

Miljøprojekt Nr. 689 2002

Miljøvurdering af byggeri

Pernille Hedehus
NIRAS

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	6
1 INDLEDNING	11
1.1 FORMÅL MED PROJEKTET	11
1.2 PROBLEMSTILLING	12
1.3 AFGRÆNSNING	13
1.4 DISPONERING	13
2 MILJØRIGTIG PROJEKTERING	15
2.1 MILJØKORTLÆGNING	17
2.2 PRIORITERING AF MILJØPÅVIRKNINGER	17
2.3 MILJØMÅL	18
2.4 VIRKEMIDLER	18
2.5 MÅLOPFYLDELSE	18
3 MILJØKORTLÆGNING	20
3.1 SAMMENFATNING	20
4 PRIORITERING	22
5 MILJØMÅL	24
5.1 BAGGRUND FOR PRIORITERINGEN	24
5.2 KRAV TIL MILJØMÅLENE	25
5.3 MILJØMÅL PÅ EFFEKTER ELLER PÅVIRKNINGER?	26
5.4 MÅLENE DETALJERINGSGRAD	26
5.5 ENERGIFORBRUG	28
5.5.1 Miljømål for energiforbrug i driften	29
5.6 MATERIALEFORBRUG	31
5.6.1 Miljømål for materialeforbrug under fremstilling	32
5.7 INDEKLIMA	32
5.7.1 Miljømål for indeklima	34
6 VIRKEMIDLER	36
6.1 FORUDSÆTNINGER	36
6.2 METODIK	37
6.2.1 Totaløkonomiske vurderinger	37
6.3 KONFLIKTER OG SAMMENHÆNGE MELLEM VIRKEMIDLERNE	39
6.4 HELHEDSSYN	39
6.5 AFGRÆNSNING	39
6.6 ENERGIFORBRUG	40
6.7 INDEKLIMA	43
6.8 MATERIALEFORBRUG	47
7 MÅLOPFYLDELSE	50
7.1 OVERVEJELSER	50
7.1.1 Virkemidlernes tilpasning til målet	50
7.1.2 Referencer for målopfyldelsen	52
7.2 METODIK FOR VURDERING AF MÅLOPFYLDELSEN	54
7.2.1 Vurdering af målopfyldelsen	55

7.2.2	Verificering af målopfyldelsen	57
7.2.3	BEAT	59
7.3	ENERGIFORBRUG	60
7.3.1	Energiforbrug mål 1	61
7.3.2	BEAT-beregninger	63
7.3.3	Energiforbrug mål 2	70
7.3.4	Samlet målopfyldelse for energiforbruget	71
7.4	INDEKLIMA	71
7.4.1	Indeklima (luftkvalitet) mål 1	71
7.4.2	Indeklima (luftkvalitet) mål 2	72
7.4.3	Indeklima (luftkvalitet) mål 3	73
7.4.4	Indeklima (luftkvalitet) mål 4	73
7.4.5	Indeklima (luftkvalitet) mål 5	74
7.4.6	Indeklima (luftkvalitet) mål 6	75
7.4.7	Indeklimamål (Lys) mål 1	76
7.4.8	Indeklimamål (Lys) mål 2	76
7.4.9	Samlet målopfyldelse for indeklimaet	76
7.5	MATERIALER	77
7.5.1	Materialeforbrug mål 1	77
7.5.2	Materialeforbrug mål 2	78
7.5.3	BEAT-beregninger	80
7.5.4	Samlet målopfyldelse for materialeforbruget	82
	SAMLET MÅLOPFYLDELSE FOR EKSEMPELBYGGERIET	82
8	ANVISNING FOR UDVÆLGELSE AF VIRKEMIDLER UD FRA TOTALØKONOMI OG MÅLOPFYLDELSE	83
9	MILJØDEKLARERING	84
9.1	METODE TIL MILJØVURDERING AF BYGNINGER	84
9.2	KRAV TIL MILJØDEKLARERINGER	84
9.3	OPLYSNINGER I MILJØDEKLARATIONER	85
9.4	KONTROL	86
10	REFERENCER	87

Forord

Rapporten indeholder en metode til systematisk miljøvurdering af virkemidler i byggeri, samt en anvisning til valg af virkemidler ud fra såvel totaløkonomi som miljøhensyn.

Rapporten er blevet til i et samarbejde mellem By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut og NIRAS, Rådgivende ingeniører A/S med støtte fra Miljøstyrelsen.

Rapporten er udarbejdet af Pernille Hedehus, NIRAS.

Følgegruppen for projektet bestod af :

- Lone Kielberg, Miljøstyrelsen
- Jens Martin Eiberg, BPS
- Erik Christophersen, By og Byg
- Claus Pilvang, NIRAS

Der har desuden været etableret en "nærgruppe", der mere detaljeret har diskuteret rapportens emner. Denne har bestået af :

- Jørn Dinesen, By og Byg
- Klaus Hansen, By og Byg
- Ebbe Holleris Petersen, By og Byg,
- Anders Kirk Christoffersen, NIRAS.

Rapporten er færdiggjort i april 2001.

Sammenfatning og konklusioner

I projektet er udviklet en metode til miljøvurdering af virkemidler i byggeri. Metoden kan dels bruges til vurdering af, hvor godt et enkelt virkemiddel bidrager til at opfylde et miljømål, der er stillet i et byggeprojekt. Dels kan metoden anvendes til at vise, hvor godt den samlede målopfyldelse er for den kombination af virkemidler, der ønskes taget i anvendelse i et byggeprojekt.

Da de totaløkonomiske vurderinger endvidere inddrages, har man et værktøj, der kan anvendes til at sortere i mulige virkemidler, således at man får mest miljø for pengene.

Baggrund for projektet

Miljørigtig projektering bliver i stadig stigende grad efterspurgt. Bygherrerne er trendsættere i den forstand, at de kan stille miljøkrav og efterspørge miljøvenlige produkter, konstruktioner og drift - i det hele taget en miljøvenlig ydelse i forbindelse med et byggeprojekt.

Bygherrens rådgivere skal derfor bl.a. være klædt på til at kunne rådgive omkring og formulere disse krav, således at de er brugbare for de øvrige parter i byggeprocessen. De projekterende skal finde på nye løsninger, for at byggeriet kan opfylde de stillede krav. Endelig skal byggevareproducenten kunne levere varer, der opfylder kravene, bl.a. om lavt energiforbrug til fremstilling eller krav til indholdsstofferne.

De praktiske eksempler i dette projekt skal derfor bidrage til den udvikling, der er i gang, for at miljøhensyn i byggeprocessen bliver en selvfølge, der medtages rutinemæssigt, som det f.eks. nu er tilfældet for kvalitetssikring.

Implementeringen af miljøhensyn i byggeriet er en stadig proces, hvor forståelse for og anvendelse af systematikkerne er i fortsat udvikling, og hvor behov for nye værktøjer løbende viser sig.

Det er derfor relevant at udarbejde flere eksempler på, hvordan miljøhensyn indarbejdes i byggeprojekter i praksis.

En sådan konkretisering/eksemplificering af de resultater, som Håndbog i miljørigtig projekterings systematikker kan resultere i, vil medvirke til at øge forståelsen for håndbogens værktøjer, og således i en overgang, indtil anvendelsen af håndbogens principper er blevet rutine for de projekterende og bygherrer, virke som inspiration i projekteringsarbejdet - særligt i de tidlige projekteringsfaser.

Ved afslutning af et bygge- eller anlægsprojekt er det ofte svært at se, om bestræbelserne har nyttet. Betød den miljørigtige projektering, at byggeriet blev mere miljøvenligt? Nåede vi de miljømål, der var sat?

Det er vigtigt med operationelle løsninger, der kan gennemføres ud fra tilgængelige data, og som uden en enorm arbejdsindsats kan give et rimeligt seriøst resultat at arbejde videre på, og som måske i praksis er vigtigst. Dette

er baggrunden for at videreudvikle de nuværende værktøjer til miljørigtig projektering og miljøvurdering af byggeri.

Projektets indhold

Der er i projektet brugt et konkret byggeri som eksempel for at kunne gennemføre en realistisk miljøkortlægning, opstilling af miljømål m.m. Eksempelbyggeriet har indflydelse på de valg og prioriteringer, der er foretaget, men ikke på selve anvendelsen af metoderne.

Der gennemføres en kortlægning af byggeriet, prioritering af miljøpåvirkningerne ud fra effekternes farlighed, og der opstilles miljømål. Endvidere bliver der med udgangspunkt i eksempelbyggeriet valgt virkemidler til opfyldelse af miljømålene.

Der vises desuden en metode til vurdering af målopfyldelsen, dels for de enkelte virkemidler, dels for hele byggeprojektet. Hvor gode var de projekterende til at finde løsninger, der kunne nedbringe de relevante miljøbelastninger?

Graden af målopfyldelse for et enkelt virkemiddel bestemmes og indgår som en vigtig faktor i beslutningsgrundlaget for valget af virkemidler sammen med andre faktorer, f.eks. økonomi, leveringstid.

Hvordan udvælger man de virkemidler, der skal tages i anvendelse? Ved valg af virkemidler vil der i praksis altid være et økonomisk element. Der vises i projektet en metode til totaløkonomiske vurderinger af virkemidler.

Vurderingen af målopfyldelsen sammen med den totaløkonomiske vurdering er et godt værktøj til valg af virkemidler.

Stærkt værktøj

Metoden til vurdering af målopfyldelsen og derved muligheden for også systematisk at kunne vælge ud fra miljøhensyn er et vigtigt værktøj i miljøindsatsen i projekteringen.

Sammenkædes dette med vurderinger af totaløkonomien, er værktøjet tilstrækkeligt til at foretage et valg mellem mulige virkemidler, således at man får opfyldt de stillede miljømål samtidig med, at man har styr på de økonomiske konsekvenser. Da metoden samtidig er enkel, er det et stærkt værktøj til at hæve miljøstandarden i nybyggeri og renovering.

Metodens målgruppe er arkitekter og ingeniører, der skal afgøre, hvilke miljøtekniske virkemidler, der skal indarbejdes i et byggeprojekt.

Der opstilles mål for miljøpåvirkningerne

Miljøpåvirkninger og miljøeffekter er af forskellig beskaffenhed. Miljøpåvirkningerne skaber små, store eller måske slet ingen problemer. Miljøeffekterne er det egentlige problem. Miljøeffekterne er skaderne! Ved opstilling af miljømål, skal det bestræbes at nedbringe effekterne - altså mindske skaderne.

Målene kan rette sig mod effekterne eller mod påvirkningerne. Man kan sige, at den direkte måde er at opstille mål for nedbringelsen af effekterne, og at det vil være en indirekte måde at opstille mål for miljøpåvirkningerne og dermed skrue på effekterne.

I tillæg er det også nemmere at kontrollere målopfyldelsen, når målene drejer sig om påvirkninger, end om effekter. F.eks. kan man måle et fald i CO₂-ind-

holdet i et afkast, men ikke registrere et fald i drivhuseffekten, der skulle modsvare den pågældende ændring. Tilsvarende med forsurening, økotoksicitet, nærings saltbelastning, knaphed på ressourcer m.m.

Miljømålene er derfor udformet således, at de stiller krav til miljøpåvirkningerne, selv om det egentlige problem er effekterne. De miljøpåvirkninger, hvortil der formuleres miljømål, er naturligvis udvalgt ud fra miljøeffekternes alvorlighed.

Målene skal være generelle men målbare

Overgangen fra miljømål til virkemiddel er glidende, da en specificering af miljømålene vil lede til et valg af virkemiddel.

Det er bedst at udarbejde miljømålene så generelle som muligt (men stadig målbare) for at lade flere muligheder stå åbne til beslutning senere i processen/projekteringen. Der vil således være frit spil i valgene af virkemidler, og man har ikke på forhånd fraskrevet sig muligheder for at nedbringe miljøpåvirkningen på en bestemt måde.

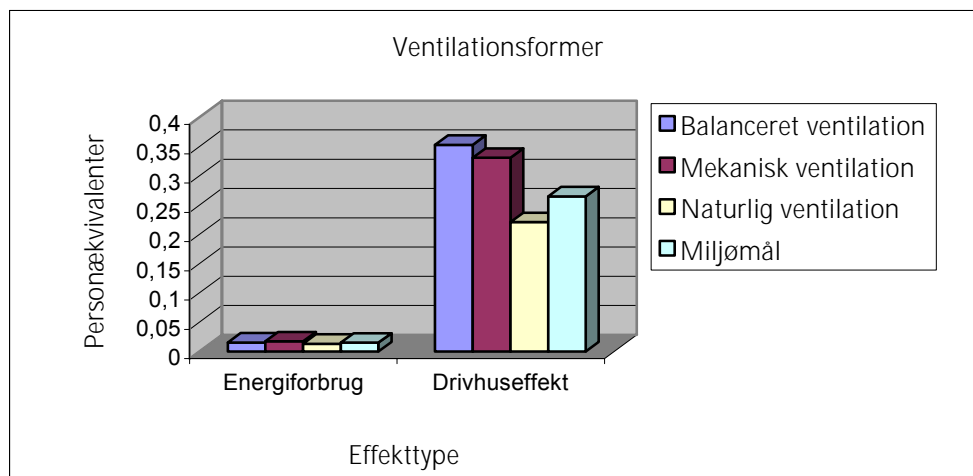
Der er opstillet miljømål til energiforbruget i drift, indeklimaet og materialeforbruget, som er de miljøpåvirkninger, der er prioriteret på baggrund af den gennemførte miljøkortlægning.

Beregningsresultater

Ud fra kortlægningen er miljøpåvirkningerne energiforbrug, indeklima og materialeforbrug prioriteret, og der er opstillet miljømål for disse.

Der er blandt andet gennemført beregninger med BEAT (By og Bygs Edb-værktøj til miljøvurdering) på udvalgte virkemidler til nedsættelse af energiforbruget. Det drejer sig om forskellige kombinationer af ventilationsløsninger, lavenergivinduer, lavenergi-ventilationsenheder samt bevægelsesfølere. Ventilationsløsningerne spænder fra naturlig ventilation til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Resultatet af de gennemførte BEAT-beregninger på forskellige ventilationsformer er vist herunder. Miljøeffekterne - energiforbrug og drivhuseffekt - er beregnet på baggrund af el- og varmeforbruget ved forskellige ventilationsformer.

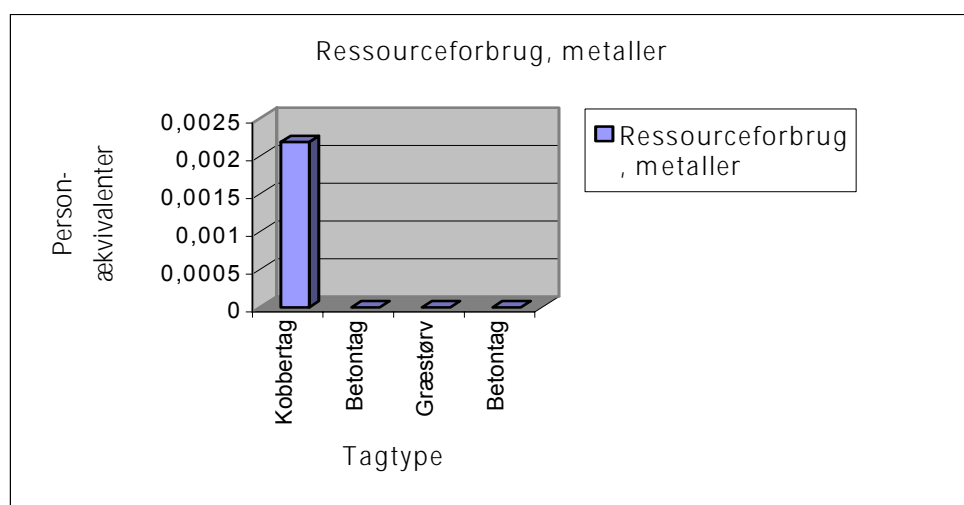


Desuden er der sammenlignet med BV98-beregninger (By og Bygs beregningsværktøj til varmetabsvurdering) og BEAT-beregninger på forskellige

kombinationer af lavenergiruder og varmegenvinding. Det viser sig, at der ikke er sammenhæng mellem det forbrug, man får ved BV98 og resultatet af BEAT-beregningerne. Hvis man optimerer i forhold til BV98-beregninger, vil det lede til et andet valg, end hvis man optimerer på miljøeffekterne. BV98 vil vise, at en løsning med lavenergivinduer og varmegenvinding vil være at foretrække. BEAT-beregningerne, der tager hensyn til miljøeffekterne for de forskellige miljøeffekter (energiforbrug og drivhuseffekt), vil pege på en løsning med lavenergiruder, men uden varmegenvinding, som den mest optimale.

Den valgte løsning på eksempelbyggeriet - hybrid ventilation (balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding sammen med naturlig ventilation) og bevægelsesfølere - overholder de opstillede miljømål.

Der er desuden gennemført BEAT-beregninger på materialeressourceforbruget (metaller) på forskellige typer af tagbelægninger. Resultatet er vist herunder.



BEAT-værktøjet er ikke egnet til beregninger på indeklimaforhold.

Indeklima er ikke en "grundmiljøpåvirkning". Derfor er det, for at opstille miljømål, nødvendigt at splitte indeklimaet op i "underpåvirkninger", f.eks. lys eller luftkvalitet. Disse "underpåvirkninger" kan opdeles i endnu et niveau, hvortil der kan opstilles miljømål.

Der vil typisk skulle opstilles flere miljømål for at dække indeklimaet, end for f.eks. energiforbruget. Det er på grund af indeklimaets sammensatte natur, og ikke fordi indeklimaet er vigtigere end de andre miljøpåvirkninger.

Mangel på referencer for materialeforbrug i byggeri

Der eksisterer ikke opdaterede tal for materialeforbruget i byggeri i Danmark. Der er derfor heller ikke opgørelser for forbruget af knappe materialeressourcer. Desuden er det meget svært at få oplysninger om forbruget af knappe materialeressourcer i et aktuelt byggeri. Mange byggevarer indeholder såvel metaller som plast, uden at det er muligt nøjagtigt at opgøre mængderne i et byggeri.

Ud fra miljøhensyn er knappe ressourcer en overordentlig relevant parameter at kunne måle på. Det vil sige, at det er væsentligt såvel at vide, hvad der bruges i det enkelte byggeri eller i den enkelte byggevarer som i byggeriet generelt.

Er det overhovedet realistisk at opstille miljømål for materialeforbruget, når der hverken er lettilgængelige referencer eller gode muligheder for at opgøre forbruget i et byggeri.

Anvisning på udvælgelse af virkemidler

Der er i projektet givet en anvisning til systematisk valg af virkemidler ud fra vurderingen af målopfyldelsen og totaløkonomiske vurderinger. Anvisningen er opstillet ud fra en holdning om at "få mest muligt miljø for pengene". Alt, hvad der på totaløkonomien er vurderet til at være dyrere end den traditionelle løsning, fravælges derfor i første omgang. Virkemidler, der i totaløkonomien er vurderet til at være billigere end den traditionelle løsning, vælges, hvis det også bidrager til opfyldelse af miljømålene. Der vælges virkemidler, indtil miljømålet er opfyldt. Til systematisk udvælgelse kan anvendes nedenstående skema.

Hvis man har medtaget alle tænkelige virkemidler, uden at målopfyldelsen er nået, kan man blive nødt til at konstatere, at det ikke er muligt at opfylde det stillede miljømål. Der vil så i givet fald foreligge en dokumentation over, hvad man har forsøgt for at opfylde det pågældende miljømål.

<i>Byggeprojekt:</i>			<i>Miljøpåvirkning:</i>					
<i>Forventet levetid:</i>			<i>Livscyklusfase:</i>					
<i>Miljømål:</i>								
Valgte virkemidler	Fravalgte virkemidler	Virkemidler	Mål opfyldelse		Totaløkonomi			
			Vurdering	Bemærkninger	Etablering	Drift	Bortskaffelse	I alt

1 Indledning

Miljørigtig projektering bliver i stadig stigende grad efterspurgt. Bygherrerne er trendsættere i den forstand, at de kan stille miljøkrav og efterspørge miljøvenlige produkter, konstruktioner og drift - i det hele taget en miljøvenlig ydelse i forbindelse med et byggeprojekt.

Bygherrens rådgivere skal derfor bl.a. være klædt på til at kunne rådgive omkring og formulere disse krav, således at de er brugbare for de øvrige parter i byggeprocessen. De projekterende skal finde på nye løsninger, for at byggeriet kan opfylde de stillede krav. Endelig skal byggevarereproducenten kunne levere varer, der opfylder kravene, bl.a. om lavt energiforbrug til fremstilling eller krav til indholdsstofferne.

Alle parter skal derudover kunne dokumentere deres arbejde.

Vi er nu i en periode, hvor de forskellige parter er ved at sætte sig i stand til at kunne levere den krævede vare - den " miljøvenlige ydelse".

De praktiske eksempler i dette projekt skal derfor bidrage til den udvikling, der er i gang, for at begrebet miljørigtig projektering bliver en selvfølge, der medtages naturligt/rutinemæssigt, som det f.eks. nu er tilfældet for kvalitetssikring.

1.1 Formål med projektet

Implementeringen af miljøhensyn i byggeriet er en stadig proces, hvor forståelse for og anvendelse af systematikkerne er i fortsat udvikling, og hvor behov for nye værktøjer løbende viser sig.

Håndbog i Miljørigtig Projektering (BPS-centret, 1998) er en grundig og detaljeret beskrivelse af, hvordan miljøhensyn kan inddrages i projekteringen. Informationsmængden og præsentationen betyder dog, at der er behov for en operationalisering, for at principperne skal blive brugt i en bredere kreds. Det er derfor relevant at udarbejde flere eksempler på anvendelse af miljørigtig projektering i praksis.

En sådan konkretisering/eksemplificering af de resultater, som håndbogens systematikker kan resultere i, vil medvirke til at øge forståelsen for håndbogens værktøjer, og således i en overgang, indtil anvendelsen af håndbogens principper er blevet rutine for de projekterende og bygherrer, virke som inspiration i projekteringsarbejdet; særligt i de tidlige projekteringsfaser. Dette er baggrunden for at videreudvikle de nuværende værktøjer til miljørigtig projektering og miljøvurdering af byggeri.

Nærværende projekt behandler 3 overordnede emner:

- Afprøvning af BEAT 2000.
- Gennemførelse af miljøberegninger på relevante virkemidler, således at miljøforholdene kan sammenlignes og vurderes.
- Kommentering/viderebearbejdning af By og Bygs oplæg til miljødeklareringer.

Hovedvægten er lagt på at beskrive og afprøve en metode til miljøvurdering af virkemidler.

Arbejdsprocessen i miljøkortlægningen og opstilling af miljømål og virkemidler beskrives gennem et eksempel.

Anvendelsen af BEAT på de relevante virkemidler og resultatet af beregningerne skal formidles som brugervenlige miljøvurderinger med en klar tilkendegivelse af, hvordan de enkelte virkemidler tilgodeser miljøet.

1.2 Problemstilling

Når der gennemføres miljørigtig projektering på et byggeprojekt, bliver der opstillet en række miljømål, der, hvis de opfyldes, vil betyde, at miljøbelastningen for det aktuelle byggeri begrænses. Miljømålene vælges, så de begrænser de væsentligste miljøbelastninger. Men hvordan ved vi, at vi har valgt rigtigt?

Ved afslutning af et projekt er det ofte svært at se, om bestræbelserne har nyttet. Betød den miljørigtige projektering, at byggeriet blev mere miljøvenligt, end det ellers ville have været? Næde vi miljømålene?

Der er ikke på nuværende tidspunkt en generel metode til vurdering af målopfyldelsen. Samtidig er der ikke i normalt byggeri mulighed for at investere meget i vurdering og opgørelse af miljøforhold. Det er derfor vigtigt med operationelle løsninger, der kan gennemføres ud fra foreliggende data eller data, der er forholdsvis ukomplicerede at skaffe, og som uden en enorm arbejdsindsats kan give et rimeligt seriøst resultat at arbejde videre på, og som måske i praksis er vigtigst.

Der er i projektet brugt et konkret byggeri som eksempel. Det er et skolebyggeri på Sjælland, men det kunne være et hvilket som helst andet byggeri. Der er valgt et eksempelbyggeri for at kunne gennemføre en realistisk miljøkortlægning, opstilling af miljømål m.m. Eksempelbyggeriet har indflydelse på de valg og prioriteringer, der er foretaget, men ikke på selve anvendelsen af metoderne.

I projektet vises en generel metode til kortlægning af et byggeri. Der vises, hvordan man prioriterer miljøpåvirkningerne ud fra effekternes farlighed, og hvordan der opstilles miljømål. Endvidere bliver der med udgangspunkt i eksempelbyggeriet valgt virkemidler til opfyldelse af miljømålene.

Der vises desuden en metode til vurdering af målopfyldelsen, dels for de enkelte virkemidler, dels således at der som afslutning på et byggeprojekt kan vurderes, i hvor høj grad de opstillede miljømål blev imødekommet. Hvor gode var de projekterende til at finde løsninger, der kunne nedbringe de relevante miljøbelastninger?

