problemer. Heri indgik således et betydeligt antal materialer, som ikke (eller kun i meget begrænset udstrækning) anvendes i traditionelle bygningsdele, fx solceller og en række metaller og plasttyper, og som derfor ikke fandtes i databasen. Det var derfor vanskeligt at definere de manglende energibesparende løsninger i databasen, og det vil være nødvendigt i vidt omfang at udvide databasen med data for disse materialer før en miljøvurdering kunne gennemføres. De gennemførte miljøvurderinger er derfor grove.

Som for bygningsdelene kan problemerne her igen ikke henføres til, at der specielt var tale om renovering, idet de manglende materialer ikke anvendes specielt ved renovering.

I eksemplerne med tilbyggede/indbyggede badeværelser, som overvejende indeholder traditionelle byggematerialer, var datagrundlaget mere fuldstændigt. Det viste sig derfor relativt uproblematisk (men tidskrævende) at definere de manglende supplerende bygningsdele i databasen, idet de overvejende indeholdt materialer, som allerede fandtes i databasen. Der var således kun i begrænset omfang behov for nye materialedata.

I eksempel 1 var det kun muligt med stort besvær at gennemføre en grov miljøvurdering af de energibesparende løsninger. I eksempel 2 var datagrundlaget derimod tilstrækkeligt til, at der kunne gennemføres en rimelig miljøvurdering af de tre alternativer, selv om der også her måtte laves nogle tilnærmelser.

Generelt må datagrundlaget således siges at være tilstrækkeligt til, at der kan gennemføres miljøvurdering af mere traditionelle renoveringssager, hvor der typisk indgår de samme byggematerialer som ved nybyggeri, mens datagrundlaget er helt utilstrækkeligt til at gennemføre miljøvurderinger af mere utraditionelle renoveringssager, som fx energibesparende installationer.

Brugerflade og opgørelsesværktøj

Erfaringerne fra eksemplerne viste, at brugerflade og opgørelsesværktøj generelt fungerede hensigtsmæssigt, og der synes således ikke at være behov for at ændre eller tilpasse programmet til anvendelse ved miljøvurdering af renovering.

Det væsentligste problem bestod i, at det er tidskrævende at lave de nødvendige optællinger af mængder mv. og efterfølgende indtaste dem i databasen. Der blev derfor udtrykt ønske om, at programmet integreres med andre programmer på markedet, så fx styklister automatisk kan overføres fra CAD-programmer. Denne form for integration vanskeliggøres imidlertid af manglende standarder på området, og det er derfor vanskeligt at vurdere, i hvilket omfang det er muligt og realistisk.

I øvrigt viste eksemplerne, at brugerne generelt fandt BEAT 2000 logisk opbygget, brugervenligt og enkelt at anvende. I begge eksempler fik brugerne en introduktion og demonstration af ca. to timers varighed, hvorefter de uden væsentlige vanskeligheder selv kunne anvende programmet.

BEAT 2000 kan præsentere resultatet af en beregning på flere måder, dels som tabeller indeholdende mængder af råstoffer, som forbruges, og de emissioner, som udledes til luft, vand og jord, dels grafisk som normaliserede og vægtede miljøprofiler (stavdiagrammer). I miljøprofilerne er det ofte meget store antal råstoffer og emissioner omregnet til et betydeligt mindre antal miljøeffekter. Det kan imidlertid stadig være vanskeligt at tolke disse miljøprofiler, da de ikke altid er entydige, særligt for brugere uden erfaring

med livscyklus- og miljøvurdering. Det viste sig også at være et problem i dette projekt, idet begge brugere havde betydelige vanskeligheder og efterlyste hjælp og støtte til tolkningen. Det er imidlertid ikke et problem med BEAT 2000, men derimod et generelt problem med UMIP-metoden, idet den ikke resulterer i ét enkelt tal, men derimod et antal miljøeffekter, som skal vægtes indbyrdes. Et led i UMIP-metoden er netop denne indbyrdes vægtning, men denne del af metoden er endnu problematisk, idet vægtningsfaktorerne i teorien skal beregnes dels ud fra rent miljøfaglige vægtninger, dels ud fra holdningsprægede (politiske) forhold. Der foreligger imidlertid ikke på nuværende tidspunkt tilstrækkelig viden om de enkelte miljøeffekter til, at de tekniske vægtningsfaktorer kan fastlægges.