Endelig kommenteres miljødeklarering af et byggeri med udgangspunkt i By og Bygs oplæg til miljødeklareringer (Vurdering og deklarering af en bygnings miljømæssige egenskaber. By og boligministeriet, Jørn Dinesen, Klaus Hansen). Miljødeklareringen er en måde at vise miljøkvaliteten af et byggeri.

Der er ikke én rigtig måde at foretage miljørigtig projektering på. Vurderingerne er forskellige fra byggeri til byggeri på grund af forskellig placering, anvendelse, brugere og politiske og sociale forhold. Her vises et eksempel på miljø-

rigtig projektering, fulgt hele vejen fra kortlægning til vurdering af målopfyldelsen og de overvejelser og vurderinger, der skal foretages og diskuteres. Det at følge processen kan hjælpe til at arbejdet bliver mere håndgribeligt, også for helt anderledes projekter.

1.3 Afgrænsning

Konklusionerne i rapporten bygger på foreliggende data. Der er ikke indsamlet data for materialer eller byggevarer, men eksisterende data er brugt.

Som reference har det været småt med data. Forelå slet ingen data (f.eks. for materialeforbrug for bygningskategorien), er der anvendt de data, der kom tættest på virkeligheden. Der er løbende gjort opmærksom på de forhold, hvor der er gjort tilnærmelser eller antagelser. Er de eksisterende data ikke opdaterede, er der gjort opmærksom herpå, og der er givet en vurdering af, hvorvidt det er realistisk at anvende disse til sammenligning.

I miljøvurderingerne vil der altid være en vis usikkerhed. Derfor er strengt nøjagtige data ikke en absolut nødvendighed.

Der arbejdes kun videre med de væsentligste miljøpåvirkninger, dvs. at der kun opstilles miljømål m.m. for dem. Det betyder ikke, at de andre miljøpåvirkninger er uvæsentlige, blot at de ikke er prioriteret i dette projekt. Ved projekteringen og i byggeriet skal der dog stadig bruges sund fornuft, også i forhold til de øvrige miljøpåvirkninger.

I projektet har vi anvendt et skolebyggeri som eksempel. Miljøkortlægningen og prioriteringen er foretaget efter, at byggeriet var påbegyndt, og har derfor ikke haft indflydelse på det endelige resultat. De projekterende har derfor ikke haft de her opstillede miljømål for øje, da der blev valgt materialer, konstruktioner m.v. De projekterende kan derfor heller ikke stilles til regnskab for målopfyldelsen.

1.4 Disponering

Nedenstående skema viser elementerne i miljørigtig projektering samt miljødeklarering, og illustrerer relationen mellem beregningsværktøj, vurdering, dokumentation og præsentation af indsatsen.

<i>Procedurer</i>	<i>Baggrund</i>	<i>Formål</i>	<i>Resultat</i>
Miljøkortlægning	Oplysninger om mulig lokalitet, form, funktion, teknik og materialer	Finde de potentielle miljøpåvirkninger	Kortlægning af potentielle miljøpåvirkninger
Prioritering af miljøpåvirkningerne	Miljøkortlægningen, politik, ønsker, krav, begrænsninger	Identificerer de miljøpåvirkninger, der skal begrænses, og til hvilke der skal opstilles miljømål	Prioriterede miljøpåvirkninger
Miljømål	Prioriteringen	Opstille miljømål	Miljømål
Virkemidler	Miljømål	Finde virkemidler, der kan lede til opfyldelse af miljømålene	Virkemidler
Målopfyldelse	Mål, virkemidler, BEAT	Kontrol, dokumentation	Kontrol, dokumentation af målopfyldelsen
Deklaration	Materiale- og driftsdata	Dokumentation	Dokumentation af byggeriet

I dette projekt gennemføres samtlige faser i miljørigtig projektering, men tyngden er lagt på valget af virkemidler og vurdering af målopfyldelsen. Der er især lagt vægt på at beskrive de vurderinger, der fører til de enkelte valg.

Fokus er desuden lagt på samspillet mellem værktøjer og pragmatiske vurderinger, der fører frem til en vurdering af miljøforholdene samt på dokumentationen af indsatsen.

I afsnit 2 gennemgås generelt faserne i miljørigtig projektering. De enkelte faser vises for eksempelbyggeriet således, at afsnit 3 omhandler miljøkortlægningen og afsnit 4 prioriteringen. I afsnit 5 opstilles miljømål for eksempelbyggeriet, og i afsnit 6 gives virkemidler.

Endelig vurderes målopfyldelsen i afsnit 7, og i afsnit 9 diskuteres miljødeklarerer for byggeri.

2 Miljørigtig projektering

Formålet med miljørigtig projektering, f.eks. beskrevet i Håndbog i miljørigtig projektering (BPS-centret, 1998), er at indbygge miljøhensyn i et byggeprojekt. Da de miljømæssige frihedsgrader aftager efterhånden, som et byggeprojekt tager form, skal miljøindsatsen startes så tidligt som overhovedet muligt for at få størst effekt.

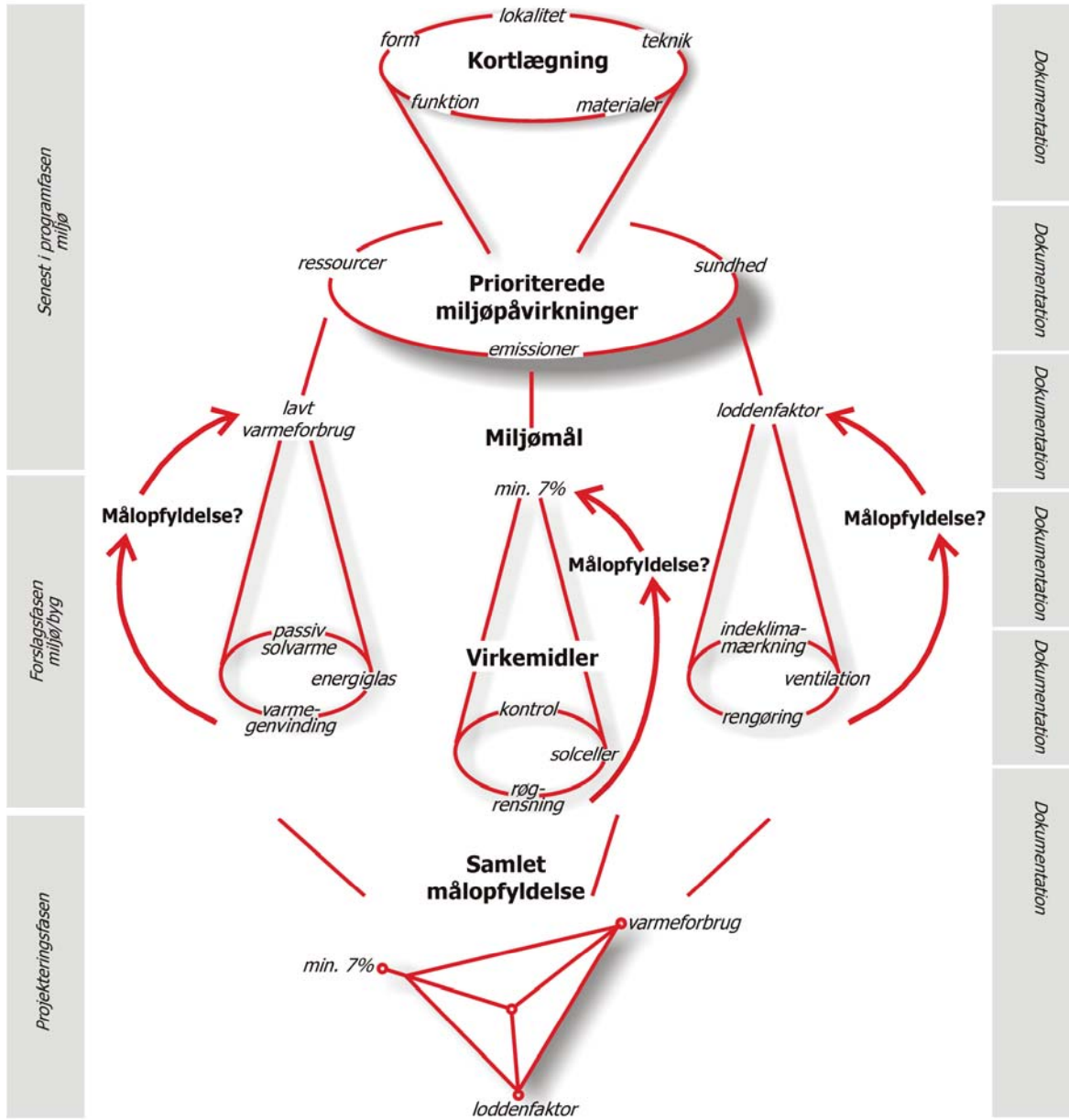
Miljørigtig projektering er et arbejdsredskab, som muliggør, at miljøhensyn kan indgå på lige fod med andre hensyn i projekteringen, f.eks. funktionskrav og økonomi.

Anvendelse af miljørigtig projektering giver ikke i sig selv sikkerhed for, at miljøbelastningerne mindskes. Det sikres dog, at de væsentligste miljøforhold erkendes, at der formuleres klare miljømål for nedbringelse af de væsentligste miljøpåvirkninger for byggeriet, og at der foreslås virkemidler, der kan føre til opfyldelse af miljømålene. Reduktionen i miljøbelastningerne afhænger af i hvor stor udstrækning, virkemidlerne tages i anvendelse, hvilket ofte afgøres i konkurrence med andre forhold, som f.eks. økonomi, arkitektur m.m.

Miljørigtig projektering omfatter desuden miljøstyring, der er en beskrivelse og styring af de miljøfaglige opgaver, fordelt på bygherre, arkitekter og ingeniører gennem hele projekteringsprocessen.

Følgende figur giver en oversigt over forløbet i miljørigtig projektering i hvilke projektfaser, de enkelte aktiviteter hører hjemme, og hvor der skal foreligge dokumentation. I det følgende vil arbejdsprocessen i de enkelte aktiviteter blive beskrevet, og der vil senere blive givet praktiske eksempler.

Processen i miljørigtig projektering



00094_00/processfig.cdr

I relation til modellen skal arbejdet med miljørigtig projektering foregå fra toppen og nedefter. De enkelte elementer beskrives herunder kort. I figuren er desuden angivet, i hvilke projektfaser de enkelte elementer skal udføres og hvilken dokumentation, der bør foreligge.

2.1 Miljøkortlægning

Der gennemføres indledningsvis en overordnet kortlægning af projektets væsentligste miljøpåvirkninger samt disses effekter på miljøet, dvs. en opstilling af mulige miljøpåvirkninger for det aktuelle projekt.

Kortlægningen gennemføres systematisk og berører således samtlige:

- Miljøpåvirkninger og deres afledte miljøeffekter
- Livscyklusfaser
- Fysiske hovedområder (lokalitet, form og funktion samt teknik og materialer).

Miljøpåvirkninger i tilknytning til byggeriers livscyklusfaser (fremstilling, udførelse, drift og bortskaffelse) kan medføre mange forskellige miljøeffekter. Effekterne grupperes inden for 3 hovedområder:

- Ressourceeffekter (knappe energi- og materialeressourcer)
- Effekter på det ydre miljø
- Sundhedseffekter.

I afsnit 3 **Miljøkortlægning** er dette uddybet, og der er angivet eksempler på arbejdet.

Miljøkortlægningen vil i reglen udføres af en miljørådgiver og skal være gennemført senest i programfasen. Kortlægningen kan dokumenteres i et notat, der eventuelt vedlægges miljøprogrammet.

2.2 Prioritering af miljøpåvirkninger

Miljøpåvirkningernes væsentlighed vurderes ud fra deres miljøeffekters alvorlighed således, at de miljøpåvirkninger, der har de alvorligste miljøeffekter, i kortlægningen vurderes at være de væsentligste. Dette resultat sammenholdes med bygherrens eventuelle miljøpolitik samt eventuelle bindinger på arkitektur, tekniske og økonomiske forhold, som måtte være lagt på det aktuelle projekt. Der foretages herudfra en prioritering af hvilke miljøpåvirkninger, der primært skal søges begrænset.

Prioriteringen går desuden ud på at udpege de områder, hvor man får mest miljø for pengene/indsatsen.

Prioriteringen foretages i reglen af miljørådgiveren, der forelægger den til kommentarer/godkendelse hos bygherren. Prioriteringen skal være gennemført senest i programfasen og dokumenteres i et notat, som kan indeholdes i miljøprogrammet for projektet.

I afsnit 4 er prioriteringen af miljøpåvirkningerne uddybet og relateret til eksempelbyggeriet.

2.3 Miljømål

Når der er enighed om prioriteringen af miljøpåvirkningerne, skal der formuleres målbare eller verificerbare mål for den videre projekteringsindsats.

De opstillede miljømål skal tilstræbe, at de prioriterede miljøpåvirkninger nedbringes. Miljømålene kan være få eller mange, bl.a. afhængig af hvilke miljøpåvirkninger, der er prioriterede. Målbarheden er essentiel, dels for at det senere skal afgøres, om målene er opfyldt, dels som et redskab i projekteringen til at afgøre, om der skal tages flere virkemidler i anvendelse.

Opstilling af miljømål foretages i reglen af miljørådgiveren. Miljømålene er relaterede til et konkret projekt. Der kan selvfølgelig være et vist genbrug fra lignende projekter, men byggeriets lokalitet, bygherrens miljøpolitik og den fysiske udformning er sjældent helt ens for 2 byggerier. Miljømålene indarbejdes i projektets miljøprogram, der igen indarbejdes i byggeprogrammet.

I afsnit 5 er opstilling af miljømål og overvejelserne i forbindelse hermed uddybet, og der er endvidere givet eksempler i relation til eksempelbyggeriet.

2.4 Virkemidler

Virkemidlerne er de tekniske løsninger, der skal føre til, at miljømålene kan opfyldes.

Der opstilles en lang række alternative virkemidler som forslag. Virkemidlerne udarbejdes i reglen af rådgiveren og den projekterende eller foreslås af rådgiveren, hvorefter den projekterende vurderer muligheden for at anvende dem i projektet.

For de foreslåede virkemidler vurderes de totaløkonomiske konsekvenser, dvs. udgifter til etablering, drift og nedrivning. Det er ikke overkommeligt at foretage detaljerede, totaløkonomiske beregninger, men det er muligt på et mere pragmatisk niveau at foretage skøn over de økonomiske konsekvenser.

De virkemidler, der tages i anvendelse, er oftest et mindre udsnit af de forslag, der er udarbejdet, dels fordi flere af virkemidlerne kan være gradbøjninger af hinanden, og der derfor kun vælges en af dem, dels fordi virkemidlerne kan udelukke hinanden (man kan ikke både have naturlig ventilation og varmegenvinding).

Oversigter over forslag til virkemidler, de besluttede virkemidler samt de totaløkonomiske konsekvenser bør dokumenteres i notater.

De besluttede virkemidler/tekniske løsninger indarbejdes i projekt materialet for de respektive fagområder (dvs. i tegninger, arbejdsbeskrivelser og andre kravspecifikationer).

I afsnit 6 er opstilling af virkemidler diskuteret, og der er angivet en enkel metode til totaløkonomisk vurdering. Metoden vises anvendt på eksempelbyggeriet.

2.5 Mål opfyldelse

Som en iterativ proces i valget af virkemidler vurderes mål opfyldelsen. For de foreslåede virkemidler laves en vurdering af, hvorvidt det besluttede miljømål

er opfyldt. Hvis det ikke er tilfældet, indarbejdes yderligere virkemidler, og vurderingen af målopfyldelsen gentages.

I visse tilfælde må det konstateres, at et opstillet miljømål ikke kan opfyldes. Også på trods af, at der rent faktisk er indarbejdet en række virkemidler til opfyldelse af miljømålet.

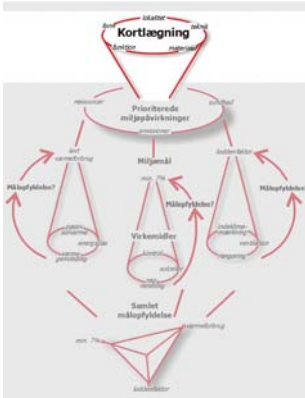
Vurdering af målopfyldelsen og beslutning om, hvorvidt der skal tages yderligere virkemidler i anvendelse, ligger i forslagsfasen. Vurderingen kan gennemføres af såvel miljørådgiver som den projekterende.

Resultatet af bestræbelserne kan ved afslutningen af projekteringen gives som en samlet fremstilling af, hvorvidt de forskellige miljømål er opfyldt. Dette resultat kaldes samlet målopfyldelse. Denne kan vises på forskellige måder. Er målene klart fremsat og målbare, er der mulighed for direkte at måle i hvor stor udstrækning, de er opfyldt. Der vil være situationer, hvor ikke alle miljømål er opfyldt 100% - dette skal fremgå af vurderingen af målopfyldelsen.

En samlet målopfyldelse udarbejdes i projekteringsfasen, og kan gennemføres af såvel miljørådgiver som den projekterende.

Der er i afsnit 7 vist en metode til vurdering af målopfyldelsen samt en metode til verificering af den samlede målopfyldelse. Begge vises anvendt på eksempelbyggeriet.

3 Miljøkortlægning



Der er gennemført en miljøkortlægning af et eksempelbyggeri. Byggeriet er et skolebyggeri på Sjælland, men kunne være et hvilket som helst andet byggeri. Det har dog været vigtigt at kunne relatere metoderne og vurderingerne til et eksempel.

I det følgende angives de miljøpåvirkninger, der på baggrund af kortlægningen vurderes at kunne afstedkomme alvorlige miljøeffekter.

Efterfølgende foreslås en prioritering af disse miljøpåvirkningerne. Der gives en skematisk oversigt over hvilke miljøeffekter, de aktuelle miljøpåvirkninger giver anledning til.

De prioriterede miljøpåvirkninger danner grundlaget for opstilling af miljømål til brug for valg af virkemidler.

Der gives i bilag A en kort gennemgang af miljøpåvirkningerne og i bilag B af miljøeffekterne.

Selve miljøkortlægningen med de detaljerede vurderinger i er vedlagt i bilag C.

3.1 Sammenfatning

I skemaet herunder er givet en oversigt over hvilke miljøpåvirkninger og i hvilke livscyklusfaser, kortlægningen har peget på potentielle, væsentlige miljøbelastninger.

I skemaet er ud for påvirkningerne i de aktuelle livscyklusfaser angivet i hvilken af de fysiske hovedområder, påvirkningen er kortlagt som væsentlig (L = Lokalt, F = Form og funktion, T = Teknik og materialer).

Miljøpåvirkninger	Livscyklusfaser			
	Fremstilling	Udførelse	Drift	Bortskaffelse
Helheder			L	
Byrum og landskab			F	
Energiforbrug	T		F T	
Materialeforbrug	T			
Vandforbrug			L F	
Emissioner til luft	T		F	
Emissioner til jord				
Emissioner til vand	T			
Affald			F	T
Støj og vibrationer			F	
Indeklima			F T	
Arbejdsmiljø				

Herunder er resultaterne fra den gennemførte miljøkortlægning i stikordsform sammenfattet for hver af de fysiske hovedområder.

Miljøkortlægningen for lokalitet har vist følgende områder, der kan give anledning til væsentlige miljøpåvirkninger:

- **Helheder** - planlægningen af veje og stier kan i større eller mindre grad tage hensyn til bløde trafikanter. Sikkerheden for skolebørnene i trafikken.
- **Vandforbrug** - forbruget af vand overstiger ydelsen i området.

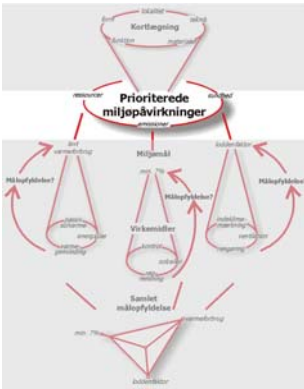
Miljøkortlægningen for form og funktion har vist følgende områder, der kan give anledning til væsentlige miljøpåvirkninger:

- **Byrum og landskab** - byggeriets udformning kan tilpasses landskabet mere eller mindre.
- **Energiforbrug** - sammenbygning frem for enkelt byggeri kan spare energi, lille overflade giver lavest varmetab, bygningens orientering har betydning for varmetabet og for udnyttelse af passiv solvarme, mekanisk ventilation er energikrævende, ved almindelig ventilation tabes varme til omgivelserne via den udsugede luft.
- **Vandforbrug** - vandforbruget anslås større end gennemsnittet for skoler.
- **Emissioner til luft** - på grund af energiforbrug.
- **Affald** - kemikalieaffald fra fagundervisningen.
- **Støj og vibrationer** - støjniveauet kan reduceres ved brug af støjsolerende materialer.
- **Indeklima** - orienteringen i forhold til lysindfald, store rum giver bedre luftkvalitet, udnyttelse af dagslys, luften kan belastes af emissioner fra f.eks. computere, kopimaskiner, rengøringsmidler m.m.

Miljøkortlægningen for teknik og materialer har vist følgende områder, der kan give anledning til væsentlige miljøpåvirkninger:

- **Energiforbrug** - fremstilling af tegl, beton, cement, aluminium, kobber, asfalt, stål, zink og byggevarer i det hele taget.
- **Energiforbrug** - drift, el og varme.
- **Materialeforbrug** - forbrug af kobber, plast, asfalt (asfaltpap), zink (inkl. til galvanisering); sten og grus kan være lokale mangelvarer i visse kvaliteter; malerverer, spartel- og fugemasse produceres bl.a. ud fra råolie.
- **Emissioner til luft** - på grund af energiforbrug; problematiske emissioner i forbindelse med produktion af mineraluld (formaldehyd, phenol, ammoniak) og aluminium (flurid, PAH og støv).
- **Emissioner til vand** - problematiske emissioner i forbindelse med aluminium (flurid og PAH).
- **Affald** - mineraluld, vinylgulve, PVC-rør og -ledninger, spartel- og fugemasse, maling, lak, lim, imprægneret træ.
- **Indeklima** - materialer og overfladebehandlinger, inventar har betydning (afgasning, støvakkumulering, rengøringsvenlighed, fugtabsorberende/fugtafvisende m.m.), fuge- og spartelmasser, lime, malinger og lak. Lysforhold har betydning, dagslysindfald, blanding, solindfald, overophedning.

4 Prioritering



Sammenfatningen af miljøkortlægningen giver en oversigt over de væsentligste miljøpåvirkninger. Der skal foretages en indbyrdes prioritering af miljøpåvirkningerne. Denne prioritering skal normalt foretages på baggrund af bygherrens gældende miljøpolitiske holdninger.

Da dette projekt skal have en mere generel karakter, har det ikke været formålstjenligt at lægge prioriteringen op ad en bestemt bygherres miljøpolitik og miljøpolitiske målsætninger. Det er derfor forsøgt at gennemføre en kortlægning ud fra en mere almen opfattelse af væsentlige og alvorlige miljøproblemer.

I praksis vil det sjældent være realistisk at gennemføre tiltag, der dæmper op for samtlige miljøpåvirkninger. Det anbefales derfor at prioritere og rangordne de 3-5 væsentligste miljøpåvirkninger og lade de øvrige være fælles prioriterede - disse skal søges tilgodeset så godt som muligt.

Antallet på 3-5 er valgt ud fra en betragtning om, at der i praksis ikke kan forventes nytænkning i alle hjørner af et projekt, og at man normalt ikke kan eliminere alle miljøbelastninger i et projekt. Det betyder dog ikke, at der ikke skal tages miljøhensyn i de øvrige forhold; de bliver bare ikke gjort til indsatsområder. Den store mængde af mulige miljøpåvirkninger indskrænkes til en lille gruppe af de mest relevante - de prioriterede.

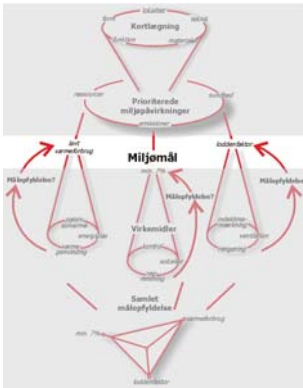
Prioriteringen gives ud fra en vurdering i kortlægningen sammenholdt med bygherrens miljøpolitik - her dog en mere almen opfattelse af væsentlige og alvorlige miljøproblemer.

Herunder er skematisk angivet forslag til prioriteringer. I eksemplet er der 3 højt prioriterede indsatsområder samt 5 øvrige, som ikke er uvæsentlige, men som har samme prioritering. I skemaet er de "ensprioriterede" opstillet i den rækkefølge, der er brugt i kortlægningen.

Prioritering	Miljøpåvirkning	Miljøeffekter ¹⁾
1	Energiforbrug ved drift	Forbrug af fossile brændsler, der er knappe ressourcer, medfører mangel på disse. <i>Derudover er der afledte effekter ved forbrug af fossile brændsler: Især forskydning af drivhuseffekten på grund af emission af CO₂, men også forsurening på grund af emission af NO_x og nærings saltbelastning.</i>
2	Indeklima ved drift	Effekterne kan være mangeartede, f.eks. nedsat koncentration på grund af støj, slimhindeirritation på grund af tør luft, hovedpine eller træthed på grund af dårlige lys- eller lydforhold, svimmelhed og hovedpine på grund af emissioner fra materialer m.m.
3	Materialeforbrug ved fremstilling	Forbrug af knappe materialer ressourcer medfører mangel på disse.
	Byrum og landskab ved drift	Oplevelsen af en helhed i bebyggelsen kan tabes. Et forkert arkitektonisk udtryk kan betyde uskønhed og manglende harmoni.
	Emissioner til luft ved drift	Forskydning af drivhuseffekten på grund af emission af CO ₂ . Forsuring på grund af emission af NO _x Nærings saltbelastning Ozondannelse Human toksicitet <i>Emissioner på grund af energiforbruget under driften er også medtaget som afledt effekt under 1. prioritet</i>
	Energiforbrug ved fremstillingen	Forbrug af fossile brændsler, der er knappe ressourcer, medfører mangel på disse. <i>Derudover er der afledte effekter ved forbrug af fossile brændsler: Forskydning af drivhuseffekten på grund af emission af CO₂. Forsuring på grund af emission af NO_x Nærings saltbelastning.</i>
	Vandforbrug ved drift	Grundvandet er en begrænset ressource i området, og forbrug kan føre til knaphed.
	Affald ved nedrivning	Volumenaffald optager plads. Færligt affald kan medføre økologiske og sundhedsmæssige problemer. Manglende genbrug medfører forbrug af ressourcer.

¹⁾ Listen over miljøeffekter er ikke udtømmende.

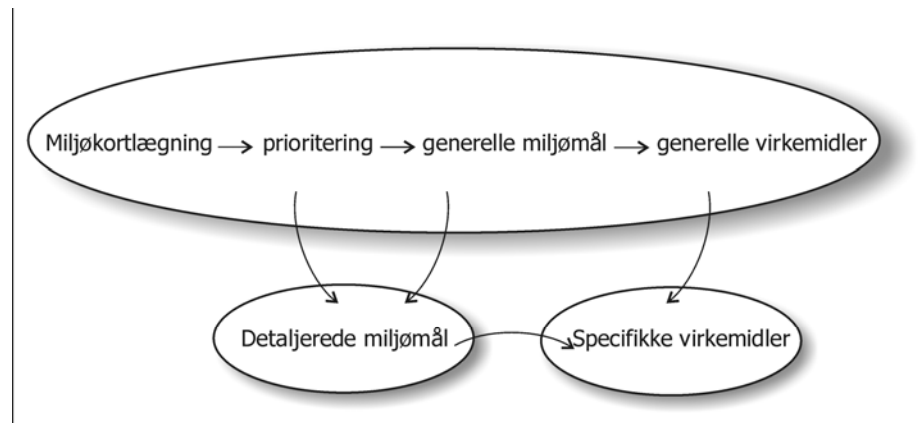
5 Miljømål



Der er her givet forslag til miljømål til nedbringelse af de miljøpåvirkninger, der er prioriteret ved den gennemførte miljøkortlægning af projektet.

I miljøkortlægningen er det for byggeriets livscyklusfaser og i de fysiske hovedområder vurderet, hvor der potentielt vil kunne optræde miljøpåvirkninger med alvorlige miljøeffekter. Blandt disse er nogle yderligere prioriteret ud fra en vurdering af, at de vil være værre end andre eller mere sandsynlige end andre. Det er normalt ikke muligt at nedbringe samtlige miljøpåvirkninger. Det er derfor de prioriterede miljøpåvirkninger, der søges nedbragt i første omgang. Miljømål opstilles for at opnå en reduktion af disse.

Sammenhængen i arbejdsprocessen er vist i nedenstående figur. Efter at miljøkortlægningen er gennemført, prioriteres de væsentligste miljøpåvirkninger. Til de miljøpåvirkninger, der herved udpeges, udarbejdes miljømål. Miljømålene kan være generelle eller mere detaljerede. Man kan starte med at udarbejde generelle miljømål og uddybe dem ved også at lave mere detaljerede miljømål, hvor der allerede her peges på løsninger. Disse kan så specificeres i egentlige virkemidler. Eller man kan ud fra generelle miljømål udarbejde generelle virkemidler, der derefter kan udpindes.



Figur. Sammenhæng i arbejdsprocessen fra miljøkortlægning til valg af virkemidler.

5.1 Baggrund for prioriteringen

I de efterfølgende afsnit er der anført forslag til miljømål for hver af følgende prioriterede miljøpåvirkninger:

- Energiforbrug i drift (inkl. emission af CO₂ i forbindelse med driftsforbruget)
- Indeklima
- Materialeforbrug.

Hvis en bygherre i sine miljømålsætninger ensidigt stræber mod nedbringelse af bestemte miljøpåvirkninger, vil vægtingen falde anderledes ud, uden at dette nødvendigvis forringer kvaliteten af den miljørigtige prioritering.

Ved prioriteringen i dette projekt er der hentet inspiration fra tendenser i samfundet på miljøområdet. Disse fremgår bl.a. af intentionerne i:

- "Energi 21", som er Miljø- og Energiministeriets handlingsplan for den danske el- og varmesektor.
- "Status og perspektiver for kemikalieområdet" samt debatoplægget til "Listen over uønskede stoffer", som er Miljøstyrelsens handlingsplan for nye initiativer om udfasning af visse stoffer indenfor kemikalieområdet.
- "Trafik 2005" samt debatoplæg "Transport, energi og CO₂-emissioner", som er Trafikministeriets strategier for transportsektoren, der bl.a. sætter fokus på udnyttelse af transportmidler, efterspørgslen og CO₂-reduktion.
- "Affald 21", som er Regeringens affaldsplan frem til år 2004 med bl.a. fokus på renere teknologiindsats på bygge- og anlægsområdet, herunder miljørigtig projektering og miljøstyring i entreprenørvirksomheder.
- Arbejdstilsynets handlingsplan "Rent arbejdsmiljø 2005" med forventede kampagner, bl.a. på bygge- og anlægsområdet med hensyn til forebyggelse af dødsulykker og arbejdsbetonede hjerneskader samt arbejde med kræft-fremkaldende stoffer. Der vil tillige blive fokuseret på helbredsmæssige gener i forbindelse med dårligt indeklima.
- Miljøstyrelsens redegørelse om den produktorienterede miljøindsats, Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen, februar 1998.

Ved anbefaling af miljømål er det forudsat/underforstået, at lovkrav, bekendtgørelser og anvisninger eller vejledninger, der er udstedt eller udpeget af en offentlig myndighed, efterleves, respekteres og overholdes.

Der kan være behov for en indbyrdes prioritering af de enkelte miljømål, idet valg af virkemidler til opfyldelse af mål for én miljøpåvirkning ikke nødvendigvis er ensbetydende med, at miljømålene vedrørende andre påvirkninger opfyldes. Valget må dog ikke medføre en generel forværring af miljøbelastningen. I det efterfølgende kapitel er der ikke taget hensyn til denne indbyrdes prioritering.

5.2 Krav til miljømålene

Miljømålene er her fastsat ud fra almen opfattelse af væsentlige og alvorlige miljøproblemer og ikke ud fra intentionerne i en bygherres miljøpolitik. Det betyder naturligvis, at der i valget/prioriteringen er en vis grad af subjektivitet. Det anses dog ikke for anderledes, da miljømål fremsat af en bygherre i samme udstrækning er subjektive, altså præget af en person eller en organisations synsvinkel på miljøproblematikken.

Miljømål bør så vidt muligt udpege målbare eller verificerbare tiltag. Målene skal være væsentlige (for samfundet eller for bygherren). Antallet af mål, der opstilles for et byggeprojekt, skal begrænses, ellers bliver de for uoverskuelige at arbejde med. Målene skal desuden være korte og forståelige.

Målenes beskaffenhed har betydning for vurderingen af målopfyldelsen. F.eks. kan indeklimapåvirkninger og energiforbrug være påvirkninger, hvor miljømålene vil være meget forskellige. Et mål for energiforbruget kan være at bringe det ned under et vist niveau. Et mål for indeklimaet som en samlet størrelse kan ikke sættes så konkret op, da der ikke eksisterer en anerkendt måleenhed/skala for indeklima.

Hvis man ikke kan opstille mål på et overordnet plan, kan man være tvunget til at opstille mere specifikke miljømål. Det er f.eks. for miljømål til indeklimaet ofte nødvendigt at øge detaljeringsgraden.

Der kan ikke altid, måske ligefrem sjældent, opstilles entydige, udtømmende og oplagte miljømål til en miljøpåvirkning. Derfor vil det efterfølgende ofte have karakter af en diskussion, der erkender og fremlægger problemstillingerne og afgrænsningerne ved valgene af miljømålene, snarere end en egentlig facitliste.

5.3 Miljømål på effekter eller påvirkninger?

Miljøpåvirkninger og miljøeffekter er af forskellig beskaffenhed. Miljøpåvirkningerne skaber små, store eller måske slet ingen problemer. Miljøeffekterne er det egentlige problem. Miljøeffekterne er skaderne! Ved opstilling af miljømål, skal det bestræbes at nedbringe effekterne, altså mindske skaderne.

Dette kan vises ved et eksempel. En maskine larmer, så der kan opstå høreskader hos dem, der betjener maskinen. Miljøpåvirkningen er støj, effekten er høreskader. Vil vi sætte ind overfor effekten, altså begrænse denne, må vi give de ansatte høreværn på. Vil vi derimod sætte ind overfor påvirkningen, må man sørge for, at maskinen larmer mindre, eventuelt støjisolere denne.

Målene kan rette sig mod effekterne eller mod påvirkningerne. Man kan sige, at den direkte måde er at stille mål op for nedbringelsen af effekterne, og at det vil være en indirekte måde at stille mål til miljøpåvirkningerne og dermed skrue på effekterne.

Man kan også anskue det på en anden måde. Hvis man kan gøre noget, så skaderne slet ikke opstår, vil det være at foretrække. Gør man det, skal målene rette sig mod miljøpåvirkningerne.

Den sidste løsning vil formodentligt være til glæde for flere. Den hænger også bedre sammen med intentionerne i øvrige dele af samfundet, hvor man bestræber sig på at forebygge frem for at helbrede.

Desuden er det nemmere at kontrollere målopfyldelsen, når målene drejer sig om påvirkninger, end om effekter. F.eks. kan man måle et fald i CO₂-indholdet i et afkast, men ikke registrere et fald i drivhuseffekten, der skulle modsvare den pågældende ændring. Tilsvarende med forsurening, økotoksicitet, næringssaltbelastning, knaphed på ressourcer m.m.

Vi har derfor valgt at udforme miljømålene således, at de stiller krav til miljøpåvirkningerne, selv om det egentlige problem er effekterne. De miljøpåvirkninger, hvortil der formuleres miljømål, er naturligvis udvalgt ud fra miljøeffekternes alvorlighed.

5.4 Målenes detaljeringsgrad

Afgrænsningen af, hvor i det fysiske system miljømålene skal knytte sig, er også et spørgsmål. Oftest vil kortlægningen kunne pege på et svar. F.eks. vil en prioriteret miljøpåvirkning som emissioner til luft i driften kunne stamme fra et forventet forbrug af fossile brændsler. Eller f.eks. fra miljøskadelige stoffer, der udsendes fra en produktionsproces. Det vil fremgå af miljøkortlægningen. Målene skal rette sig mod nedbringelse af årsagen. Det vil altså her være konkrete krav til enten nedbringelse af forbruget af fossile brændsler til

energifremstilling i driften eller specifikke krav til nedbringelse af emissionen af de pågældende stoffer fra afkastet. To vidt forskellige miljømål.

Det er så igen en afvejning af, hvor detaljeret man vil gøre målene. En yderligere detaljering kunne være at stille krav om, at nedbringelsen af forbruget af fossile brændsler skal ske ved helt eller delvist at udskifte til en energikilde, der ikke skaber problemer med luftemissionen. Eller at det skal foregå ved at nedsætte det totale energiforbrug i driften. Begge løsninger (virkemidler) vil nedbringe emissionen til luft på grund af afbrænding af fossile brændsler. Miljømålene kunne hedde:

Mindst 40% af den energi, der skal anvendes i driften, skal stamme fra vedvarende energikilder.

Byggeriet skal som minimum være blandt de 25% mindst forbrugende inden for bygningskategorien i ELO-opgørelsen (Energiledelsesordningen).

Ved fremsættelse af et af disse mål, er der allerede taget hul på løsningen, idet der er taget stilling til, om nedbringelsen skal ske ved mindre forbrug eller uændret forbrug (med en anden energiressource).

Målene kan yderligere specificeres ved bl.a. at stille krav til, hvordan energiforbruget skal nedbringes, f.eks.:

- Der skal anvendes energiruder med en U-værdi på 1,1.
- Ventilation udføres som behovsstyret mekanisk ventilation med varmegenvinding i kombination med naturlig ventilation, når udetemperaturen er så høj, at der ikke bliver trækproblemer.
- Virkningsgraden af varmegenvindingen skal være min. 60%.

Overgangen fra miljømål til virkemiddel er glidende, da en specificering af miljømålene vil lede til et valg af virkemiddel.

Det er bedst at udarbejde miljømålene så generelle som muligt (men stadig målbare) for at lade flere muligheder stå åbne til beslutning senere i processen/projekteringen. Der vil således være frit spil i valgene af virkemidler, og man har ikke på forhånd fraskrevet sig muligheder for at nedbringe miljøpåvirkningen på en bestemt måde.

I et praktisk byggeprojekt vil bygherren skulle godkende miljømålene. Det kan for en bygherre være svært at godkende generelle miljømål, da det kan være uklart, hvad det indebærer. Det ville være nemmere at tage stilling til mere konkrete miljømål, ville nogle mene. Det kan også være korrekt, men det konkrete kommer senere i processen, idet bygherren jo skal godkende anvendelsen af virkemidlerne og her kan stoppe processen, hvis det ønskes. Bygherren vil fra rådgiveren få forelagt en liste over forslag til virkemidler til opfyldelse af miljømålene. Her kan bygherren beslutte, om det kan accepteres eller ej. På dette tidspunkt er de økonomiske konsekvenser også mulige at vurdere.

Det overblik, der er opnået i forbindelse med miljøkortlægning af et byggeri, giver en god baggrund for at opstille miljømål og senere virkemidler til opfyldelse af miljømålene.

Bygherren præger hvilken retning, målene skal tage ved at udforme en miljøpolitik og eventuelt målsætninger. Dernæst skal de overordnede miljømål accepteres, og de konkrete virkemidler godkendes af bygherren.

Ved opstilling af miljømålene kan der tages udgangspunkt i globale, regionale eller lokale hensyn. Hvad er mest korrekt? Normalt vil/bør prioriteringen fremgå af bygherrens overordnede miljøpolitik. I praksis vil tendensen til at vurdere det nære, som værende væsentligst, ofte tage over.

Økonomi og politiske krav (f.eks. afgifter/tilskud) har desuden en stor indflydelse på mål og virkemidler og kan være afgørende for et valg.

5.5 Energiforbrug

Miljøpåvirkningen, energiforbrug, knytter sig primært til forbruget af knappe energiressourcer. Det at forbruge energi er ikke en væsentlig miljøpåvirkning i sig selv, hvis blot der ikke tæres på energiressourcerne. Anvendes f.eks. vindkraft som energiressource, er miljøpåvirkningen lille, da man ikke kan bruge vinden op. Anvendes derimod olie, er miljøpåvirkningen væsentlig, da ressourcen er knap.

Som en afledt, men ikke uvæsentlig effekt, giver energiforbruget (på baggrund af fossile brændsler) emission af CO₂. Denne emission giver anledning til en alvorlig effekt – drivhuseffekten.

Oftest er det urealistisk at opstille mål om, at energien skal stamme fra rigelige energikilder, da der i praksis ikke reelt er frit valg, f.eks. på grund af kommunens varmeplan og økonomiske forhold. Da der i et byggeri typisk vil være energikilder, der er fremkommet ved forbrug af knappe energiressourcer (typisk for el og fjernvarme), er det også relevant at se på en generel nedsættelse af energiforbruget i forbindelse med opstilling af miljømålene.

Der er f.eks. for eksempelbyggeriet stillet krav om, at varmforsyningen skal stamme fra et nærliggende kraftværk. Kraftværket producerer el ud fra orimulsion og kul, og producerer i den forbindelse overskudsvarme, der anvendes til fjernvarme i lokalområdet. Varmen kan fra en synsvinkel ses som et affaldsprodukt fra elproduktionen. Der fremkommer rigelig fjernvarme i forhold til behovet.

Sådan er situationen for eksempelbyggeriet. Kraftværket bruger i produktionen knappe energiressourcer og bidrager desuden med en emission til luften af bl.a. drivhusgasser, som de fleste andre kraft/varmeverker.

Skolen har et behov for varme. Hvordan kan det dækkes med størst muligt miljøhensyn? Varmen fra værket er et affaldsprodukt, som kan anvendes til opvarmning. Varmt vand ledes gennem isolerede fjernvarmerør fra værket til skolen. Rørene er lagt i hovedføringer, men der skal etableres en stikledning til skolen. Uanset om skolen anvender varmen eller ej, er den der. Alternativet er måske, at varmen i stedet må spildes, f.eks. ledes til havet. Skolen kan derfor bidrage med løsningen af et affaldsproblem (overskudsvarmen) og samtidig selv få dækket energibehovet. Dette kan synes som en miljømæssig god løsning.

Energien til varmen er lettilgængelig, måske så billig, at det ikke er rentabelt at isolere. Hvis varmen er rigelig, billig og hvis det at anvende overskudsvarmen anses for en miljømæssig god løsning, ville det kunne betale sig at bruge løs af den i stedet for at bruge materialer og penge på at højisolere og finde energibesparende opvarmningsmetoder. Det kunne virke fornuftigt under de givne forudsætninger!

Man kan stille spørgsmålet, om det er rimeligt at frådse med en ressource, fordi den er (lokalt) rigelig?

Det er måske en skrøbelig løsning. Bliver værket liggende? Kommer der en virksomhed til området, der har behov for varmen fra værket, således at der ikke mere er overskud? Holder prisen og værket hele skolens levetid, eller vil der senere være behov for god isolering på grund af et uacceptabelt varme-forbrug m.h.t. miljø eller økonomi?

Hæver vi os nu et niveau op og tænker på, hvordan skolen ellers kunne få dækket sit behov for varme, er løsningen måske ikke optimal ud fra et miljø-synspunkt. Eller endnu et niveau op og overvejer, hvordan det overordnet ville være klogest at forsyne bygninger med varme. Det er ikke sikkert, at det er optimalt overhovedet at anvende fjernvarme eller at producere el ud fra den produktionsmetode, som kraftværket anvender. Ved anvendelse af fjernvarme, er det nødvendigt at nedgrave fjernvarmerør (af stål med opskummet isolering (måske CFC-fri) og plastkappe (måske PVC-fri)). Stål er energikrævende at fremstille, isoleringen og kappen fremstilles ud fra råolie, der er en knap ressource, og med forskellige mere eller mindre miljøskadelige i hvert fald miljøfremmede stoffer. Ved transporten fra producent til forbruger er et varmetab på 30% ikke urealistisk.

En helt anden løsning kunne være, f.eks. at planlægge lavenergibyggeri med elvarme. El kan transporteres uden tab af betydning. Det er desuden langt mindre omfattende med elkabler end fjernvarmerør. Der medgår langt mindre mængder, og brud opdages med det samme og forårsager typisk heller ikke samme skader som et brud på et fjernvarmerør. Endvidere er eventuelle skader billigere at udbedre. El kan også fremkomme fra "energirigtige" processer, solceller og vindmøller, hvor der ikke tappes af de knappe energiresourcer og uden luftemissioner. Solceller kunne endda placeres i forbindelse med byggeriet, hvorved installationsmængden kunne begrænses betydeligt. Anvendelse af god isolering ville endvidere betyde, at energibehovet kunne nedsættes.

Miljømålene kan altså sættes ud fra lokale eller globale hensyn samt være mere eller mindre fremsynede.

Økonomien og politiske beslutninger (krav, tilskud m.m.) har desuden stor indflydelse på valget.

5.5.1 Miljømål for energiforbrug i driften

Vi har her valgt at stille et generelt miljømål for energiforbruget i driften. Energiforbruget dækker såvel el- som varmekonsumet. Der stilles derfor mål til begge. Målene gives i kWh forbrug pr. m².

Energiledelsesordningen, ELO's opgørelse for varmekonsum (fjernvarme) på skoler, ligger for 1999 med en median på 113 kWh/m², og med de 25% mindst forbrugende på 94 kWh/m². 10% ligger lavere end 79 kWh/m². Skolerne i ELO-ordningen er fra 1970'erne eller før, da det var i den periode, der blev bygget skoler i Danmark. Der er altså ikke erfaringstal fra nybyggede skoler, idet de slet ikke findes.

Da der er stor forskel på alderen af de skoler, der er med i ordningen, og da energiforbruget til varme til dels er "aldersafhængigt", er det for et almindeligt

nyt byggeri ikke noget problem at ligge på et lavere forbrug end selv de 10% mindst forbrugende. Der er derfor nødvendigt at stille et krav til byggeriet, der betyder, at energiforbruget i driften også reelt bliver begrænset. Skes til opgørelser for andre bygningskategorier, f.eks. kontor og handel, hvor der også indgår nyere byggeri, er tallene for varmekonsumet også væsentligt lavere.

Med hensyn til elforbruget er der tilsvarende sat krav hertil. ELO's opgørelse for elforbrug på skoler ligger for 1999 med en median på 22,6 kWh/m² og med de 25% mindst forbrugende på 16,4 kWh/m². 10% ligger lavere end 12,8 kWh/m².

Betydelige forbrugende installationer er belysning, ventilation og edb-udstyr. Der er forskel på, hvor meget el forskellige skoler anvender på f.eks. edb afhængig af, hvor godt udstyret skolen er. "Ældre" edb-udstyr er væsentligt mere energikrævende end nyt. Der er dog erfaring for, at selv ældre skoler, der er veludstyrede med hensyn til edb, kan ligge på et niveau for energiforbrug på omkring 17 kWh/m².

ELO har udarbejdet en energimærkeskala for en gruppe forskellige bygningskategorier. Energimærkeskalaen går fra A til M, hvor A er det bedste. Der er også opstillet kriterier for skoler. For at opnå en A-mærkning skal varmekonsumet ligge lavere end 67 kWh/m²/år og elforbruget lavere end 10,2 kWh/m²/år. **Som miljømål vælges, at skolen kan opnå A-mærkning**

Da miljøpåvirkningen skal begrænses på grund af de alvorlige effekter (mangel på knappe energiresourcer og drivhuseffekt på grund af energiforbruget), er det ikke kun et spørgsmål om at undgå at bruge for meget energi i driften, men også om ikke at bruge af de knappe ressourcer. Dette er der også taget hensyn til ved opstilling af miljømålene.

Brugerinddragelsen er også væsentlig for at få den fulde nytte af bestræbelserne på miljøforbedringer. Det er dog ikke her muligt at opstille faktuelle miljømål i konkrete tal eller niveauer. Dette skal dog ikke forklejne effekten af at inddrage brugerne. Miljøforbedringer på forbrugssiden ved miljørigtigt byggeri udebliver, hvis ikke brugerne er indstillet på at agere derefter /f.eks. The Sound Sustainable Building, Jonas Honoré, DTU, 2000/.

Erfaringstal fra ELO-ordningen viser, at indførelse af energiledelse, typisk giver en besparelse på 10-15% (telefonsamtale med ELO-konsulent Anders Lundsted, 2001).

Forbedringen i miljøbelastningen er størst, hvis det er brugernes egne ideer, eller de aktivt er med på ideen fra et tidligt stadie. Ligeledes forøges "miljøværdien", hvis der løbende gøres opmærksom på forbrug, affaldsmængder, besparelser m.m. overfor brugerne.

<i>Miljømål</i>	
•	Energiforbruget til varme og el fra knappe energiressourcer skal kunne opfylde kravene til A-mærkning i ELO's energimærkningsordning, hvilket svarer til et varmeforbrug lavere end 67 kWh/m ² /år og et elforbrug lavere end 10,2 kWh/m ² /år.
•	Brugerne (elever og personale) skal informeres om anvendelsen af de forskellige foranstaltninger til nedbringelse af energiforbruget i driften for at bibringe en forståelse herfor. Desuden skal brugerne løbende informeres om forbrug - f.eks. ved oplysninger centralt placeret eller som en fast rubrik i skolebladet.

5.6 Materialeforbrug

Miljøpåvirkningen fra materialeforbrug knytter sig primært til forbruget af knappe materialeressourcer. Forbruget af luft eller havvand i en produktion er ikke problematisk, da der til stadighed vil være nok (så vidt vi ved). Anvendes derimod f.eks. kobber eller zink, der er knappe materialeressourcer, vil det på effektsiden betyde en mangel på disse. Miljøpåvirkningen bliver væsentlig, hvis materialeressourcen er knap.

Knappe materialeressourcer er typisk metaller og materialer, der fremkommer ud fra olie som råstof.

Materialer, hvis forsyningshorisont er kortere end 100 år, anses for knappe ressourcer. Forsyningshorisonten beregnes ud fra, hvor længe ressourcen vil holde med det aktuelle forbrug.