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 allokeres 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 planter blade og nåle og forsurer 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 nedknuses 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.

Næringssaltbelastning

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 sværtnedbrydelige, 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 forbrugere.

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

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

Økotoksicitet

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 Documentation 005: Energy and environmental assessment in connection with renovation

Environmental assessments were carried out for renovation projects that more energy saving measures than usual for renovation projects and also for more traditional renovation of small flats. These environmental assessments were carried out primarily with a view to test the suitability of the BEAT 2000 simulation program for energy and environmental assessments of renovation projects, but also with a view to clarify the importance of doing more comprehensive environmental assessments. BEAT 2000 tests will show whether the assessment tool should be changed to include renovation projects and also if the tool's database should be extended with specific materials and building elements used in renovation. Experience gained on the project shows that environmental assessment of renovation projects does not in principle differ from assessments of new building. Further data need to be collected, especially in relation to new and not commonly used energy-saving solutions and the selected materials. These are characterised by occurring not only in connection with renovation but also with new buildings where they can generally be used.

It may be added that an extended database including materials for new and not commonly used energy-saving solutions will facilitate environmental assessment of most traditional plumbing and electrical installations as the same materials are extensively used. They can also be used in connection with renovation and new building.

Moreover the database should be extended to include a number of typical building elements used for renovating. However, it should be expected that new and not commonly used building elements will be used in connection with renovation, their use dictated by specific physical conditions of old houses. Therefore it will be impossible to establish a database of building elements for renovation that will be as comprehensive as building elements for new buildings.

It will often be necessary for the user himself to define the necessary building element to be used in renovation and this is the reason why environmental assessment in renovation in general can be expected to be more time consuming than new building.

The performed energy and environmental assessments show that energy consumption for operation and its environmental impact is the most important, but also energy and environmental assessments of production and waste management can be important to consider when selecting between new and not commonly used energy or building solutions.

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.

Petersen, E .H. (1997). *Livscyklusvurdering af bygningsdele: Anvendelse af LCA i byggebranchen, herunder håndtering af usikkerhed* (SBI-rapport 272). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Petersen, E. H. (2000). *BEAT 2000: Building environmental assessment tool. Et edb-værktøj til miljøvurdering af byggevarer, bygningsdele og bygninger*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Teknologisk Institut. (1999). *Livscyklusvurderinger: Analyse og vurdering af markedsførte solfangere i Danmark*. Taastrup: Teknologisk Institut, Sol Energi Center Danmark.

Traberg-Borup, S., & Grau, K. (1997). *Livscyklusbaseret bygningsprojektering: Database og brugervejledning* (SBI-rapport 278). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Wenzel, H., Hauschild, M., & Rasmussen, E. (1996). *Miljøvurdering af produkter*. Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Produktudvikling. København: Miljøstyrelsen, & Dansk Industri.

En afprøvning af pc-værktøjet BEAT 2000's viser, at BEAT 2000 er et velegnet værktøj, der umiddelbart kan anvendes til energi- og miljøvurdering af renoveringssager. BEAT 2000 er afprøvet dels på renovering med energibesparende foranstaltninger i form af solfangere, solvægge og ventilationsanlæg med varmegenvinding, dels på mere traditionel renovering af små, utidssvarende lejligheder. En udbygning af datagrundlaget, især for alternative energibesparende løsninger og de materialer, der indgår, vil kunne reducere tidsforbruget ved definition af de utraditionelle og usædvanlige bygningsdele, der optræder ved renovering.

1. udgave, 2001

ISBN 87-563-1080-3

ISSN 1600-8022