De knappe materialeressourcer er oplistet herunder sammen med deres forsyningshorisonter (**Energieffektive skoler**; Gunnarsen et al., 2001) og typiske anvendelsesområder i byggeri:

<i>Materialeressource</i>	<i>Forsynings horisont i år</i>	<i>Typiske anvendelser i byggeri</i>
Bly	20	Taginddækning, indholdsstof i vinduesprofiler, indholdsstof i al PVC (tagrender, nedløbsrør, isolering på ledninger m.m.), indgår i støbejern, f.eks. rør, blylodninger, indgår i messing, f.eks. til fittings (søm, skruer, håndtag, armaturer og ventiler), blyoxid i fugemasser.
Kobber	36	Ledninger, tagplader, indvendige rør, lysarmaturer, motorer, indgår i pigmenter i maling, låse og beslag, indgår i Corten stål, taginddækninger, indgår i messing, f.eks. til fittings (søm, skruer, håndtag, armaturer og ventiler). Imprægneringsmidler til træ.
Mangan	86	Tilsætning til slidfast stål (0,2% - 1%), manganoxid i tegl (som farvestof).
Nikkel	50	Indholdsstof i låse og beslag, indgår i rustfri stål, f.eks. køkkenvaske.
Tin	27	Loddetin (32% af forbrug), blikemballage (33% af forbruget), kobber-tin legeringer (10%), stabilisatorer i PVC (<2%), antifoulingmaling (1%), træimprægneringsmidler (0,4%), TBT-organiske tinforbindelser i plast.
Zink	20	Tagrender, nedløbsrør, taginddækninger, lysarmaturer, til galvanisering, indgår i sikkativer og pigmenter i maling, indgår i messing, f.eks. til fittings (søm, skruer, håndtag, armaturer og ventiler).
Olie	43	Råstof til alle plastmaterialer, f.eks. tagrender, nedløbsrør, ledningsisolering, kapper på varmerør, malinger, laminat, vinyl til gulv (vægge i vådrum), paneler (kabelskinner), visse vinduesrammer, toiletsæder.

Visse steder i Danmark er sten og grusmaterialer af bestemte kvaliteter desuden knappe materialeressourcer.

5.6.1 Miljømål for materialeforbrug under fremstilling

I et skolebyggeri anvendes knappe materialeressourcer. F.eks. anvendes metaller til taginddækninger, ledninger, tagrender, nedløbsrør, fittings m.m., mens plastmaterialer kan anvendes til nedløbsrør, ledningsisolering, visse gulvbelægninger m.m.

De materialer, der går til spilde, hvad enten det er knappe materialeressourcer eller ikke, er et unødigt forbrug. Der bør derfor ikke anvendes mere materiale end nødvendigt, dog med fokus på de knappe materialeressourcer, da forbruget af disse giver de alvorligste effekter.

Et skolebyggeri forventes at skulle anvendes i mange år. Derfor er det vigtigt, at byggeriet er fleksibelt, således at den samme ramme kan rumme de aktiviteter, der også fremover vil skulle foregå i skolens regi, under skiftende pædagogiske vinde, for at følge med i den pædagogiske udvikling.

Materialernes levetid skal afpasses byggeriets forventede levetid. Det virker således flot, f.eks. at anvende kobber, der kan holde længere end 300 år, til en skole, som formodentlig vil være utidssvarende og blive fjernet længe før. Dog kan kobberpladerne genanvendes, men med et vist (ikke ubetydeligt) tab.

Som forholdene er nu, er det urealistisk at forestille sig et byggeri, hvor der ikke bliver anvendt knappe materialeressourcer. Et sådant mål vil derfor være urealistisk. Det vil give store problemer, formentlig skal man gå på kompromis med funktionskravene, da mange produkter og byggevarer ikke findes i alternative materialer.

Bly er en knap ressource, men anvendelsen af den er blevet forbudt, hvorfor den ikke er medtaget i miljømålet.

Ved at begrænse forbruget af knappe materialeressourcer og ved at anvende sekundære materialer, kan miljøpåvirkningen og dermed effekten mindskes.

<i>Miljømål</i>
<ul style="list-style-type: none">• Anvendelse af knappe materialeressourcer skal stamme fra genbrug/genanvendelse.• Mængden af anvendt kobber, tin, zink og oliebaserede produkter (alle mindre end 50 års forsyningshorisont) skal ligge 25% under gennemsnitsforbruget.¹⁾

¹⁾ Uddybes i afsnittet om målopfyldelse.

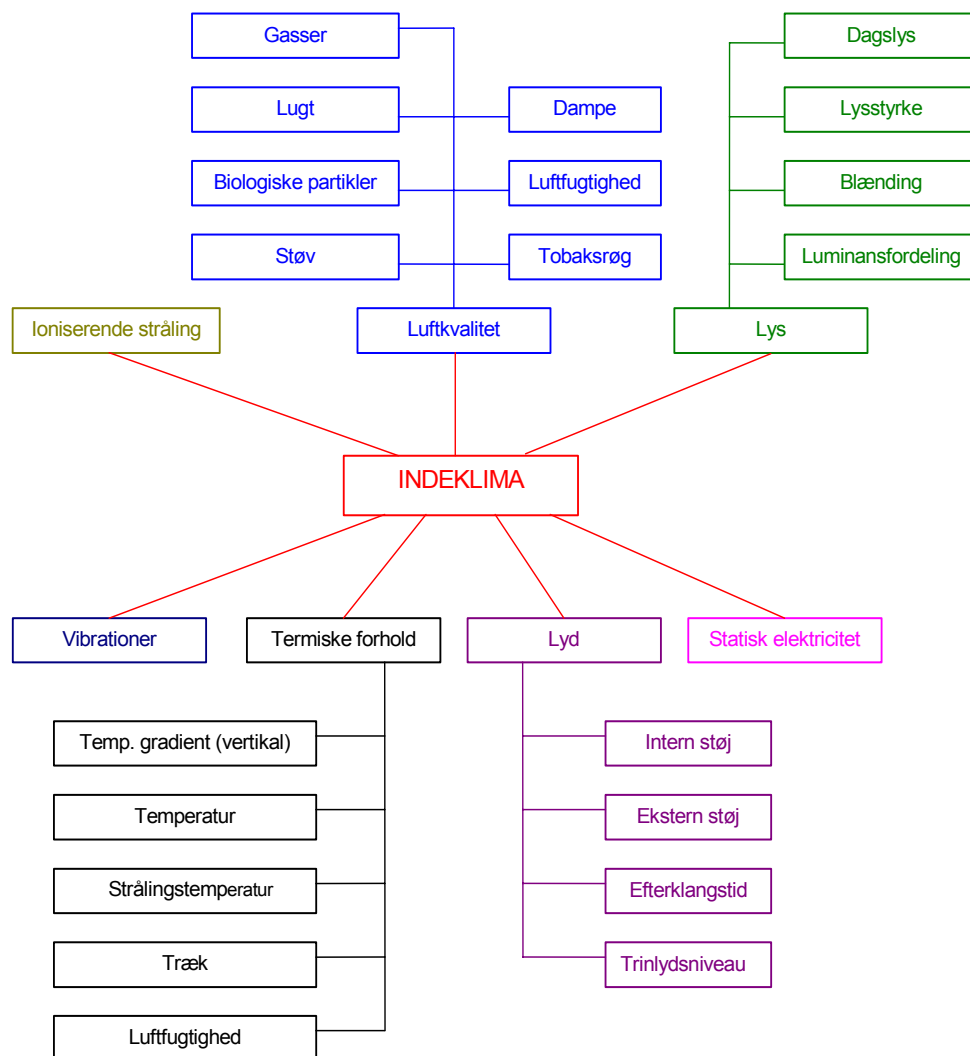
5.7 Indeklima

Det oplevede indeklima er resultatet af flere påvirkninger: lys, lugt, temperatur, fugtighed m.m. Effekterne på de personer, der skal bo eller opholde sig i et byggeri, er mangeartede, f.eks. ændret sundhedstilstand, koncentrations-evne eller almenbefindende.

Da indeklimaet ikke er en "grundmiljøpåvirkning", er det, for at opstille miljømål, nødvendigt, at splitte indeklimaet op i "underpåvirkninger", f.eks. lys eller luftkvalitet. Disse "underpåvirkninger" kan opdeles i endnu et niveau. Skal miljømålene til lyset stilles til dagslyset, kunstlys eller blændingsforhold? I

nedestående figur er indeklimaet illustreret med delpåvirkninger, hvortil der kan opstilles miljømål.

Der vil typisk opstilles flere miljømål for at dække indeklimaet end for f.eks. energiforbruget. Det er på grund af indeklimaets sammensatte natur, og ikke fordi indeklimaet er vigtigere end de andre miljøpåvirkninger.



En ikke tilfredsstillende luftkvalitet kan næsten altid forbedres, uanset hvordan den er fremkommet (gasser, dampe, lugt, biologiske partikler, støv og luftfugtighed), ved hjælp af ventilation og rengøring. Det er dog "helbredelse frem for forebyggelse". Miljømål til luftkvaliteten, der ikke går på, hvad der kan gøres ved en eventuel dårlig luftkvalitet, skal opstilles som specifikke mål til hver enkel "undertype"-påvirkning (f.eks. biologiske partikler og lugt).

Beskrivelsen af indeklimaet kompliceres af, at forskellige personer har forskellige tærskler og præferencer for, hvornår de har det godt. Det er meget svært at definere "det bedste indeklima". Forskellige personer vil foretrække forskellige optimale temperaturer.

Desuden er der forskel på målt og oplevet indeklima, idet andre forhold kan spille ind på oplevelsen. Alene bevidstheden om, at der er gjort noget for at forbedre indeklimaet i et byggeri, betyder, at det for mange opleves bedre, selv om forbedringen ikke er slået igennem endnu, og ikke kan måles.

Vurderingen af indeklimaet har altså for en stor dels vedkommende et subjektivt element. Det er derfor svært at opstille miljømål, da der ikke findes en nøjagtig løsning på, hvad der er "bedst".

Det er dog muligt at opstille intervaller, hvor de fleste eller gennemsnittet har det godt. Miljømålene herunder er opstillet ud fra gennemsnitsbetragtninger og ud fra retningslinierne i "Indeklimahåndbogen" (Valbjørn, Lausten, Høwisch, Nielsen & Nielsen, 2000). Målene kunne også være opstillet ud fra en undersøgelse blandt de personer, der rent faktisk skal bo i eller arbejde i det pågældende byggeri.

Der opstilles kun miljømål for de områder indenfor miljøpåvirkningen indeklima, som i kortlægningen er udpeget som væsentlige. Det betyder her luftkvalitet, begrænset til støv, gasser/dampe, og lys begrænset til dagslys og blænding.

5.7.1 Miljømål for indeklima

Indeklimaet kan som tidligere vist deles op i en række underpunkter.

Miljøkortlægningen kan anvendes til at prioritere blandt de enkelte underpunkter. Af denne fremgår, at det er luftkvaliteten og lysforholdene, der er vurderet til potentielt at kunne give problemer.

Med hensyn til luftkvaliteten er det risikoen for afdampning af gasser fra inventar og byggematerialer, utilstrækkelig rengøring og/eller overflader og materialer, der ikke er rengøringsvenlige, der kan skabe problemer. Samtidig er det vigtigt med gode udluftnings- og ventilationsforhold i områder, der anvendes af mange personer.

Afgasning fra byggematerialer og inventar er afhængig af de anvendte indholdsstoffer. Ikke alle afgasninger er problematiske for indeklimaet. Visse stoffer giver dog typisk problemer. En del byggematerialer og inventar kan fås indeklimatekede. Det betyder, at det er kontrolleret, at materialerne ikke afdamper visse stoffer.

For andre byggematerialer, som f.eks. plast, lim, spartel- og fugemasser samt maling findes ikke en tilsvarende mærkningsordning. Det er ikke normalt, at producenter måler eller oplyser om produkternes afgasning. Egentlige miljødeklarationer eksisterer heller ikke på området, men der er krav om sikkerhedsdatablade (leverandørbrugsanvisninger), der giver oplysninger om indholdsstofferne og produkternes generelle farlighed, men ikke nødvendigvis om afgasningen i driftsperioden. Desuden er ikke alle produkterne beregnet til brug indendørs.

Kvaliteten af rengøringen og de rengøringsmidler, der anvendes, har også betydning for luftkvaliteten. Ligesom byggematerialer og inventar kan de anvendte rengøringsmidler afgive stoffer til luften. Set over bygningens levetid, kan rengøringen give lige så store problemer som afgasning fra byggevarer. F.eks. vil der over en gulvbelægnings levetid typisk anvendes flere rengøringsmidler og dermed stoffer på det, end det selv kan afgive. Generne er lugt og slimhindeirritation. Midlerne skal derfor vælges, så de ikke lugter eller irriterer. Selv om et middel umiddelbart lugter "godt", kan det sagtens irritere.

Utilstrækkelig rengøring kan også skabe både støvproblemer og problemer med mikroorganismer i luften.

Materialer med ru overflader og specielt tekstiler, er mindre rengøringsvenlige. Den potentielle påvirkning kan vurderes ved en "loddenfaktor". Loddenfaktoren er arealet af alle tekstile overflader divideret med rummets volumen.

Såfremt afgivelsen af stoffer til luften ikke kan begrænses, vil øget udluftning/ventilation ofte medføre, at indeklimaet alligevel bliver acceptabelt. Desuden kræver alene det, at mennesker opholder sig i lokalerne, en vis grad for udluftning/ventilation på grund af bio-effluenter, hvor CO₂-indholdet bruges som indikator.

Det er vigtigt, at der er tilstrækkeligt lys til at arbejde i. Samtidig har lysforholdene betydning for trivslen.

Der er udarbejdet normer for belysningsformen, belysningsstyrken, blændingsgrænsen og farvegengivelsen for forskellige arbejdssteder/arter (DS 700:997, 1997). For skoler (normalklasser og faglokaler uden særlige krav) er normerne, at f.eks. lysintensiteten skal være på 200 lux, det maksimale blændingstal på 20 og R_a-indexet (farvegengivelsen) på 80.

Da der er store vinduespartier, stilles krav i forhold til blændingen. I (**Indeklima lys**, ATV København, 1975) er givet en definition på blændingstallet. Samtidig angives, at man ikke kan tillægge talværdien for blændingstallet nogen egentlig betydning som målestok for blændingsfornemmelsen. Vi har derfor ikke anvendt blændingstallet i målene.

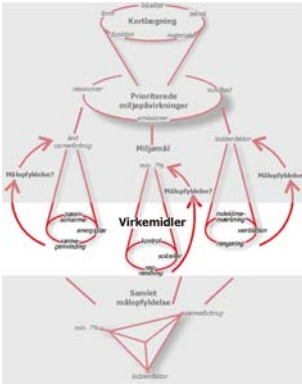
Miljømålene til lysforholdene er stillet på baggrund af erfaringer for, hvor påvirkningerne er værst (Christoffersen, Petersen, & Johnsen, 1999).

Øvrige indeklimapåvirkninger er ikke prioriterede.

<i>Generelle miljømål</i>
<p><i>Luftkvalitet:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Produkter og materialer, der har berøring med indeklimaet, skal vælges indeklimamærkede, såfremt der eksisterer produktstandarder for produktet.• Ved anvendelse af lim, fugemasse og maling m.m. (hvor der er risiko for afgang til indeklimaet) skal der indhentes en erklæring fra leverandøren om produkternes afgang, og vælges det produkt med mindst afgang i driftsperioden.• Rengøringsmidler og plejemidler må ikke lugte eller irritere (slimhinder).• Luftens indhold af støv skal være mindre end 0,1 mg/m³.• Loddenfaktoren skal være mindre end 0,35.• Ventilationen skal sikre en tilstrækkelig luftkvalitet. Som indikator anvendes CO₂-niveauet, der gennemsnitligt i undervisningstiden ikke må overskride 1.000 ppm. <p><i>Lys:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Glasarealet skal være 25 og 35% af facaden (for normale vinduestyper svarende til et vinduesareal på 15 til 25 % af gulvarealet) ¹⁾• Der skal tages forholdsregler mod blænding, uden at udsynet forringes. Ved mulighed for direkte sollys, skal der være regulerbar solafskærmning.

¹⁾ Vinduer og dagslys, SBI-rapport 318. Christoffersen et al., 1999.

6 Virkemidler



Den gennemførte miljøkortlægning har dannet baggrund for udformning af miljømål. Der skal nu foreslås konkrete projekteringsmæssige tiltag, virkemidler, der sigter mod opfyldelse af miljømålene. Det skal understreges, at der her er tale om eksempler på virkemidler og ikke en facitliste. Der er andre virkemidler, som ikke berøres i dette projekt, men som formentlig også kunne have ført til opfyldelse af de opstillede miljømål.

Endvidere skal der gøres opmærksom på, at et virkemiddel, som har en positiv effekt på én miljøpåvirkning, kan risikere at have en negativ effekt på andre miljøpåvirkninger. F.eks. kan ventilation medvirke til at give et godt indeklima, mens det samtidig giver et betydeligt energiforbrug. Der skal derfor ved valg af virkemidler foretages en miljømæssig helhedsvurdering for at sikre, at virkemidlet også totalt set har den ønskede effekt.

Der er i de efterfølgende afsnit givet forslag til virkemidler til opfyldelse af miljømålene. Virkemidlerne er i dette projekt valgt ud fra følgende forhold:

- Virkemidlet skal være et tiltag, der under alle omstændigheder ikke ville blive brugt. (F.eks. vil der altid i nyt byggeri blive opstillet lavtskyloiletter. Opstilling af disse anses derfor ikke længere som en egentlig vandbesparende foranstaltning. Der skal mere til.)
- Virkemidlernes miljømæssige betydning skal kunne dokumenteres/verificeres. Beregningerne/vurderingerne (f.eks. sandsynliggjort på baggrund af erfaringsbaserede skøn) skal dokumentere/verificere den miljømæssige virkning til brug for de projekterende.
- Virkemidlet skal have en vis betydning. Der gennemføres her ikke beregninger på/vurderinger af virkemidler, hvor det på forhånd er klart, at anvendelsen ikke vil give et væsentligt bidrag til mål opfyldelsen.
- Virkemidlet skal ikke være ekstremt forstået på den måde, at vi ikke her skal finde på nye virkemidler uden praktisk relevans. De virkemidler, der bliver regnet på, skal være realistiske alternativer til den "normale" løsning.

Valg af virkemidler foregår normalt gennem hele projekteringen. I de tidlige projekteringsfaser skal der foretages overordnede valg mellem forskellige principløsninger, mens der i de senere i projekteringsfaser skal vælges mellem forskellige detaljløsninger. I hovedprojekt- og udbudsfasen er det således processer, materialer m.m., der skal fastlægges.

6.1 Forudsætninger

Ved at bruge sin sunde fornuft og de gængse normer for projektering og udførelse af en byggesag, har man mulighed for at drage nytte af "skjulte" miljøgevinster.

Langtidsvirkende miljøkvalitet kan indbygges ved at bygge "godt" i bred forstand, f.eks. gennem vedligeholdelsesvenlighed, hærværksforebyggelse og etablering af fleksible bygninger, der kan tilpasses fremtidens funktions- og miljøkrav.

Noget så ordinært som at foreskrive og sikre, at arbejderne bliver udført efter producentens forskrifter, kan give en miljøgevinst. Eksempelvis vil korrekt udlagt isolering naturligvis have en bedre isoleringsevne på basis af samme materialeforbrug, end isolering ukorrekt udlagt.

Gennem valg af kvalitetsmaterialer nedsætter man materialeråstofforbruget på grund af bygningsdelens længere holdbarhed, f.eks. ved at anvende kerneved fremfor splintved til vinduer.

Byggeskadefonden vedrørende Bygningsfornyelse (BvB) har foretaget en betydelig erfaringsindsamling vedrørende de hyppigst forekommende byggefejl i byfornyelsen. Materialet kan bruges til at få overblik over mulige miljøgevinster. ByggeErfa-blade kan danne grundlag for research af samme karakter.

6.2 Metodik

Som udgangspunkt for valg af virkemidler, udarbejdes en "Brainstorm"-liste over mulige virkemidler. Listen opstilles og sorteres overordnet efter hvilken miljøpåvirkning, de reducerer.

Virkemidlerne knytter sig oftest til én miljøpåvirkning, men det forekommer af og til, at et virkemiddel har indflydelse på flere af miljøpåvirkningerne. Det kan betyde, at anvendelse af et virkemiddel nedbringer én miljøpåvirkning, men forværrer en anden. Forslagene er her alligevel opstillet efter hvilken miljøpåvirkning, de primært er tilknyttet. Der skal ved valget af virkemidler tages hensyn til, at opfyldelse af et miljømål med anvendelse af et virkemiddel ikke skal forværre en anden miljøpåvirkning.

Ud fra listen skal der udvælges de virkemidler, der i det aktuelle projekt skal tages i anvendelse. Det kan f.eks. være, at der ud af 50 mulige virkemidler ender med at blive taget 3 i anvendelse.

Det grundlag de virkemidler, der skal tages i anvendelse, skal vælges ud fra, er, ud over de rent tekniske hensyn, såvel miljøhensyn som økonomi. I praksis skal der vælges det eller de virkemidler, som medfører, at miljømålet opfyldes til lavest mulige pris. Som værktøj til at foretage dette valg kan anvendes skemaer til håndtering af virkemiddelvalg. Skemaet er vedlagt i bilag D.

Der er udviklet en metode til vurdering af totaløkonomi. Den er beskrevet i afsnit 6.2.1.

I afsnit 7.2 er der givet en metode til vurdering af målopfyldelsen.

6.2.1 Totaløkonomiske vurderinger

For at anskueliggøre et givet virkemiddels økonomiske konsekvens, er der for hvert virkemiddel angivet en totaløkonomisk vurdering i forhold til den traditionelle løsning, som virkemidlet erstatter. Den totaløkonomiske vurdering er foretaget for faserne:

- Etablering
- Drift i byggeriets levetid
- Bortskaffelse

for på denne måde at kunne skelne, hvor de økonomiske afvigelser fra de traditionelle løsninger forekommer. Desuden er der givet en samlet vurdering i

kolonne "I alt". For at vurdere totaløkonomien i "I alt"-kolonnen skal man være opmærksom på, at etablering, drift og bortskaffelse ikke vægtes ens. Typisk vil driftsøkonomien være langt den væsentligste og skal derfor vægtes højest. Jo længere levetid der forventes, jo tungere vejer driften.

En pragmatisk indgangsvinkel for at nå frem til en "I alt"-vurdering kunne være, at driftsfasen skulle vægtes med ca. 2/3 og etablering med ca. 1/3. Bortskaffelsen vil i langt de fleste tilfælde være forsvindende lille. Denne vægtning beror på en grov gennemsnitsvurdering af fordelingen på udgifterne fra erfaringer i byggeri.

Det er i den totaløkonomiske vurdering forudsat, at de nuværende priser er uændrede og er gældende i hele bygværkets levetid, bortset fra en typisk inflations- og renteudvikling.

Etableringsudgifter omfatter både projekterings- og entreprenørudgifter.

Totaløkonomiske vurderinger giver mulighed for at sammenligne etableringsomkostningerne med driftsomkostningerne. Ved en totaløkonomisk vurdering kan det således vise sig hvilken udformning, der total set er billigst, når alle omkostningerne i den betragtede periode medregnes.

Der er tale om relative vurderinger. Det er først, når alle forudsætningerne er kendte, at der, hvis det ønskes, kan foretages en absolut beregning. Denne vil dog stadig være behæftet med usikkerheder omkring forsyningspriser, levetider m.m.

Der er ved vurderingen sammenlignet over en periode på 30 år fra byggeriets opførelse, dvs. eventuelle udskiftninger af komponenter m.v. er medregnet under driften.

Når der skønnes en levetid for et virkemiddel, er det vigtigt ikke kun at anvende den ideelt set mulige levetid, men derimod at relatere levetiden til det konkrete projekt, dvs. at eventuel forventet ombygning m.m. skal tages i betragtning.

Ved bestemmelse af levetid skal følgende forhold vurderes:

- Materialets/bygningsdelens specifikke egenskaber, som normalt kan oplyses af leverandøren
- Konstruktive forhold (konstruktiv beskyttelse, tilgængelighed)
- Slidtage fra brugere
- Vejrpåvirkninger
- Vedligeholds- og rengøringsmetoder og intervaller, der igen er afhængige af den ønskede kvalitet af bygningen (må der f.eks. se lidt slidt ud m.m.?)
- Den forventede ombygningsfrekvens.

Ved den totaløkonomiske vurdering anvendes følgende graduering:

<i>Signatur</i>	<i>Forklaring</i>
++	Meget dyrere end den traditionelle løsning
+	Dyrere end den traditionelle løsning
0	Alternativt neutralt i forhold til den traditionelle løsning
-	Billigere end den traditionelle løsning
--	Meget billigere end den traditionelle løsning

6.3 Konflikter og sammenhænge mellem virkemidlerne

Ved udpegning af de virkemidler, der skal tages i anvendelse, vil der ofte, som tidligere nævnt, være konflikter. F.eks. vil der tit være en konflikt mellem et ønske om ventilation og samtidig et lavt energiforbrug. I det hele taget er der ofte konflikter mellem komfort og forbrug. Det betyder, at hvis man isoleret optimerer nedbringelsen af en miljøpåvirkning, kan det ofte medføre en forøgelse af en anden miljøpåvirkning. Mest udtalt er indeklimaet i konflikt med de øvrige miljøpåvirkninger, især energiforbrug og materialeforbrug.

Miljøpåvirkningen på grund af forbruget af såvel energiressourcer og materialeressourcer kan vurderes ud fra størrelsen af det faktiske forbrug. Jo større forbrug, jo større effekt.

Anderledes er det med indeklimaet: Hvad er et godt indeklima? Svaret er subjektivt. For at vurdere et indeklima er det imidlertid nødvendigt at opstille en skala for godt og dårligt arbejdsmiljø. Samtidig er det nødvendigt at kende sammenhængen til de virkemidler, der bl.a. skaber indeklimaet (f.eks. ventilation). Ellers er det ikke muligt at vurdere virkemidlets effekt.

Da indeklima er en sammensat størrelse (se afsnit 5.7), kan der ikke opstilles en enkelt skala for godt og dårligt indeklima. Der kan eventuelt opnås (lokal) enighed om, hvad der er optimalt, og hvad der er dårligst i underinddelingerne af indeklimaet, f.eks. temperatur, lyd eller lys. Da det normalt vil være uoverskueligt at vurdere alle underinddelingerne for indeklimaet, udvælges den eller de, der er mest relevante i det givne projekt.

I dette skolebyggeri er det vurderet, at luftkvaliteten er meget væsentlig. Mange mennesker skal opholde sig i rummene, og der skal være styr på forhold som lugt, luftfugtighed og CO₂-indholdet. Det betyder som en konsekvens, at ventilationsforholdene er væsentlige, idet det i stor udstrækning er dem, der regulerer luftkvaliteten.

Ventilationsbehovet, altså tilførsel af udeluft og/eller fjernelse af indeluft, er bl.a. afhængigt af antallet af personer, deres aktivitet, tobaksrygning, andre forurenende processer, afgangning, fugttilførsel og rumvolumen. Desuden kan temperatur og fugtighed være reguleret via ventilationen.

6.4 Helhedssyn

For at kunne vælge det optimale sæt virkemidler, de virkemidler, der samlet set gør mest for miljøet, er det nødvendigt med et helhedssyn.

Dette kræver et overblik over miljøforholdene for det samlede byggeri, der er under projektering. Et sådant overblik kan være endog meget svært at tilvejebringe. Det kræver, at man kender de miljømæssige konsekvenser af de mulige virkemidler og deres indflydelse på hinanden (jævnfør energiforbrug og indeklimadiskussionen).

6.5 Afgrænsning

Det er ikke realistisk at indsamle samtlige oplysninger for at opnå et reelt helhedssyn. Dels er mange af miljøkonsekvenserne ved de forskellige virkemidler ikke beskrevet tilstrækkeligt, dels vil det for de fleste bygherrer blive en for kostelig affære. Endvidere er der normalt ikke afsat tilstrækkelig tid til disse overvejelser i forbindelse med byggeri. Derfor er det, for at komme gennem

opgaven og nå frem til et brugbart resultat, nødvendigt at skyde genvej. Desuden er det nødvendigt at afgrænse problemstillingen. Det gøres ved at arbejde sig systematisk gennem beslutningerne og hele tiden gå videre med det væsentligste. De mindre væsentlige skæres fra.

Kortlægningen tjener til at identificere de væsentligste miljøpåvirkninger. Herved afgrænses opgaven til at nedbringe disse.

Opstilling af miljømål indsnævrer yderligere opgaven, idet der nu kan arbejdes mod konkrete mål.

Ud fra det store antal virkemidler, der kan tages i anvendelse for at nedbringe en bestemt miljøpåvirkning, kan man udelukke dem, der ikke bidrager til opfyldelse af miljømålene. Herved bliver listen af virkemidler endvidere reduceret væsentligt.

Ved opfyldelse af hvert mål, bør miljøbelastningen for den enkelte miljøpåvirkning blive mindre. Der skal selvfølgelig holdes et vågent øje med, at miljøbelastningen ikke blot flyttes til en anden miljøpåvirkning, således at byggeriets samlede miljøbelastning ikke forbedres (helhedssyn).

De virkemidler, der konkret skal tages i anvendelse, skal udpeges, og der skal gennemføres en evaluering af, om miljøbelastningen reelt nedbringes.

Fordelen ved metoden er, at man i hvert led forenkler valgmulighederne, hvilket giver mulighed for ved en overkommelig indsats at opnå et resultat. Desuden kan man opnå et resultat uden at sætte sig detaljeret ind i alle forhold.

Ulempen ved metoden er, at det er meget nemt at miste overblikket, da man i hvert led forenkler problemstillingen. Der udelukkes muligvis nogle lette/billige løsninger til gavn for miljøet, fordi de ikke var topprioriteret (f.eks. ved at undlade lavtskyloiletter, hvis vandforbruget ikke er prioriteret).

Man skal altså under alle omstændigheder huske at skele til virkemidler, der gavner miljøet, selv om de ikke lige løser miljøproblemer i indsatsområderne, men er gratis/billige/nemme at medtage.

6.6 Energiforbrug

Det er i miljøkortlægningen vurderet, at energiforbruget potentielt kan være en væsentlig miljøpåvirkning på grund af risiko for mangel på knappe energiresourcer og den afledte drivhuseffekt. De væsentligste energiresourcer og deres forsyningshorisonter er oplyst her (Gunnensen et al., 2001):

- Olie (43 år)
- Naturgas (60 år)
- Stenkul (170 år)
- Brunkul (390)
- Vind (∞)
- Sol (∞).

Til knappe energiresourcer regnes olie og naturgas, da forsyningshorisonten er mindre end 100 år.

Der er utallige virkemidler til nedbringelse af energiforbruget og mange muligheder for anvendelse af energiressourcer, der ikke er knappe og bidrager mindre til drivhuseffekten. I eksemplet er blot medtaget tilstrækkeligt mange til, at metodikken kan vises.

Energiforbruget kan deles op i varme- og elforbrug. Førstnævnte går alene til opvarmningsformål, hvor der er varmetab via klimaskærmen og til opvarmning af ventileret luft. Virkemidlerne kan derfor rette sig mod nedbringelse af varmetabet over klimaskærmen eller tiltag, der begrænser energiforbruget til opvarmning af frisk luft. Endelig kan man vælge mere drastiske virkemidler som at nedsætte indetemperaturen.

Elforbruget fordeler sig på flere anvendelser: Belysning, ventilation, computere, elektriske apparater via stikkontakter, skolekøkken, sløjde, elevatorer m.m.

Med hensyn til belysningen vil der i nybyggeri normalt altid anvendes lavenergipærer. Derfor vil det ikke længere være et fremsynet virkemiddel, men mere det normale. Desuden er der i eksempelbyggeriet lagt vægt på et godt dagslysindfald, bl.a. ovenlys, der er med til at nedbringe elforbruget.

Ventilationen tegner sig gennemsnitligt for omkring 20% af det samlede elforbrug på skoler, men med stor variation (Gunnensen, 2001).

Fordelingen vil naturligvis ikke være den samme i et nyt skolebyggeri. Der vil kunne være store forskelle. Dog er det sikkert, at ventilationen under alle omstændigheder kan være en meget væsentlig elforbruger.

Der anvendes el til mekanisk ventilation. En optimering af driftstiden vil nedsætte elforbruget. Behovsstyring kan være, f.eks. fugtstyret (mest relevant i vådrum), CO₂-styret, som kan være aktuelt i institutioner, hvis der ikke er god luftmæssig forbindelse til resten af bygningen, eller hvor belastningen er høj (klasserum) samt temperaturstyret.

Anvendelse af naturlig ventilation alene er muligvis ikke tilstrækkeligt. En kombination, hybrid ventilation, hvor den mekaniske ventilation tager over, når den naturlige ikke er tilstrækkelig, er en mulighed.

Anvendelse af lavenergiapparatur vil umiddelbart betyde en nedsættelse af energiforbruget til ventilationen.

En ny skole vil sandsynligvis være godt udrustet med hensyn til Edb-udstyr, hvilket også kan betyde et betydeligt energiforbrug. Der er ikke tvivl om, at der skal anskaffes computere, for at skolen kan leve op til de pædagogiske og undervisningsmæssige krav, der stilles til en nutidig skole. Samtidig er der i dag også god mulighed for nemt at vælge udstyr med meget lavt energiforbrug, såvel under aktiv som passiv brug. Elforbruget til pc'ere tegner sig for en typisk skole for omkring 8% af det samlede elforbrug (Gunnensen, 2001).

Ikke knappe energiressourcer kan være solenergi til vand eller el, vindkraft, jordvarme m.m.

Et begrænset antal forslag til virkemidler for de to miljømål til energiforbruget er oplistet som eksempel i skemaerne herunder:

<i>Byggeprojekt: Eksempelbyggeri</i>		<i>Miljøpåvirkning: Energiforbrug</i>				
<i>Forventet levetid: 60 år</i>		<i>Livscyklusfase: Drift</i>				
<i>Miljømål: Energiforbruget til varme og el fra knappe energiresourcer skal kunne opfylde kravene til A-mærkning i ELO' energimærkningsordning.</i>						
Valgte virkemidler	Fravalgte virkemidler	Virkemidler	Totaløkonomi			
			Etablering	Drift	Bortskaffelse	I alt
		<i>Naturlig ventilation har intet elforbrug.</i>	-	--	-	--
		<i>Hybrid ventilation - en kombination mellem mekanisk og naturlig ventilation.</i>	+	-	0	-
		<i>Mekanisk ventilation med aktiv udsugning (medtages som beregningseksempel).</i>	0	0	0	0
		<i>Balanceret mekanisk ventilation, hvor der er både udsuges og indblæses luft (medtages som beregningseksempel).</i>	+	-	0	-
		<i>Anvendelse af lavenergi-ventilationsenheder.</i>	+	-	0	-
		<i>Varmegenvinding på afkastluft for ventilationsanlæg, varmen genbruges i indblæsningsluften.</i>	+	-	+	-
		<i>Behovstyret ventilation, så mekanisk ventilation kun kører, når det er nødvendigt.</i>	+	-	0	0
		<i>Lavenergiruder, U-værdi på 1,4.</i>	+	-	0	-
		<i>Øget isolering i vægge og tag.</i>	+	-	+	-
		<i>Skodder for vinduerne, lukkes om natten, hvis temperaturen er lavere ude.</i>	+	-	0	-
		<i>Computere med lavt energiforbrug.</i>	+	-	0	-
		<i>Lav rumtemperatur.</i>	0	-	0	-
		<i>Solceller, anvender ikke knappe energiresourcer i driften.</i>	++	--	+	-
		<i>Vindkraft, anvender ikke knappe energiresourcer i driften.</i>	++	-	0	-

<i>Byggeprojekt: Eksempelbyggeri</i>		<i>Miljøpåvirkning: Energiforbrug</i>				
<i>Forventet levetid: 60 år</i>		<i>Livscyklusfase: Drift</i>				
<p><i>Miljømål:</i> Brugere (elever og personale) skal informeres om anvendelsen af de forskellige foranstaltninger til nedbringelse af energiforbruget i driften for at bibringe en forståelse herfor. Desuden skal brugerne løbende informeres om forbrug - f.eks. ved oplysninger centralt placeret eller som en fast rubrik i skolebladet.</p>						
Valgte virkemidler	Fravalgte virkemidler	Virkemidler	Totaløkonomi			
			Etablering	Drift	Bortskaffelse	I alt
		Oplysninger om forbrug i <i>skolebladet</i> .	0	-	0	-
		<i>Informationsmøde</i> om energiforbrug.	0	-	0	-
		<i>Informationsmøde</i> om opvarmningssystemet og ventilationsforholdene.	0	-	0	-
		Brugergrænseflade placeret centralt – f.eks. i kantinen med <i>oplysninger</i> om forbrug.	+	-	0	-
		Indførelse af <i>energiledelse</i> .	+	-	0	-
		Indførelse af <i>miljøledelse</i> .	+	-	0	-
		<i>Indrage forbruget i undervisningen</i> - f.eks. ved at lade elever opgøre forbruget som et led i undervisningen og lade dem komme med forslag til forbedringer.	0	-	0	-
		Synliggørelse af forbruget i de enkelte huse eller klasser - til <i>sammenligning</i> .	+	-	0	-

6.7 Indeklima

Det er i miljøkortlægningen vurderet, at indeklimaet potentielt kan være årsag til alvorlige miljøeffekter.

Der er utallige virkemidler til forbedring af indeklimaet. I eksemplet er blot medtaget tilstrækkeligt mange, til at metodikken kan vises.

Indeklimaet er som tidligere nævnt en mere kompliceret størrelse end de andre miljøpåvirkninger, idet den består af mange helt forskellige delpåvirkninger. Derfor vil det oftest kun være en del af indeklimapåvirkningen, der prioriteres, som her, hvor der er fokus på luftkvalitet og lysforhold.

Et begrænset antal forslag til virkemidler til forbedring af luftkvaliteten er oplistet som eksempel i skemaet herunder:

<i>Byggeprojekt: Eksempelbyggeri</i>		<i>Miljøpåvirkning: Indeklima</i>				
<i>Forventet levetid: 60 år</i>		<i>Livscyklusfase: Drift</i>				
<i>Miljømål: Der er opstillet 6 forskellige miljømål til luftkvaliteten (se afsnit om miljømål). Virkemidlerne til de 6 miljømål er samlet i dette skema</i>						
Valgte virkemidler	Fravalgte virkemidler	Virkemidler	Totaløkonomi			
			Etablering	Drift	Bortskaffelse	I alt
		Anvendelse af <i>indeklimatemærkede</i> byggevarer (Dansk Indeklima Mærkning).	+	0	-	+
		Vælg <i>indeklimatevenlige malinger</i> . MAL-koden er et udtryk for malingens sundhedsfarlighed for maleren (organiske opløsningsmidler, ætsning m.m.). For brugeren er det afgasning på lang sigt af opløsningsmidler, konserveringsmidler og hormonlignende blødgørere, diffusionsåbenhed m.m., der udgør sundhedsfaren. Det forholder sig ofte sådan, at malinger, der har en lav MAL-kode (dvs. er gode for malerens arbejdsmiljø), ikke samtidig er de bedste for indeklimaet/brugeren. Ved valg af malingstype henledes opmærksomheden på, at maleren kan beskytte sig med masker og dragter, mens brugeren af bygningen ikke er beskyttet.	0	0	0	0
		Kræv <i>erklæring</i> fra leverandøren om produkternes afgasning (lim, maling, lak, spartel- og fugemasse).	0	0	-	0
		Gennemgå <i>sikkerhedsdatablade</i> for lim, maling, lak, spartel- og fugemasse. Vælg det produkt med de mindst skadelige indholdsstoffer m.h.t. afgasning.	+	0	0	0
		Brug produkter (plast, lim, maling, lak, spartel- og fugemasse), hvor der er <i>erfaring for</i> , at de ikke giver problemer i indeklimaet.	0	0	0	0
		Anvendte produkter (plast, lim, maling, lak, spartel- og fugemasse) skal være beregnet til at bruge <i>indendørs</i> .	0	0	0	0
		<i>Rengøringsvenlige overflader</i> , der kan rengøres med miljøtilpassede rengøringsmidler/-metoder.	+	-	0	-
		Rengørings- og plejemidler skal vælges, så de <i>ikke lugter eller irriterer</i> .	0	0	0	0
		Anvendelse af <i>mikrofiberklude</i> kan begrænse brugen af rengøringsmidler.	+	-	0	-
		Sikring af, at <i>byggefugtniveauet</i> er tilstrækkeligt lavt ved montage af kompletterende bygningsdele.	0	0	0	0
		Grundig <i>byggepladsrensning</i> , så der ikke lukkes snavs og byggeaffald inde i hulrum, som f.eks. over nedhængte lofter, i ventilationssystemer, skakte m.m.	+	0	0	+
		<i>Udendørs belægnings</i> , der hindrer/minimerer mængden af jord/snavs, der bliver ført ind i bygningen.	0	-	0	-
		<i>Placer riste eller måtter</i> ved indgange, så snavs fra fodtøj ikke slæbes ind i lokalerne.	0	-	0	-
		Undgå <i>lodne materialer</i> , der samler støv.	0	0	0	0
		Separat garderobe (ikke i klasselokale eller opholdsrum).	0	0	0	0
		Udformning og indretning, så rengøring er let, og så det er muligt at komme ind i hjørner.	0	-	0	-

<i>Byggeprojekt: Eksempelbyggeri</i>		<i>Miljøpåvirkning: Indeklima</i>				
<i>Forventet levetid: 60 år</i>		<i>Livscyklusfase: Drift</i>				
<i>Miljømål: Der er opstillet 6 forskellige miljømål til luftkvaliteten (se afsnit om miljømål). Virkemidlerne til de 6 miljømål er samlet i dette skema</i>						
Valgte virkemidler	Fravalgte virkemidler	Virkemidler	Totaløkonomi			
			Etablering	Drift	Bortskaffelse	I alt
		Kontroller rengøringen	0	+	0	+
		<i>Ventilation – generelt</i> Udformning af byggeriet med henblik på opnåelse af tilstrækkelig ventilation bidrager til et godt indeklima. Der er mange forskellige muligheder for at ventilere et byggeri. Her er gjort opmærksom på eventuelle ulemper ved mekanisk ventilation, samt eventuelle muligheder i naturlig ventilation. Mekanisk ventilation er ikke gennemgået nøjere. Det skal bemærkes, at det også kan være fordelagtigt at kombinere mekanisk og naturlig ventilation, og at det ene ikke nødvendigvis udelukker det andet.				
		Spjæld og ventiler udformes lettilgængelige for en effektiv rengøring.	+	-	0	-
		Ved planlægning af rørtræk tages hensyn til rimelige rengøringsmuligheder.	0	-	0	-
		Ventilationsrør udføres således, at disse ikke bliver til skidtsamlere.	+	-	0	-
		Ventilationsrør skal være indvendigt rengjorte på indbygningstidspunktet.	0	0	0	0
		<i>Naturlig ventilation</i> De listede virkemidler vedr. naturlig ventilation bør anvendes i kombination med hinanden, og bør integreres i projekteringen helt fra de tidligste projektforslagsfaser. Når der planlægges med naturlig ventilation, er det vigtigt for optimal funktion, at dette medtænkes i bygningens design (bygningssnit, placering af friskluftindtag m.h.t. vind og forurening etc.). Det skal bemærkes, at det også kan være fordelagtigt at kombinere mekanisk og naturlig ventilation, og at det ene ikke nødvendigvis udelukke det andet (hybrid ventilation).				
		<i>Oplukkelige vinduer</i> Luftindtag med mulighed for at regulere luftmængden. Gerne mange vinduer i forskellige størrelser og placering.	+	-	0	-
		Anvendelse af effektiv <i>automatik</i> til åbning og lukning af vinduer.	+	-	0	-
		<i>Forvarmning</i> af ventilationsluft via glaskarnapper, tilluftkamre, via solvægge, dobbelte vinduer m.m. (se "Energiforbrug – passiv solvarme")	+	-	+	-
		<i>Ventilations-/solskorstene</i> , der trækker luften igennem, idet luften i skorstene bliver opvarmet. Skorstenen udformes med henblik på at optage varme fra solens stråler.	+	-	+	-
		Inddragelse af funktionskrav til naturlig ventilation ved <i>udformning af byggeriet</i> .	-	-	0	-

<i>Byggeprojekt: Eksempelbyggeri</i>		<i>Miljøpåvirkning: Indeklima</i>				
<i>Forventet levetid: 60 år</i>		<i>Livscyklusfase: Drift</i>				
<i>Miljømål: Der er opstillet 6 forskellige miljømål til luftkvaliteten (se afsnit om miljømål). Virkemidlerne til de 6 miljømål er samlet i dette skema</i>						
Valgte virkemidler	Fravalgte virkemidler	Virkemidler	Totaløkonomi			
			Etablering	Drift	Bortskaffelse	I alt
		<i>Behovstyret ventilation</i> , bl.a. ved anvendelse af frekvensstyrede ventiler, CO ₂ , fugt- eller temperaturstyret.	+	-	0	-
		<i>Stort rumvolumen</i> i forhold til antal personer giver bedre luftkvalitet.	+	+	+	+
		Indendørs <i>beplantning</i> med luftrensende og fugtudjævnende egenskaber giver udover den æstetiske værdi et godt bidrag til luftkvaliteten. Eksempelvis kan nævnes Flora-projektet i Danmark, der efter al sandsynlighed har udviklet en metode til gennem planter at rense luften for skadelige stoffer. Metoden kan beskrives som et luftrodzoneanlæg.	+	+	0	+

Et begrænset antal forslag til virkemidler med hensyn til lys er oplistet som eksempel i skemaet herunder:

<i>Byggeprojekt: Eksempelbyggeri</i>		<i>Miljøpåvirkning: Indeklima</i>				
<i>Forventet levetid: 60 år</i>		<i>Livscyklusfase: Drift</i>				
<i>Miljømål: Der er opstillet 2 forskellige miljømål med hensyn til lys (se afsnit om miljømål). Virkemidlerne til de 2 miljømål er samlet i dette skema</i>						
Valgte virkemidler	Fravalgte virkemidler	Virkemidler	Totaløkonomi			
			Etablering	Drift	Bortskaffelse	I alt
		Der skal være ovenlys i alle opholdsrum. Ovenlys giver en behagelig rumopfattelse og et godt rumlys.	+	(0)	+	+
		Vinduer giver dagslysindfald. Dagslys har stor betydning for velbefindendet.	+	(0)	+	+
		Regulerbar solafskærmning.	+	0	+	+
		Vinduespartiet kan opdeles, således at der placeres et dagslysvindue højt og et udsynsvindue lavt.	0	0	0	0
		Området omkring vinduerne skal være helt lyst for at hindre blænding.	0	0	0	0
		Stort tagudhæng kan tage det direkte sollys, uden at udsynet forringes.	+	0	+	+

6.8 Materialeforbrug

Det problematiske ved materialeforbruget er forbrug af knappe ressourcer. Knappe ressourcer er oplistet under miljømålene. De kan kort opsummeres her sammen med deres forsyningshorisont (Gunnensen et al., 2001):

- Bly (20 år)
- Kobber (36 år)
- Mangan (86 år)
- Nikkel (50 år)
- Tin (27 år)
- Zink (20 år)
- Olie (43 år).

Materialernes anvendelse er beskrevet i afsnittet om miljømål. På baggrund af viden om materialevalget i eksempelbyggeriet er visse materialer mere relevante her end andre.

Såvel tin som bly indgår i PVC, der produceres ud fra råolie. Derfor er der en ekstra grund til at undgå dette materiale.

I forbindelse med valg af materialer er levetiden en væsentlig parameter. Knappe ressourcer kan af og til være at foretrække, hvis deres holdbarhed i byggeriet er væsentlig større end andre materialers, der også har (andre) miljømæssige konsekvenser. Dette skal dog altid ses i relation til, hvor længe byggeriet forventer at skulle stå. Forventes det at skulle rives ned, før den forventede holdbarhed af materialet, har den yderligere holdbarhed mindre betydning.

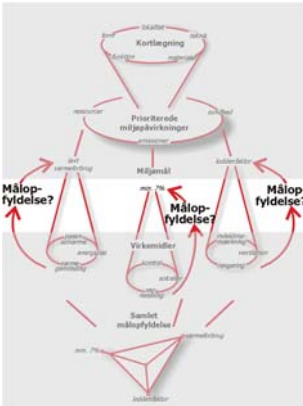
Bygningers levetid sættes i beregningerne til 60 år, men erfaringer viser, at en del byggeri står endog meget længere. Bygherrerne (kommuner) skuer dog sjældent så langt ud i fremtiden, at de sætter en nedrivningsdato på et byggeri allerede ved opførelsen. Erfaringer fra udviklingen på skoleområdet de seneste 100 år viser også, at forudsigelser over udviklingen på f.eks. bare 50 år i praksis er umulig.

Et begrænset antal forslag til virkemidler for de to miljømål til materialeforbruget er oplistet som eksempel i skemaerne herunder:

<i>Byggeprojekt: Eksempelbyggeri</i>		<i>Miljøpåvirkning: Materialeforbrug</i>				
<i>Forventet levetid: 60 år</i>		<i>Livscyklusfase: Fremstilling</i>				
<i>Miljømål: Anvendelse af knappe materialeressourcer skal stamme fra genbrug/genanvendelse.</i>						
Valgte virkemidler	Fravalgte virkemidler	Virkemidler	Totaløkonomi			
			Etablering	Drift	Bortskaffelse	I alt
		Hvis der anvendes knappe materialeressourcer – f.eks. kobber, zink eller tin, skal disse fremstilles af skrot.	0	0	-	0
		Brug af <i>genbrugsmaterialer</i> , da disse erstatter brugen af jomfruelige materialer.	0	0	-	0
		Anvendelse af materialer, hvor rester/spild kan returneres til producent med henblik på <i>genvinding</i> .	0	-	-	0
		Ved anvendelse af plast, skal vælges produkter, der er fremstillet af genanvendte materialer.	0	0	-	0
		<i>Fleksibilitet</i> i konstruktionerne, således at fremtidige ændringer ikke udløser uforholdsmæssigt store miljøpåvirkninger. Dette kan eksempelvis ske gennem en skelnen mellem råhus og kompletterende bygningsdele, således at ombygninger sker uden indgreb i de bærende konstruktioner.	0	0	-	(-)
		Konstruktionsprincipper, der sikrer <i>sektiv nedrivning</i> , således at de enkelte materialer kan adskilles og genanvendes.	0	-	-	-

		<i>Byggeprojekt: Eksempelbyggeri</i>	<i>Miljøpåvirkning: Materialeforbrug</i>			
		<i>Forventet levetid: 60 år</i>	<i>Livscyklusfase: Fremstilling</i>			
<p><i>Miljømål: Mængden af anvendt kobber, tin, zink og oliebaseerede produkter skal ligge 25% under gennemsnitsforbruget.</i></p>						
Valgte virkemidler	Fravalgte virkemidler	Virkemidler	Totaløkonomi			
			Etablering	Drift	Bortskaffelse	I alt
		Anvend tegltag, betontagsten, græstørv eller tagpap i stedet for kobbertag.	--	0	+	-
		Undgå så vidt muligt kobberør.	-	0	+	-
		Anvend aluminiums- eller fiberkabler, hvor det er muligt.	-	0	0	-
		Undgå konstruktioner, der kræver lodning – på grund af tinforbruget.	+	0	0	0
		Blikemballager indeholder tin – undgå disse.	-	0	0	0
		Undgå anvendelse af zink, kobber (tagrender, nedløbsrør, tagindækninger m.m.).	0	0	+	0
		Undgå oliebaseerede produkter – f.eks. plast og asfalt. Står valget mellem ovennævnte metaller og oliebaseerede produkter foretrækkes dog de oliebaseerede.	-	0	0	0
		Valg af materialer fra <i>fornyelige eller rigelige råstofressourcer</i> . F.eks. træ fra bæredygtigt skovbrug, beton, muslingeskaller som tilslag eller isolering m.m.	-	0	-	-
		Minimering af anvendelsen af bygningsdele, der tilpasses på <i>byggepladsen</i> , og som medfører et spild.	-	0	-	-
		Anvendelse af <i>materialebesparende arbejdsmetoder</i> , f.eks. maling med rulle fremfor med sprøjte.	-	0	0	0,(-)
		Ved minimering af materialeforbruget minimeres ligeledes forbruget af materialeråstoffer – herunder knappe ressourcer - samt miljøpåvirkninger i forbindelse med fremstilling af materialer.	-	0	-	0,(-)
		<i>Styring og regulering af materialeressourceforbrug</i> med henblik på minimering.	-	0	-	(-)
		Minimere længden af <i>lednings- og rørstrækninger</i> . F.eks. samlede vådrumskerner fremfor spredte.	-	0	-	(-)

7 Målopfyldelse



I det følgende vil de overvejelser, der gøres i forbindelse med vurderingen af målopfyldelsen blive diskuteret, og der gives metoder til vurdering og verificering af målopfyldelsen.

Der er gennemført vurderinger af målopfyldelsen for de miljøpåvirkninger, der er prioriteret som resultat af den gennemførte miljøkortlægning, og hvor der er opstillet miljømål. Det drejer sig om:

- Energiforbrug (samt emission af CO₂)
- Indeklima
- Materialeforbrug.

I afsnit 7.1 diskuteres overvejelserne i forbindelse med vurdering af målopfyldelse, og i afsnit 7.2 anvises metodik til vurdering af målopfyldelsen samt en præsentation af beregningsværktøjet. I afsnittene 7.3 til 7.5 gennemgås en vurdering af hvert enkelt miljømål i eksempelbyggeriet, i den udstrækning det kan lade sig gøre.

Er der anvendt virkemidler, der har indflydelse på flere miljømål, søges der gennemført en mere helhedsbaseret vurdering, hvor målopfyldelsen vurderes samlet, idet der tages højde for, at målopfyldelsen for et miljømål ikke betyder forringelse af opfyldelsen for et andet.

I hvert tilfælde vurderes, om der er mulighed/risiko for, at virkemidlerne, der er anvendt, vil kunne give anledning til miljøpåvirkninger og dermed effekter andre steder end i den miljøpåvirkning, der behandles.

I afsnit 7.6 gives en præsentation af den samlede målopfyldelse for eksempelbyggeriet.

7.1 Overvejelser

En vurdering af målopfyldelsen vil foregå løbende gennem hele byggeprocessen, og efterhånden som der vælges virkemidler. Forskellige virkemidler kan give hvert sit bidrag til målopfyldelsen – det er ikke nødvendigvis et enkelt virkemiddel, der alene kan bidrage til den totale målopfyldelse. Oftest vil flere forskellige virkemidler sammen bidrage til målopfyldelsen for en miljøpåvirkning.

7.1.1 Virkemidlernes tilpasning til målet

I figur 7.1 er forskellige scenarier for målopfyldelsen illustreret. En, hvor målet er mere end opfyldt, en, hvor det netop er opfyldt og en, hvor det ikke er opfyldt. Der skal altid sigtes mod netop at opfylde miljømålet.

Der kan opstå en situation, hvor det valgte virkemiddel betyder, at miljømålet er mere end opfyldt. F.eks. hvis luften i et afkast renses ned til et lavere niveau end der ønskes i miljømålet. Er det så godt eller skidt?

Der har i forbindelse med fastsættelse af miljømålet være taget hensyn til udledningens farlighed og recipientens evne til at modstå påvirkningen. Målet er sat i forhold til øvrige hensyn. Rensningen kræver energi; der opstår et affaldsprodukt, og desuden er der udgifter forbundet med rensningen. Kunne man have fået mere miljø for pengene ved at anvende dem til opfyldelse af et andet miljømål? Kunne byggeriet være blevet billigere? Eller var ekstraudgiften her så lille, at det totalt var en gevinst? Det er i de fleste tilfælde ikke en fordel at "skyde over målet"!

Hvis de virkemidler, der er taget i anvendelse, ikke er tilstrækkelige til at opnå målopfyldelse, skal der tages yderligere virkemidler i anvendelse. Der findes et ekstra virkemiddel, som kan tilføjes, så målet bliver opfyldt.

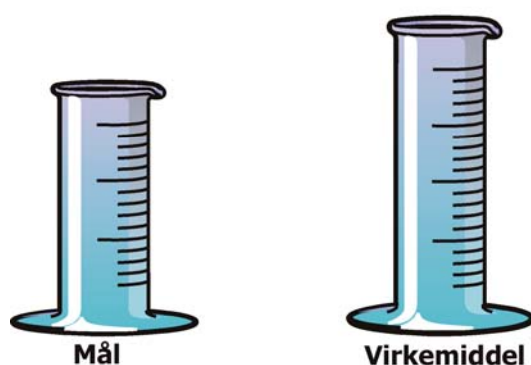
Det er dog ikke altid sikkert, at målet kan opfyldes. Der kan i projektet være bindinger, som gør, at opfyldelse af et miljømål bevirker, at et andet ikke kan opfyldes. Desuden vil der i praksis skulle tages økonomiske hensyn, der ofte kan betyde, at målene ikke nås til fulde.

Det skal pointeres, at mål er mål. Det vil sige, at det er det, man stræber efter, men ikke altid rammer.

Der er også situationer, hvor anvendelse af virkemidlerne har flere konsekvenser. Ét virkemiddel kan bidrage til opfyldelsen af flere forskellige miljømål. F.eks. vil en nedsættelse af arealet både betyde et mindre materialeforbrug og en nedsættelse af energiforbruget ved driften.

Ligeledes kan ét virkemiddel indeholde såvel positive som negative konsekvenser. F.eks. vil en nedsættelse af arealet betyde et mindre materialeforbrug og en nedsættelse af energiforbruget ved driften, men det kan også meget vel betyde et dårligere indeklima.

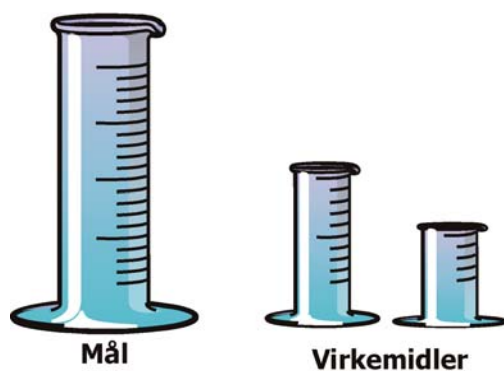
Mål og virkemidler



1. Målet kan (så rigeligt) opnås ved det valgte virkemiddel



2. For at opnå målet, er det nødvendigt at tage 4 forskellige virkemidler i anvendelse



3. Målet kan ikke opfyldes, ved hjælp af de valgte virkemidler

Figur. Målopfyldelse

7.1.2 Referencer for målopfyldelsen

Målopfyldelsen er en vurdering af, om det stillede mål er opfyldt eller ej. Denne vurdering kan være enkel at gennemføre eller mere besværlig. Det har i den forbindelse stor betydning, hvordan målet er defineret. Jo mere entydigt og målbart, jo nemmere er vurderingen af målopfyldelsen. Derfor kan det betale sig, at arbejde med målene for at få dem stillet, så en vurdering er lettere – selvfølgelig under forudsætning af, at målene retter sig mod det væsentlige.

Nogle mål af typen "Der skal udarbejdes planer for genanvendelse af bygge- og anlægsaffald" er enten opfyldt eller ej - de kan ikke være delvist opfyldt. Men andre af typen "Vandforbruget må maksimalt være $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ " kan være søgt opfyldt, uden at målet er nået. Der kan derfor være tale om en delvis opfyldelse, som også skal kunne afrapporteres.

Det er nødvendigt at kende referenceværdier for energiforbrug, materialeforbrug, støj m.m. for at kunne opstille miljømål i forhold til disse, og for at kunne vurdere målopfyldelsen. Disse værdier findes ikke altid, og man må overveje, hvilke tilnærmede værdier man kan bruge, eller hvilke antagelser, man kan gøre i stedet.

Begrebet økologisk råderum beskriver, hvor meget man kunne tillade sig at anvende uden at gøre miljøet fortræd. Anvendelse af økologisk råderum som en referenceværdi vil derfor være optimal.

Der er i miljøstyrelsens regi lavet en udredningsrapport (Miljøstyrelsen, 1998a), hvor bl.a. kobber indgår. En af konklusionerne er, at det økologiske råderum for ikke-fornybare ressourcer ikke er et veldefineret videnskabeligt begreb. Det vil bl.a. sige, at det ikke er muligt at foretage eksakte beregninger af råderummets størrelse, men at det kan anvendes som værktøj til at opstille pejlemærker for en bæredygtig udvikling.

Der er i rapporten angivet flere størrelser for det økologiske råderum for kobber, alt efter hvor stærk en bæredygtighed, der ønskes (fra at forbruget skal modsvare den geologiske gendannelse til, at kobberressourcen netop skal holde 100 år endnu). Dette giver værdier for forbrug på fra 0,007 til 0,7 kg/år/person.

Hvis disse tal skal bruges til sammenligning, skal de omsættes til en mængde kobber, der må bruges i skolebyggeriet pr m^2 . Det vil naturligvis give en stor (endnu større) usikkerhed. Hvor stor en del af en persons økologiske råderum bruges på skolen? Der skal fratrækkes andre forbrug af kobber i de samme personers liv (bolig, transportmiddel, ejendele). Skal offentlige bygninger m.m. deles ud på os alle sammen? Dette bliver et kompliceret og meget tænkt regnestykke, behæftet med meget store usikkerheder.

Værdierne for det økologiske råderum egner sig bedst til at vurdere landes forbrug. Der er ikke mulighed for at skelne, hvor stor en del af forbruget, der f.eks. går til byggeri. Og slet ikke, når man kommer ned på enkeltbyggeri-niveau. Økologisk råderum er derfor ikke egnet som referenceværdi i denne sammenhæng.

Der er dog flere muligheder for at finde egnede referenceværdier. Man kan i forbindelse med målstillingen forholde sig til noget kendt. Det kan være oplysninger fra branchen, andre byggerier eller miljøkriterier fra forskellige ordninger eller lovgivning.

Med hensyn til forbrugsdata for forskellige bygningskategorier, er der hjælp at hente i Energiledelsesordningens nøgletalsrapport (Energiledelsesordningen, 1999), der har opgjort værdier for forbrug af el, varme og vand for forskellige bygningskategorier.

På materialesiden er der færre opgørelser at forholde sig til. Der er for en række år siden lavet en rapport om materialeforbruget i byggebranchen

Byggeriets materialeforbrug (Miljøstyrelsen, 1993) der i visse tilfælde kan anvendes.

Med hensyn til emissioner til luft og vand kan det også være vanskeligt. Der er dog for en række konkrete stoffer lovgivningskrav, når det gælder industri.

For affald kan der være lokale regulativer eller krav til genanvendelsesprocenter, som man kan tage udgangspunkt i ved vurdering af målopfyldelsen.

For indeklimaforhold findes i **Indeklimahåndbogen** (Valbjørn, 2000) en række retningslinier og anbefalede værdier, som ligeledes kan bruges som referencer. Desuden findes der indeklimamærkning for forskellige byggevarer.

For en del forhold kan der stilles krav i forhold til bygningsreglementets mindstekrav, som kan anvendes som et fikspunkt, man kan måle sig op imod.

Der kan også tages udgangspunkt i et konkret og velkendt byggeri, hvor målet kan være, f.eks. at blive lige så god eller 20% bedre på udvalgte områder. Eller f.eks. at affaldsmængder skal reduceres med 10%, eller at forbruget af knappe materialeressourcer skal reduceres med 15% i forhold til referencebyggeriet. Det kræver dog, at mange forhold er detaljeret opgjort for referencebyggeriet.

Allerbedst ville det være, hvis der indenfor hver bygningskategori nationalt eller eventuelt internationalt blev udvalgt et velbeskrevet referencebyggeri.

7.2 Metodik for vurdering af mål opfyldelsen

Vurderingen af målopfyldelsen for forskellige miljøpåvirkninger kan være meget forskellig. I det følgende vil der blive vist metoder til vurdering og verificering af målopfyldelsen.

I vurdering af målopfyldelsen arbejdes videre på de skemaer, der er påbegyndt ved opstilling af alternative virkemidler, og hvor der også er gennemført totaløkonomiske vurderinger, se bilag D.

Med hensyn til målopfyldelsen er der på forskellige tidspunkter i byggeprocessen behov for at kende målopfyldelsen med større eller mindre nøjagtighed, dels ved sortering i mulige virkemidler, dels ved verificering af om valget af virkemidler fører til miljømålet for det afsluttede projekt.

Det ideelle ville være, at der blev gennemført beregninger, som nøjagtigt viste, hvor stort bidraget til målopfyldelsen var for hvert enkelt virkemiddel. Dette tal kunne være baggrund for valget af det eller de virkemidler, der skal tages i anvendelse. Det er imidlertid ikke realistisk, med mindre bygherren har masser af penge og tid til at afvente de nøjagtige afgørelser. Til en grovsortering af virkemidlerne er en mere lavpraktisk løsning også fuld tilstrækkelig. Helt tilsvarende de totaløkonomiske vurderinger, som er omtalt tidligere.

Metoden til vurdering af målopfyldelsen bygger på et groft, umiddelbart skøn på baggrund af erfaringer, men uden brug af beregningsværktøjer. Til verificeringen anvendes til gengæld beregningsværktøjer.

Andre metoder kan være lige så kvalificerede. Denne er et forslag til at komme gennem opgaveløsningen.

7.2.1 Vurdering af målopfyldelsen

I forbindelse med udvælgelse af de virkemidler, der skal tages i anvendelse, gives et skøn af, i hvor høj grad anvendelsen af det enkelte virkemiddel vil medvirke til målopfyldelsen. Vurderingen vil som regel være behæftet med stor usikkerhed.

Målopfyldelsen kan eksempelvis vurderes ud fra ved angivelse af skønnede procenter eller ved følgende intervaller:

<i>Interval</i>	<i>Forklaring</i>
81-100%	Virkemidlet giver en meget god målopfyldelse
61- 80%	Virkemidlet giver en god målopfyldelse
41- 60%	Virkemidlet giver en middel målopfyldelse
21- 40%	Virkemidlet giver en dårlig målopfyldelse
0- 20%	Virkemidlet giver en meget dårlig målopfyldelse

Uanset, hvordan den forventede målopfyldelsesprocent angives, ændres ikke på usikkerhedens størrelse. Man skal altså ikke foranlediges til at tro, at et konkret procenttal har større sikkerhed end f.eks. en intervalangivelse.

Vurderingen skal gives i forhold til den traditionelle løsning. F.eks. skal anvendelse af lavenergiheder vurderes i forhold til anvendelse af normale enheder, og naturlig ventilation vurderes i forhold til mekanisk ventilation. Hvis ikke det normale/traditionelle er oplagt, skal der gives en bemærkning om, hvad der vurderes op imod.

Vurderingen beror på det umiddelbare skøn, eventuelt trækkes på eksperter erfaringer, hvis der savnes forudsætninger for en vurdering, men der ligger hverken målinger eller beregninger til grund for vurderingen. Der er altså en væsentlig usikkerhed i vurderingen.

De mulige virkemidler skal oplistes. Det er en god ide, allerede ved opstilling af mulige virkemidler, at anvende skemaet i bilag D, hvor der er plads til at angive såvel de totaløkonomiske vurderinger som at give et skøn over målopfyldelsen.

Metoden er meget anvendelig til at få nedbragt antallet af mulige virkemidler, således at der eventuelt bliver mulighed for en mere nuanceret vurdering af nogle få virkemidler.

For overskuelighedens skyld bør virkemidlerne beskrives kort. Ud for hvert virkemiddel gives en vurdering, enten ved at anvende et interval, eller ved at skønne en procentangivelse. Der gives eventuelt en kort forklaring på vurderingen under bemærkninger.

Miljømålet kan som eksempel her være, at energiforbruget fra knappe energiresourcer skal ligge under 70 kWh/m². Som eksempel er her vist et udfyldt skema med forskellige virkemidler til nedbringelse af energiforbruget. Den totaløkonomiske vurdering er ikke vist i eksemplet.

Den "normale" situation vil her være, f.eks. uden varmegenvinding eller andre virkemidler, men selvfølgelig med overholdelse af Bygningsreglementets krav. Anvendelse af varmegenvinding som virkemiddel skønnes i eksemplet at give en målopfyldelse på ca. 90%.

<i>Byggeprojekt: Eksempel</i>			<i>Miljøpåvirkning: Energiforbrug</i>	
<i>Forventet levetid: 60 år</i>			<i>Livscyklusfase: Drift</i>	
<i>Miljømål: Energiforbruget fra knappe energiressourcer skal ligge under 70 kWh/m²</i>				
Valgte virkemidler	Fravalgte virkemidler	Virkemidler	Målopfyldelse	
			Vurdering	Bemærkninger
		<i>Aktiv solvarme</i> i form af solvarmepaneller eller solceller.	21-40%	Ikke en knap ressource. Yder mindst, når der er mest behov.
		<i>Jordvarme</i> forvarmning/køling af ventilationsluft gennem kanaler i jorden.	20%	Ikke en knap ressource, men kan ikke alene klare opvarmningsbehovet.
		<i>Vindkraft</i> , f.eks. vindmøller.	81-100%	Ikke en knap ressource.
		<i>Lavenergiruder</i> – U=1,4.	40%	En stor del af varmetabet sker gennem vinduerne.
		<i>Varmegenvinding</i> - veksler varmen fra den luft, der udsuges.	90%	Sparer på opvarmning af ventilationsluft, men bruger el.
		<i>Skodder</i> for vinduerne – lukkes om natten.	21-40%	Sårbar og arbejdskrævende løsning til en skole. Varmetabet hindres kun om natten, hvor det dog er størst.

Vurderingen af målopfyldelsen sammen med vurderingen af totaløkonomien skal føre frem til valget af de virkemidler, der skal tages i anvendelse.

Umiddelbart søges efter de virkemidler, som bidrager mest til målopfyldelsen, og som samtidig giver mindst belastning af økonomien. Nogle virkemidler vil blive forkastet på grund af økonomiske forhold. Visse virkemidler vil måske blive taget i anvendelse, selv om de ikke bidrager meget til målopfyldelsen, men fordi de er gratis eller meget billige at medtage.

Spørgsmålet er, hvornår der er medtaget nok virkemidler, til at miljømålet kan opfyldes. Dette vil igen bero på erfaring og skøn.

De procentangivelser, der eventuelt er opgivet som et skøn for målopfyldelsen, kan ikke umiddelbart lægges sammen, da de influerer på hinanden. Nogle udelukker eventuelt hinanden, og andre begrænser hinanden. F.eks. vil naturlig ventilation og varmegenvinding udelukke hinanden. Varmegenvinding og lavenergiruder vil begrænse hinanden. Det energiforbrug, der er tilbage at spare på, hvis der allerede er varmegenvinding, er mindre, end besparelsen ville være, hvis lavenergiruderne blev anvendt alene.

Sammenlægning er regneteknisk forkert, men kan i visse tilfælde alligevel anvendes til et fingerpeg om hvor mange virkemidler, der skal medtages. Hvis man prøver at lægge procentangivelserne for de enkelte virkemidler sammen, skal summen ligge noget over 100%, for at en samlet målopfyldelse bliver på 100%, af ovennævnte grunde. Metoden er altså at vælge virkemidler, til man er noget over 100%. Der kan ikke opstilles regel for, hvor meget over 100% man skal ramme, da der er meget stor forskel på, hvordan virkemidlerne påvirker hinanden.

Den reelle samlede målopfyldelse ved anvendelse af de udvalgte virkemidler for det pågældende miljømål, findes ved nedenstående metode.

Er målopfyldelsen ikke tilstrækkelig, må man tilbage og medtage flere virkemidler.

7.2.2 Verificering af målopfyldelsen

Når der er udvalgt de virkemidler, der ønskes anvendt, skal målopfyldelsen verificeres. Der skal laves en vurdering af, hvor godt det eller de virkemidler, der er planlagt, bidrager til målopfyldelsen.

Der kan gennemføres en verificering af den kombination af virkemidler, der i første omgang er valgt. Alternativt kan virkemidlerne prioriteres, og de kan indregnes et ad gangen, til målopfyldelsen er tilstrækkelig.

Metoden kan også anvendes til et mere nuanceret grundlag for valg af virkemidler.

For at kunne give en kvantitativ vurdering af målopfyldelsen, er det nødvendigt at definere en **skala** indenfor hvilken, der kan tales om en hel eller delvis målopfyldelse.

Er der f.eks. opstillet et mål for et maksimalt energiforbrug på eksempelvis 70 kWh/m^2 , og det faktiske energiforbrug i det færdige byggeri er 85 kWh/m^2 , hvor stor er så målopfyldelsen?

Oftest er der ingen oplagte grænser for en sådan skala. F.eks. er der ingen oplagt maksimal grænse for energiforbrug pr. m^2 . Skalaen fastsættes ud fra princippet om, at det skal være en generel metode, der virker for størstedelen af de miljømål, som kan forekomme. Desuden skal sammenhængen mellem, hvor langt de faktiske forhold er fra miljømålet, være enkel.

En sådan skala vil altid være subjektiv, da valget kan gøres ud fra mange forskellige betragtninger. Det er blot vigtigt, at den metode skalaen er valgt ud fra, er forklaret.

Ud fra disse forudsætninger er her valgt, at skalaen slutter ved den **dobbelte værdi** af miljømålet. Desuden er der valgt en **lineær** sammenhæng mellem målopfyldelsen, og hvor langt de faktiske forhold ligger fra miljømålet. Denne pragmatiske løsning, hvor skalaen fastsættes efter den dobbelte målværdi og er lineær, anvendes, hvis ikke andet er oplagt.

Denne metode kan altid anvendes – om det netop er den dobbelte værdi, der skal slutte skalaen, eller f.eks. den tredobbelte, kan variere fra projekt til projekt, efter hvad man finder mest hensigtsmæssigt. Det er dog vigtigt at fastholde den samme værdi indenfor hvert miljømål i samme projekt for at kunne sammenligne. Man bør også anvende samme skalering gennem hele projektet for ikke at få for store spring i den samlede vurdering af målopfyldelsen.

Man skal være klar over, at målopfyldelsesresultatet er helt afhængigt af den skala, der er valgt, hvis ikke lige der er 100%'s målopfyldelse.

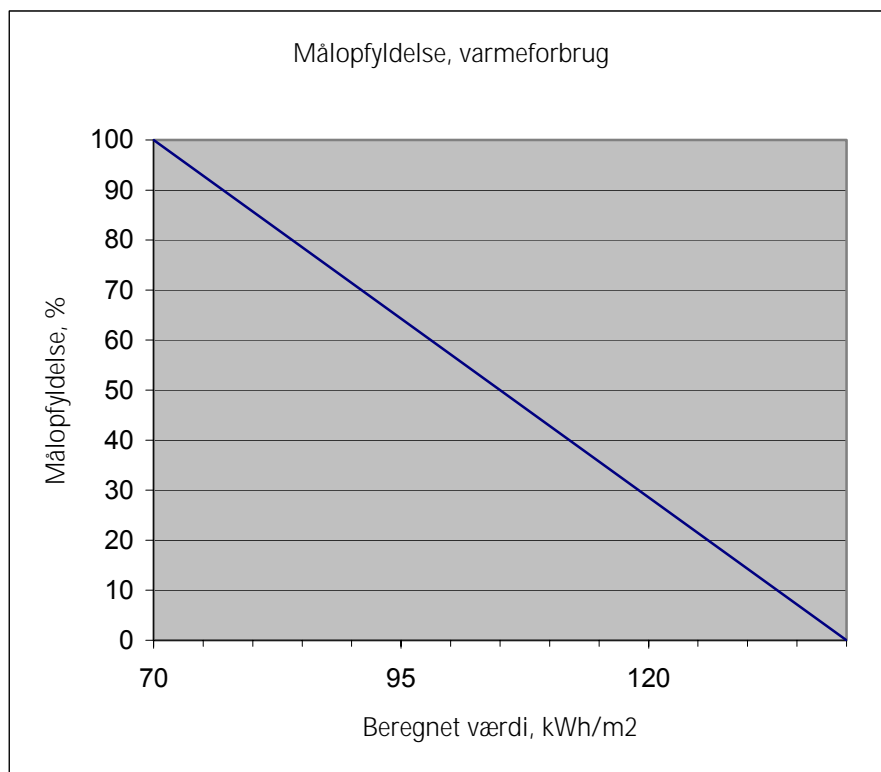
Metoden kan i praksis kun anvendes til vurdering af nogle få udvalgte virkemidler, f.eks. som hjælp til valg blandt de virkemidler, der er interessante, efter at der er foretaget en vurdering, som beskrevet i afsnit 7.2.1.

Her arbejdes videre på eksemplet fra tidligere. Der er ikke i eksemplet i praksis interesse for at anvende løsninger med fornyelige energiresourcer, da der i kommunen er krav om fjernvarme. Løsningen med skodder tiltaler heller ikke bygherren. Derfor gennemføres beregninger for de to sidste virkemidler i eksemplet – nemlig varmegenvinding og lavenergiruder.

En BV98-beregning har vist, at anvendelse af lavenergiruder vil give et varmeforbrug på 79 kWh/m². Resultatet af beregninger med varmegenvinding giver et varmeforbrug på 71 kWh/m². Ved anvendelse af begge virkemidler samtidig er varmeforbruget beregnet til 64 kWh/m². Bygningen vil uden brug af de to virkemidler (men ved brug af andre virkemidler, som er "normale", f.eks. isolering efter BR) have et varmeforbrug på 86 kWh/m².

Miljømålet kan som eksempel her igen være, at energiforbruget fra knappe energiresourcer skal ligge under 70 kWh/m². Den totaløkonomiske vurdering er ikke vist i eksemplet.

Den procentvise målopfyldelse falder lineært til 0% for en værdi på det dobbelte af miljømålet. I eksemplet betyder det, at hvis det faktiske energiforbrug i det færdige byggeri var $2 \times 70 \text{ kWh/m}^2 = 140 \text{ kWh/m}^2$, ville målopfyldelsen være 0%. Ud fra nedenstående kurve, kan målopfyldelserne for de to virkemidler (lavenergiruder og varmegenvinding) aflæses til henholdsvis 87% og 99%.



Anvendes de to virkemidler samtidig, vil målopfyldelsen være (uden for kurven, beregnet) 109%.

Ud fra ovenstående kan ses, at målopfyldelsen er bedst ved anvendelse af varmegenvinding frem for lavenergiruder, hvis der alene måles på kWh/m². Anvendes også lavenergiruder, vil målopfyldelsen bliver noget over 100.

Samtidig skal der i eksemplet tages hensyn til, at anvendelse af lavenergivinduer kan forhindre kuldenedfald ved vinduerne og dermed have betydning for det termiske indeklima. Ligeledes sparer genvindingen energi til varme, men bruger el. Før et endeligt valg/fravalg skal disse påvirkninger også vurderes.

Der er for de fleste miljømål, der er beskrevet i det følgende, udarbejdet kurver for målopfyldelsesprocenter ud fra ovenstående princip. Beregningsmetoden er vist i bilag F.

7.2.3 BEAT

BEAT 2000 (Building Environmental Assessment Tool) er det pc-program, der er anvendt til miljøvurderingerne i nærværende rapport. BEAT 2000 er udviklet af By og Byg, og består dels af en database, dels af et beregningsværktøj. I databasen er indlagt en række gængse byggematerialer samt miljødata i relation til disse. Desuden er indlagt forskellige energiformer og deres miljødata.

BEAT 2000 kan anvendes til såvel vurdering af byggematerialer, bygningsdele som hele bygninger.

Man vælger ud fra databasen de råvarer eller byggematerialer, evt. bygningsdele (der er indlagt forskellige vægtyper, tagkonstruktioner m.m.), der er relevante for en byggevarer eller et byggeri. Der skal indtastes såvel levetid, mængder på forbrug af materiale og energiressourcer, affaldsmængder/nedrivningsprodukter samt transportdistancer for de enkelte dele.

Værktøjet beregner på den baggrund miljøeffekter. Omregningen bygger på principperne i UMIP-metoden (Udvikling af Miljøvenlige IndustriProdukter), og alle omregningsfaktorer (effektfaktorer, normaliseringsreferencer og vægtningsfaktorer – se afsnit 7,2) er taget herfra. Resultaterne fremkommer som personækvivalenter, dels som tabeller, dels som stavdiagrammer. Diagrammerne deles op i tre – et for de ydre miljøeffekter (drivhuseffekt, forsurening, næringssaltbelastning, fotokemisk ozondannelse, human toksicitet og persistent toksicitet), et for ressourcer (materiale- og energiressourcer) og et for affald. Affald er ikke en reel miljøeffekt, men en miljøpåvirkning. Mængderne er på baggrund af de faktorer, der er opgivet i UMIP-metoden omregnet til personækvivalenter, således at de kan sammenlignes med de øvrige faktorer, selv om affaldets effekt egentlig skulle deles ud på f.eks. emissioner til jord, sundhedseffekter m.m.

BEAT 2000 medregner ikke generelt sundhedseffekter (human toksicitet medtages dog i forbindelse med energiforbrug), og kan heller ikke i sin nuværende form håndtere indeklima og arbejdsmiljøeffekter. BEAT 2000 er i sin nuværende form primært energirelateret, hvilket betyder, at der hovedsageligt medtages de emissioner, der er relateret til energiforbruget. Det er muligt at indtaste de manglende oplysninger, men det kræver en indsigt i, hvordan programmet fungerer samt et dybtgående kendskab til de enkelte livscyklusprocesser for de produkter, der ønskes indlagt. Det vurderes, at det ligger ud over den kompetence, der vil være hos f.eks. projekterende og arki-

tekter, som vil anvende værktøjet til miljøvurderinger. Det er derfor vigtigt, at databasen indeholder så mange relevante og gennemarbejdede emner som muligt. F.eks. er der behov for en udvidelse af databasen med materialeresourcer som rustfrit stål, forskellige plasttyper, kobber, skellen mellem tunge og lette træsorter, linoleum, maling m.m. samt en gennemarbejdning, således at det ikke så ensidigt er de energirelaterede miljøeffekter, der er repræsenteret. Dernæst skal siges, at de mængdemæssigt væsentligste byggematerialer er i databasen, og at det for dem primært er energiforbruget, der er det væsentligste med hensyn til miljøeffekter.

For de materialer, der er i databasen, er det tilstræbt at indlægge oplysninger for alle livscyklusfaser. Der er ikke i resultaterne mulighed for at skelne mellem effekterne fra de forskellige livscyklusfaser, hvilket af og til kunne være ønskeligt.

7.2.3.1 UMIP

UMIP – Udvikling af Miljøvenlige IndustriProdukter er udviklet i et samarbejde mellem Institut for produktudvikling, Institut for arbejdsmiljø og Laboratoriet for økologi og miljølære på DTU samt 5 danske virksomheder – med støtte fra Miljø- og energiministeriet.

UMIP er en metode til miljøvurdering af komplekse industriprodukter med en tilhørende database og pc-værktøj til brug ved miljøvurderingen.

I pc-værktøjet og databasen er der udviklet regnemetoder til kvantificering af miljøet. Der er givet en metode til at sætte tal på de miljøeffekter, som produktion af et emne giver anledning til. Der er desuden givet et forslag til, hvordan man kan gøre disse størrelser sammenlignelige for de forskellige miljøeffekter, således at det f.eks. er muligt at sammenligne drivhuseffekt og forsurening.

For at komme fra en påvirkning – en udledning – som man kender størrelsen af (f.eks. m³ eller kg), og til et mål for effekten, er der foreslået effektfactorer for en lang række forskellige stoffer. Herved fås et effektpotentiale – det potentiale, som udledningen har med hensyn til miljøeffekten.

For de enkelte effekter omsættes effektpotentialet til en sammenlignelig dimensionsløs størrelse ved at sætte det i relation til samfundets belastning pr. person i år 1990 for den pågældende effekt (normaliseringsreferencen) – denne proces kaldes normalisering.

Endelig foretages en vægtning (vægtningsfactorer), som prioriterer de enkelte miljøeffekter i forhold til hinanden ud fra miljømæssige såvel som politiske vurderinger.

7.3 Energiforbrug

Miljømålene for energiforbruget går på anvendelse af knappe energiressourcer i driftsfasen. Knappe energiressourcer anvendes ved forbruget af henholdsvis varme og el, hvorfor der er stillet krav til disse. Desuden er der stillet krav om synlighed af energiforbruget for at motivere brugerne til en miljøvenlig adfærd.

Anvendelse af BEAT 2000 i vurdering af målopfyldelsen for forbrugsrelaterede miljømål (varme- og elforbrug), kræver, at varme- og elforbrug vurderes samlet, idet de valgte virkemidler har indflydelse på begge typer. F.eks. kræver varmegenvinding el, men sparer varme, mens naturlig ventilation ikke bruger el, men kræver mere varme, da den kolde luft, der kommer ind, skal opvarmes.

Der for samtlige BEAT-beregninger anvendt en EU-gennemsnitsværdi for el og et dansk gennemsnit for fjernvarme. Begge typer ligger som standard i BEAT 2000.

Den samlede målopfyldelse på energiforbruget er angivet i afsnit 7.3.4., mens målopfyldelsen på det forbrugsrelaterede delmål er angivet i afsnit 7.3.1 og det adfærdsrelaterede i 7.3.3.

7.3.1 Energiforbrug, mål 1

Energiforbruget til varme og el fra knappe energiresourcer skal kunne opfylde kravene til A-mærkning i ELO' energimærkningsordning, hvilket svarer til et varme-forbrug lavere end 67 kWh/m²/år og et elforbruget lavere end 10,2 kWh/m²/år.

Det er i eksempelbyggeriet valgt at anvende følgende virkemidler for at nedbringe energiforbruget til opvarmning:

- Varmegenvinding
- Lavenergiruder ($U = 1,4$).

Isoleringen af den øvrige klimaskærm overholder netop Bygningsreglementets krav (men er dog den væsentligste energibesparelse).

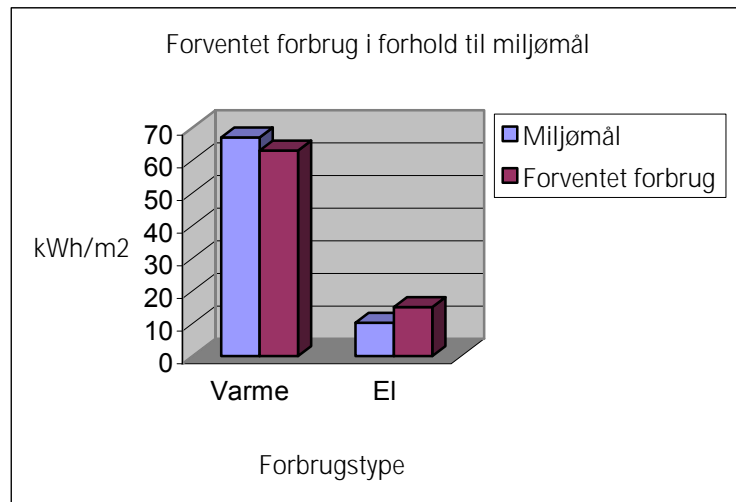
Med hensyn til at nedbringe elforbruget er der i eksempelbyggeriet valgt at anvende følgende virkemidler:

- Hybrid ventilation (kombination med åbning af loftsvinduer og balanceret mekanisk ventilation, samt behovsstyring på temperatur (vinduer i loft åbner med mindre det regner eller temperaturen er mindre end 12°C, hvor mekanisk ventilation overtager)).
- Behovsstyring af ventilationen og lys med bevægelsesfølere i klasselokalerne. Anlægget kan overstyres, f.eks. kan vinduerne lukkes, hvis der er støj udefra, hvorefter ventilationen vil gå i gang.

Skolebyggeriet har et beregnet energiforbrug til varme på 63 kWh/m² beregnet på By og Bygs beregningsværktøj BV98. Målet er sat til 67 kWh /m².

Tilsvarende ligger det beregnede elforbrug på 15 kWh/m² (ved en samtidsfaktor på 50%), hvor miljømålet er 10,2 kWh/m².

Herunder er gengivet de forventede forbrug af henholdsvis varme og el for de valgte virkemidler i skolebyggeriet. Det er givet som en samlet opgørelse, da beregningsværktøjerne ikke giver tal for, hvor meget de enkelte virkemidler betyder.



Hvis der ses på de enkelte forbrugstyper, kan der med hensyn til varmeforbruget opnås en A-mærkning, men ikke med hensyn til elforbruget.

Hvorvidt der samlet er opnået opfyldelse af miljømålet, er umiddelbart svært at afklare. Der er i afsnit 8.3.2. gennemført en BEAT-beregning til vurdering af dette.

Der ville sandsynligvis skulle tages flere virkemidler i anvendelse. Af mulige virkemidler med hensyn til varmeforbruget (produceret ud fra knappe energiressourcer) kan nævnes:

- Varmetilførsel fra ikke-knappe energiressourcer, f.eks. sol, vind, træ m.m.
- Øget isolering
- Lavere indetemperatur (f.eks. 20°C).
- Skodder for vinduerne.

Af mulige virkemidler med hensyn til elforbruget (produceret ud fra knappe energiressourcer) kan nævnes:

- Lavenergi ventilationsenheder til ventilationen
- Lavenergiapparater til samtlige elforbrugende enheder (belysning, Edb-udstyr m.m.)
- Solceller eller vindmølle til energiproduktion.

Lavenergiapparater vil dels betyde et umiddelbart lavere energiforbrug, dels forekommer en meget lavere opvarmning fra apparaterne og lysarmaturerne. Det betyder, at en del af ventilationen, der er nødvendig for at fjerne overskudsvarme, bliver overflødig og dermed spares.

I nedenstående skema er opstillet et udsnit af de alternative virkemidler, og der er givet en vurdering af målopfyldelsen. Den totaløkonomiske vurdering er ikke vist i sin helhed, men resultatet af den samlede totaløkonomiske vurdering er gengivet i kolonnen yderst til højre.

Byggeprojekt: Eksempelbyggeri		Miljøpåvirkning: Energiforbrug			
Forventet levetid: 60 år		Livscyklusfase: Drift			
Miljømål: Energiforbruget til varme og el fra knappe energiresourcer skal kunne opfylde kravene til A-mærkning i ELO' energimærkningsordning.					
Valgte virkemidler	Fravalgte virkemidler	Virkemidler	Målopfyldelse		Totaløkonomi
			Vurdering	Bemærkninger	
		Naturlig ventilation har intet elforbrug.	100%	Intet elforbrug, men al luft skal opvarmes.	--
		Hybrid ventilation - en kombination mellem mekanisk og naturlig ventilation.	81-100%	35% besparelse i forhold til konstant drift i skolens "åbningstid".	-
		Mekanisk ventilation med aktiv udsugning.	70%	Medtages som beregningseksempel.	0
		Balanceret mekanisk ventilation, hvor der er både udsuges og indblæses luft (medtages som beregningseksempel).	61-80%	Medtages som beregningseksempel.	-
		Anvendelse af lavenergi-ventilationsenheder.	80%	30% mindre energi til samme ydelse, Der medgår en del el til ventilation.	-
		Varmegenvinding på afkastluft for ventilationsanlæg, varmen genbruges i indblæsningsluften.	61-80%	Sparer på opvarmning af ventilationsluft, men bruger el.	-
		Behovstyret ventilation, så mekanisk ventilation kun kører, når det er nødvendigt.	41-60%	20% besparelse i forhold til konstant drift i skolens "åbningstid".	0
		Lavenergiruder, U-værdi på 1,4.	61-80%	En stor del af varmetabet sker gennem vinduerne.	-
		Øget isolering i vægge og tag.	81-100%		-
		Skodder for vinduerne, lukkes om natten, hvis temperaturen er lavere ude.	21-40%	Sårbar og arbejdskrævende løsning til en skole. Varmetabet hindres kun om natten, hvor det godt nok er størst.	-
		Computere med lavt energiforbrug.	21-40%		-
		Lav rumtemperatur.	61-80%	Kræver ændret adfærd af brugerne.	-
		Solceller.	60%	Anvender ikke knappe energiresourcer i driften.	-
		Vindkraft.	70%	Anvender ikke knappe energiresourcer i driften.	-

7.3.2 BEAT-beregninger

En vurdering af målopfyldelsen kan gennemføres ved hjælp af beregningsværktøjet BEAT 2000.

Ved gennemførelse af BEAT-beregningerne regnes på det samlede energiforbrug (el og varme) samtidig. Da der i det valgte eksempelbyggeri er en snæver kobling mellem de 2 typer energiforbrug (der kan spares varme ved at

bruge mere el på ventilationen på grund af varmegenvinding) gennemføres en mere helhedsorienteret vurdering.

Der er regnet på et modul, der består af to klasselokaler. Der er ikke taget hensyn til gangareal, garderobe, toiletter, depotrum, lærerværelser, kantine og faglokaler i beregningerne. Der er på skolen fælles ventilationssystem pr. to klasserum, således at det valgte modul rummer ét ventilationssystem.

De detaljerede opgørelser og antagelser, der er foretaget for at tilvejebringe rådata til BEAT-beregningerne, er angivet i bilag E.

Indledningsvis gennemføres en kontrolberegning for at checke om det er acceptabelt at se bort fra miljøeffekterne fra de andre faser i livscyklus. BEAT-beregningerne er gennemført både med energiforbruget i samtlige livscyklus-faser – det vil her sige energiforbruget til fremstilling af ventilationsrør og ventilationsenheder, og med beregninger alene med driftsforbruget. Der regnes på den mest materialetunge løsning - nemlig balanceret ventilation med varmegenvinding og lavenergigienhed, hvor effekterne i de øvrige livscyklus-faser forventes størst. Der regnes med en levetid på 60 år. De data, der er anvendt til beregningen, findes i bilag E.

Der regnes på 2 scenarier:

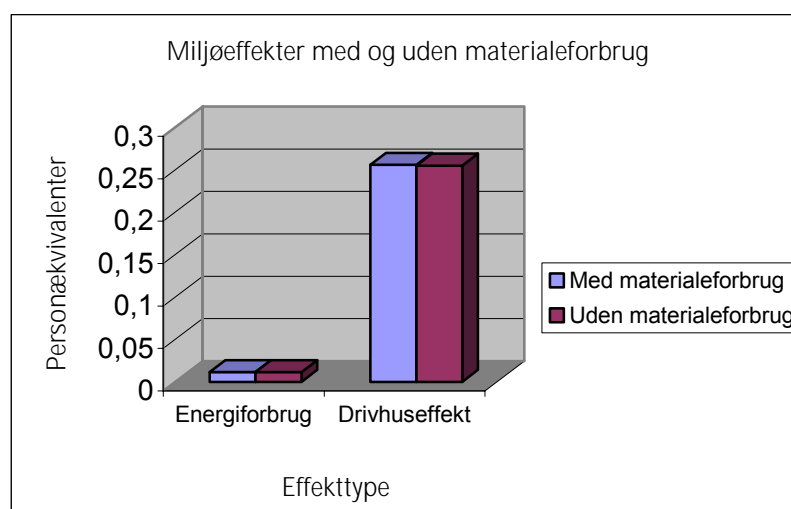
- Balanceret ventilation med lavenergigienhed med materialeforbrug
- Balanceret ventilation med lavenergigienhed kun med driftsforbrug.

Der er alene medtaget effekterne energiforbrug og drivhuseffekten, da det er de effekter, der er primært relevante i forhold til det prioriterede miljømål.

Effekterne opgives i personækvivalenter.

Beregnete personækvivalenter for de to effekttyper.

	<i>Energiforbrug</i>	<i>Drivhuseffekt</i>
Med materialeforbrug	0,0117	0,256
Uden materialeforbrug	0,0116	0,255



Som det ses, er energiforbruget til fremstilling forsvindende lille i forhold til driftsforbruget, hvorfor der herefter kun ses på dette.

Flere af virkemidlerne går på forskellige kombinationer af ventilation til opvarmning. Miljøforholdene for disse ønskes vurderet.

Der er regnet på 6 scenarier:

- Naturlig ventilation
- Mekanisk ventilation
- Balanceret ventilation
- Hybridløsning
- Bevægelsesfølere
- Lavenergiheder.

Det opstillede miljømål er desuden omsat til en reference, der er indtastes i BEAT, således at de forskellige varianter af opvarmning og ventilation kan sammenlignes hermed.

Miljømålet er alene opstillet for driftsfasen. Der er i miljømålet ikke skelnet mellem, om elforbruget anvendes til ventilation, belysning eller andet brug. I sammenligningerne i BEAT-beregningerne skal måltallet derfor omsættes til et tal, der alene beskriver forbruget til ventilation, for at sammenligning er mulig.

I en undersøgelse vedrørende skolers energiforbrug (Gunnensen, 2001) er der givet en opgørelse over den procentvise fordeling af elforbruget på belysning, ventilation, pc'ere og diverse. Der er undersøgt 7 skoler og fundet forholdsvis stor variation – variationen er vist i skemaet. Til sammenligning er vist et groft skøn over den procentvise fordeling for kontor og administrationsbygninger.

	<i>Belysning</i>	<i>Ventilation</i>	<i>Pc'er</i>	<i>Diverse</i>
Skoler ¹⁾	22 (9-32)	23 (11-37)	8 (1-14)	47 (38-55)
EI ²⁾	40	20	40	

¹⁾ Energieffektive skoler – forundersøgelse om opvarmning, ventilation og lyskvalitet (Gunnensen, 2001).

²⁾ Oplysninger fra Energistyrelsens Informationskontor om kontor og administrationsbygninger til sammenligning.

Da der er rimelig overensstemmelse i oplysningerne om andelen til ventilationen, er det derfor ikke urealistisk at antage, at den del af elforbruget, der anvendes til ventilation, ligger på ca. 20% af det samlede forbrug.

De opstillede miljømål kan omsættes til værdier i BEAT således:

Miljømålene gælder det samlede el- og varmeforbrug. Der ønskes kun lavet en vurdering af den energi, der anvendes på ventilationen. Ventilationen udgør 20% af det samlede elforbrug. De to klasseværelser er hver på 59,5 m² = i alt 119 m².

	<i>Mål</i>	<i>EI til ventilation</i>	<i>På 119 m²</i>
El	10,2 kWh/m ²	2,04 kWh/m ²	243 kWh
Varme	67 kWh/m ²		7.973 kWh

Med hensyn til hybridløsningen, bevægelsesfølere og lavenergiventilationsenheder skal der findes erfaringstal til brug ved vurdering af miljøforholdene.

I (Odgaard Mikkelsen, S., 1999) er der givet bud på, hvor stor betydning behovsstyret ventilation og hybridløsningen har på energiforbruget.

Ved behovsstyring med bevægelsesfølere regnes med 80%'s samtidighed svarende til 20%'s besparelse.

Ved hybrid ventilation styret som beskrevet, kan ventilationen stoppes 15 af de 43 uger ud over ferieperioderne svarende til 35%'s besparelse på elforbruget (Odgaard Mikkelsen, S., 1999). Der skal ikke tilføres ekstra varme, da denne situation forekommer, når udetemperaturen er således, at opvarmning ikke er nødvendig. Forskellen i de 15 uger vil derfor alene være en besparelse på elforbruget.

Lavenergiventilationsenheder giver ifølge leverandøren en besparelse på 30% af normalforbruget.

	<i>Hybrid ventilation</i>	<i>Bevægelsesfølere</i>	<i>Lavenergienheder</i>
Besparelse på el til ventilation i forhold til konstant drift i "åbningstiden".	35%	20%	30%

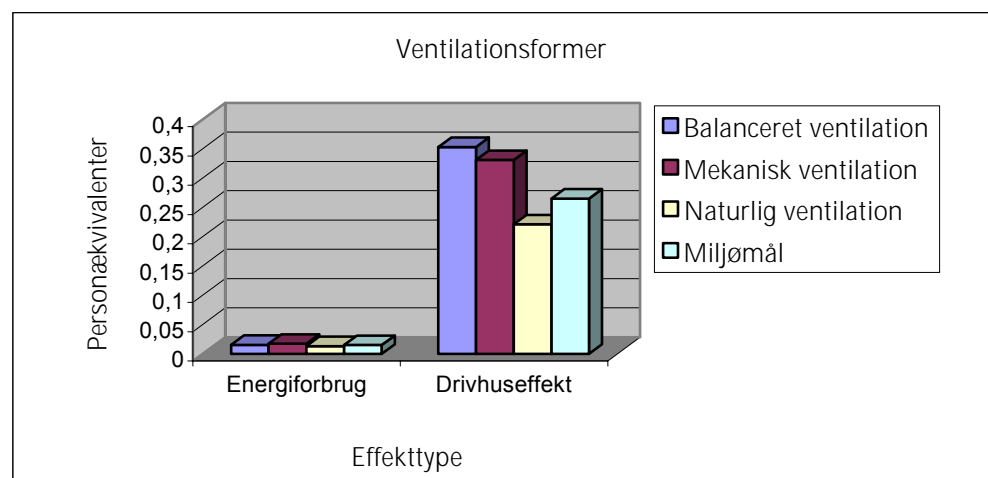
Der er nu tilstrækkelig baggrundsdata til at gennemføre BEAT-beregninger på de forskellige virkemidler.

7.3.2.1 Ventilationsformer

Herunder er vist resultaterne af BEAT-beregningerne for de tre "rene" ventilationsformer (naturlig ventilation, mekanisk ventilation og balanceret ventilation). Derefter er vist hybridløsningen, løsningen med bevægelsesfølere og løsningen med lavenergienheder - alle sat i forhold til miljømålet.

	<i>Energiforbrug</i>	<i>Drivhuseffekt</i>
Balanceret ventilation	0,0154	0,353
Mekanisk ventilation	0,0172	0,331
Naturlig ventilation	0,0129	0,221
Miljømål	0,0150	0,265

Beregne personækvivalenter for de 2 effekttyper



Heraf fremgår, at naturlig ventilation er den form, der af de her beregnede, der på energiforbrug og drivhuseffekt giver den laveste effekt.

Ved anvendelse af naturlig ventilation kan miljømålet overholdes.

Målopfyldelserne på effektniveau på de enkelte virkemidler er:

	<i>Energiforbrug</i>	<i>Drivhuseffekt</i>
Balanceret ventilation	97%	67%
Mekanisk ventilation	85%	75%
Naturlig ventilation	114%	117%

Som det ses er der forskel på hvordan målopfyldelsen er på de to effekter. Balanceret ventilation klarer sig godt med hensyn til energiforbrug, men mindre godt med hensyn til drivhuseffekten. Dette skyldes forskelle i de energiformer, der anvendes.

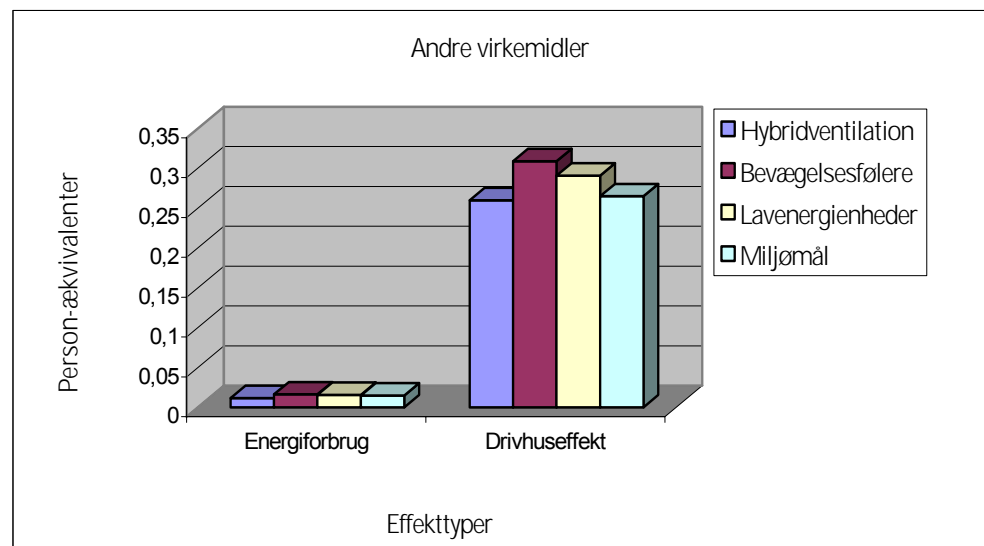
Baggrundsdata for energi og varmekonsum for naturlig ventilation, mekanisk ventilation og balanceret ventilation med varmegenvinding er beskrevet i bilag E.

7.3.2.2 Lavenergiheder, hybridløsninger og bevægelsesfølere

Der er desuden gennemført beregninger på yderligere virkemidler til energibesparelse - nemlig hybrid ventilation (som er en kombination af balanceret ventilation og naturlig ventilation), anvendelse af bevægelsesfølere og lavenergiheder til ventilationen.

	<i>Energiforbrug</i>	<i>Drivhuseffekt</i>
Hybrid ventilation	0,0118	0,260
Bevægelsesfølere	0,0163	0,309
Lavenergiheder	0,0156	0,291
Miljømål	0,0150	0,265

Beregnete personækvivalenter for de effekttyper.



Hybrid ventilationen er den valgte løsning i eksempelbyggeriet. Beregningerne på lavenergiheder og bevægelsesfølere er foretaget på en situation med mekanisk ventilation, som antages at være standard.

Målopfyldelserne på effektniveau på de enkelte virkemidler er:

	<i>Energiforbrug</i>	<i>Drivhuseffekt</i>
Hybrid ventilation	121%	102%
Bevægelsesfølere	91%	83%
Lavenergiheder	96%	90%

Hybrid ventilationen kan altså alene klare at opfylde miljømålet for de to effekttyper, mens lavenergiheder og bevægelsesfølere sammen med mekanisk ventilation kun giver en delvis målopfyldelse.

Baggrundsdata for el- og varmemeforbrug er beskrevet i bilag E.

7.3.2.3 Lavenergiruder og varmegenvinding

Endelig er der gennemført beregninger på en løsning med lavenergiruder, som også er valgt i eksempelbyggeriet i kombination med varmegenvinding. Der er her anvendt energiplysninger fremkommet på baggrund af beregninger på BV98, der kun giver oplysninger om varmemeforbruget. Forbruget opgives på årsbasis, hvorfor også miljømålet regnes på årsbasis. Der skelnes ikke mellem drivhuseffekt og energiforbrug, da der kun anvendes en energikilde (fjernvarme) og der således vil være linearitet mellem 2 effekter og forbruget.

<i>Anvendt</i>		<i>Forbrug i kWh/m²</i>	<i>Målopfyldelse</i>
Lavenergiruder U=1,4	Varmegenvinding		
X		79	82%
X	X	64	104%
	X	71	94%
		86	71%
Miljømål		67	

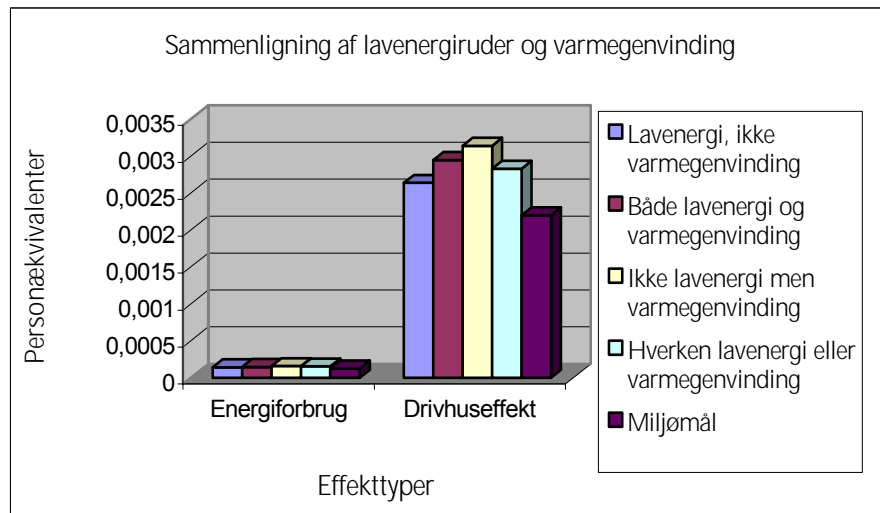
Der er endvidere søgt at lave en sammenligning, hvor også elforbruget til ventilationen er inkluderet, da der er forskel på elforbrug til ventilation med varmegenvinding og uden.

Der er taget udgangspunkt i det elforbrug, der er opgivet fra leverandøren (8 timer hver dag hele året). Dette er korrigeret for ferier og weekender, hvor ventilationen alligevel står stille, og omregnet til pr. m². Miljømålet er reduceret til den delmængde af elforbruget, der erfaringsmæssigt anvendes til ventilation.

<i>Anvendt</i>		<i>Varmeforbrug i kWh/m²</i>	<i>Elforbrug i kWh/m² til ventilation</i>
Lavenergiruder U=1,4	Varmegenvinding		
X		79	6,04
X	X	64	14,5
	X	71	14,5
		86	6,04
Miljømål		67	2,04

<i>Anvendt</i>		<i>Energiforbrug Personækvivalenter</i>	<i>Drivhuseffekt Personækvivalenter</i>
Lavenergiruder U=1,4	Varmegenvinding		
X		0,000144	0,00264
X	X	0,000148	0,00295
	X	0,000159	0,00314
		0,000155	0,00283
Miljømål		0,000125	0,0022

Beregnete personækvivalenter for de to effekttyper.



De opnåede målopfyldelser er angivet herunder. Kombinationen med lavenergiruder og uden varmegenvinding kommer tættest på miljømålet, men når det ikke.

Anvendt		Energiforbrug	Drivhuseffekt
Lavenergi-ruder U=1,4	Varmegen-vinding		
X		85 %	80 %
X	X	82 %	66 %
	X	73 %	57 %
		76 %	71 %

Som det ses af de 2 måder at opgøre målopfyldelsen på (ved BV98 og ved BEAT-beregninger) er der ikke overensstemmelse. BV98 kan kun håndtere varmekonsumet, men ikke elforbruget og effekterne ved anvendelse af el og varme. Anvendelsen af el – og især miljøeffekterne på grund af elforbruget gør løsningen med balanceret ventilation og varmegenvinding mindre attraktiv.

Baggrundsdata for el- og varmekonsum er beskrevet i bilag E.

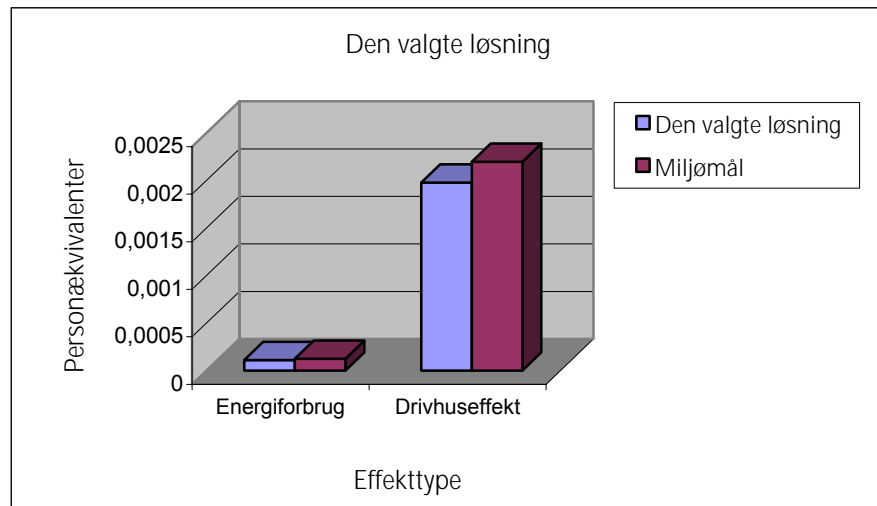
7.3.2.4 Den valgte løsning

Der er gennemført en beregning på den valgte løsning med hybrid ventilation (balanceret ventilation med varmegenvinding i kombination med naturlig ventilation), bevægelsesfølere og lavenergiruder.

Miljøeffekterne (energiforbrug og drivhuseffekt) er vist herunder.

	Energiforbrug	Drivhuseffekt
Den valgte løsning	0,000112	0,00198
Miljømål	0,000125	0,0022

Beregnete personækvivalenter for de to effekttyper.



Målopfyldelserne på effektniveau er:

	<i>Energiforbrug</i>	<i>Drivhuseffekt</i>
Den valgte løsning	110,4%	110,0%

Der er altså valgt en løsning med hensyn til at dække behovet for varme og ventilation, der opfylder miljømålet.

Baggrundsdata for el- og varmekonsum er beskrevet i bilag E.

7.3.3 Energiforbrug, mål 2

Brugerne (elever og personale) skal informeres om anvendelsen af de forskellige foranstaltninger til nedbringelse af energiforbruget i driften for at bibringe en forståelse herfor. Desuden skal brugerne løbende informeres om forbrug - f.eks. ved oplysninger centralt placeret eller som en fast rubrik i skolebladet.

Information af denne karakter har i praksis vist sig at være af meget væsentlig betydning. Hvis ikke brugerne er bevidste om korrekt brug af lokaler og installationer, kan intentionen om f.eks. energibesparelse let gå i vasken. Desuden er der i dette tilfælde endvidere et pædagogisk sigte med hensyn til miljøbevidsthed.

Det er ikke muligt at gennemføre beregninger for opfyldelse af dette miljømål. Målet er af en beskaffenhed, hvor målopfyldelsen kun kan vurderes kvalitativt. Er der givet information eller ikke? I projekteringen kan planlægges informationstavler, f.eks. ved indgang eller i kantine, der oplyser om forbrug/besparelser. Der kan desuden planlægges informationsmøder for lærere og elever om miljøbevidst brug af byggeriet. Kort efter, at skolen er taget i brug, kan det som målopfyldelse konstateres, om der er foretaget disse tiltag eller ej. Erfaringstal viser, at energiledelse alene kan reducere energiforbruget med 10-15% - vel at mærke, når brugerne er inddraget.

For eksempelbyggeriet her har der været gennemført workshops, hvor de kommende brugere skulle stille krav til det nye byggeri. Her er der fremsat ønsker om miljøvenlighed på forskellige niveauer, hvilket tegner godt for en fremtidig miljøvenlig drift af skolen.

Der er i udbudsmaterialet lagt op til kontrol af forbrug i de enkelte bygninger separat - herunder også energiforbruget. Der er desuden planlagt demonstrationsanlæg med solfangere og solceller. Intentionen er også at anvende oplysninger om forbruget til undervisningsformål. Et konkret procenttal er svært at sætte på målopfyldelsen, men den vurderes at ligge i intervallet 61-80%.

7.3.4 Samlet målopfyldelse for energiforbruget

Den procentvise målopfyldelse for de to miljømål under energiforbruget for eksempelbyggeriet, er angivet herunder.

Miljømål for energiforbrug	Målopfyldelse
Mål 1: <i>Energiforbruget til varme og el fra knappe energiresourcer skal kunne opfylde kravene til A-mærkning i ELO' energimærkningsordning, hvilket svarer til et varmeforbrug lavere end 67 kWh/m²/år og et elforbruget lavere end 10,2 kWh/m²/år.</i>	110%
Mål 2: <i>Brugerne (elever og personale) skal informeres om anvendelsen af de forskellige foranstaltninger til nedbringelse af energiforbruget i driften for at bibringe en forståelse herfor. Desuden skal brugerne løbende informeres om forbrug, f.eks. ved oplysninger centralt placeret eller som en fast rubrik i skolebladet.</i>	61-80%

7.4 Indeklima

Egentlige vurderinger af indeklimaet er svære at udføre, da opfattelsen er subjektiv. Der er altså oftest ikke mulighed for på forhånd at gennemføre en vurdering af, om indeklimaforholdene er i orden. Der kan dog opstilles konkrete mål for påvirkninger, man ved har indflydelse på indeklimaet, og som kan opgøres.

Der er som følge af prioriteringen i miljøkortlægningen stillet miljømål til luftkvalitet og lysforhold. I det følgende vurderes målopfyldelsen for de miljømål, der er opstillet til indeklimaet.

Hver faktor er vurderet med den bedst mulige viden som grundlag. For nogle faktorer kvantitativt, for andre kvalitativt.

7.4.1 Indeklima (luftkvalitet) mål 1

Produkter og materialer, der har berøring med indeklimaet, skal vælges indeklimate mærkede, såfremt der eksisterer produktstandarder for produktet.

Der er produkter, der ikke er indeklimate mærkede, men som heller ikke giver nogen afgasning, der har betydning for indeklimaet (f.eks. mursten). Den slags "inaktive" materialer, hvor indeklimate mærkningen er irrelevant, må naturligvis godt anvendes i byggeriet, selv om de ikke er indeklimate mærkede.

Til vurdering af målopfyldelsen tages udgangspunkt i indeklimate mærkningens kategorier. Det vurderes hvor i byggeriet, der anvendes materialer i disse kategorier. Derefter opgøres, om der er anvendt indeklimate mærkede produkter, hvor det var muligt.

Til vurdering af målopfyldelsen kan angives, i hvor stor en procentdel af de relevante produktgrupper, der er anvendt indeklimate mærkede materialer/produkter.

Indeklimate mærkningen har produkter i følgende produktgrupper:

- Loft- og vægssystemer
- Tekstile gulvbelægninger
- Indvendige døre og mobilvægge
- Halvhårde gulvbelægninger, laminatgulve og trægulve
- Trægulvolier
- Vinduer og yderdøre
- Køkken-, bad- og garderober.

Indeklimamærkningen tager ikke højde for, om produkterne anvendes rigtigt, f.eks. kan gipsplader anvendes forkert i våde zoner.

For to mulige resultater er det nemt at vurdere målopfyldelsen, nemlig hvor der er anvendt indeklimamærkede produkter, hvor det er muligt (målupfyldelse på 100%) og hvor der ikke er anvendt indeklimamærkede produkter overhovedet (målupfyldelse på 0%). Herimellem vil målupfyldelsen bero på et skøn, da de forskellige produktgrupper har større eller mindre indflydelse. Lofter og vægge udgør et stort areal, mens døre og mobilvægge udgør et mindre. Et valg af lofter og vægge, der ikke giver indeklimagener, er derfor af større betydning, end et valg af døre.

I eksempelbyggeriet er en del indre vægge af mursten - de øvrige vægge er malet beton. Malet beton vurderes harmløst i forhold til indeklimaet, og indeklimamærkning er mindre relevant for dette produkt.

Der er klinkegulv på gangarealer og linoleum i klasserum. Der er ikke tekstilgulvbelægning. Der er kun et meget begrænset areal med trægulv (scene samt få forhøjede områder i fællesarealer). Alt trægulv er lakeret og har derfor ikke brug for trægulvolie. I vådrum er vinylgulve. Alle gulvtyper eksisterer med indeklimamærkning. Men der er ikke anvendt indeklimamærkede produkter i eksempelbyggeriet .

Lofter er beton eller træbeton. Malet beton vurderes harmløst i forhold til indeklimaet, og indeklimamærkning af betonlofter er derfor mindre relevant for dette produkt. Træbetonlofterne er indeklimamærkede.

Vinduer og døre er indeklimamærkede. Der er ikke oplysninger om skabene.

Samlet set er der i eksempelbyggeriet gjort gode valg på den måde, at der er valgt typer, hvor indeklimamærkning ikke er relevant (mursten, beton), og der er valgt indeklimamærkede loftsbeklædning, døre og vinduer. Valget af gulvbeklædninger kunne imidlertid være bedre. En samlet vurdering af målupfyldelsen skønnes til 61-80%.

7.4.2 Indeklima (luftkvalitet) mål 2

Ved anvendelse af lim, fugemasse og maling m.m. (hvor der er risiko for afgang til indeklimaet) skal der indhentes en erklæring fra leverandøren om produkternes afgang, og vælges det produkt med mindst afgang i driftsperioden.

Der er erfaring for, at afgang fra netop de nævnte produkter, kan give anledning til indeklimagener. For at kunne vurdere målupfyldelsen, kræves oplysninger om afgang for produkterne.

Der eksisterer ikke nogen indeklimamærkning for ovennævnte produkter. I praksis må målupfyldelsen da vurderes ud fra, om der er udvalgt det bedste

produkt ud fra flere alternativer. Foreligger f.eks. en dokumentation for valg mellem flere alternativer, hvor der er oplysninger om afgangning?

I eksempelbyggeriet er der ikke stillet krav om dokumentation af afgangningen, men der er lagt vægt på ikke at vælge skrappere midler end nødvendigt ved at stille krav til MAL-koden (højest 0-1) og krav om, at malerbehandlingen skal foretages efter MBK-anvisning (Malerfagligt BehandlingsKatalog). I katalogets forord nævnes, at anvisningen bl.a. er med hensyntagen til miljø – dog ikke på produktniveau.

MAL-koden (maling, lim, fugemasse) indeholder oplysninger om afgangningen i forbindelse med påføringen, men ikke om afgangningen i brugsperioden. MAL-koden er derfor ikke tilstrækkeligt at vurdere indeklimaet på baggrund af.

De vægge, hvor der forventes mest slid, f.eks. gangarealer, er i blank murværk, der tåler hårdt slid uden at tage skade. Havde der været tale om malede vægge, skulle de løbende males om på grund af slid.

En samlet vurdering af mål opfyldelsen skønnes til 0-20%

7.4.3 Indeklima (luftkvalitet) mål 3

Rengøringsmidler og plejemidler må ikke lugte eller irritere (slimhinder).

Hvorvidt et rengøringsmiddel lugter eller ej, er (ligesom indeklimagenerne) individuelt. Da det er elever og personale, der skal opholde sig i bygningerne, vil det være naturligt, at det er dem, der vurderer, hvorvidt rengøringsmidlerne lugter. Der kunne etableres et lugtpanel bestående af elever og personale, som kunne vælge det bedste produkt ud fra alternative produkter, og godkende de rengøringsmidler, der blev taget i anvendelse. Såfremt panelet har "godkendt" rengørings- og plejemidlerne, er miljømålet opfyldt. Proceduren skal indskrives i driftsinstruksen.

Umiddelbart ville det være nemmere, hvis målet f.eks. kunne hedde "brug kun miljømærkede rengøringsmidler", men miljømærkningen tager hensyn til miljøpåvirkningen på det eksterne miljø, og er altså ikke brugbar i denne sammenhæng. Der findes heller ikke - endnu - indeklimamærkede rengøringsmidler.

Der er mulighed for at begrænse anvendelsen af rengøringsmidler betydeligt i forhold til tidligere tiders praksis. Mikrofiberklude kan i stor udstrækning erstatte rengøringsmidler og hermed begrænse brugen.

En samlet vurdering af mål opfyldelsen for eksempelbyggeriet skønnes til 81-100%.

7.4.4 Indeklima (luftkvalitet) mål 4

Luftens indhold af støv skal være mindre end 0,1 mg/m³.

Dette mål kan verificeres ved målinger, når byggeriet er taget i anvendelse. Der gennemføres støvmålinger efter Dansk Standard, og resultatet vurderes i forhold til den satte grænseværdi. Herefter kan vurderes, om målet er opfyldt.

Mængden af støj i indeluften er afhængig af mange faktorer, f.eks. aktivitetsniveau, rengøringsniveau, rengøringsvenlighed, udenomsarealernes beskaffenhed (fliser/mudder), mulighed for at slippe af med snavs på fodtøj før man kommer ind, separat garderobe, om det er muligt at komme ind i hjørnerne og om det gøres, om møblerne flyttes og endelig brugeradfærd.

Der kan i projekteringen tages mange forholdsregler for at holde støvgener nede. F.eks. at undgå tæpper og at sørge for gode muligheder for at fjerne snavs fra skotøj, så det ikke bæres med ind i bygningen (riste, måtter) m.m. Det er dog ikke muligt at gennemføre beregninger, der på forhånd kan give et fingerpeg om, hvorvidt målet er opfyldt. Målopfyldelsen kan først vurderes, når byggeriet er færdigt, og her kan det være for sent at ændre på forholdene, hvis virkemidlerne viser sig ikke at være tilstrækkelige.

I driftsinstruksen kan indskrives, at der tre måneder efter ibrugtagning skal foretages en kontrolmåling.

Målopfyldelsen kan vurderes ud fra beslutningen om, at en værdi på det dobbelte af miljømålet giver en målopfyldelse på 0% (se afsnit 7.2.2). Måles f.eks. en værdi for støj i luften på $0,13 \text{ mg/m}^3$, er målopfyldelsen 70% (se beregning i bilag F).

7.4.5 Indeklima (luftkvalitet) mål 5

Loddenfaktoren skal være mindre end 0,35.

Til forskel fra det foregående miljømål er her et mål, der kan vurderes allerede på tegnebordet. Loddenfaktoren er defineret som arealet af tekstile flader divideret med rummets volumen. Overfladearealet af tæpper, gardiner (her regnes begge sider), hessian og polstrede møbler opgøres, og loddenfaktoren beregnes. Det kan så umiddelbart vurderes, om målet er opfyldt.

Opgøres loddenfaktoren for eksempelbyggeriet, ser det således ud:

<i>Placering</i>	<i>Areal</i>
Gulvtæpper: Der er ikke gulvtæpper i klasseværelse	0
Gardiner: Der er ikke gardiner i eksempelbyggeriet fra start. (En beregning kunne se således ud: Der regnes med gardinstof på 2 gange vinduets areal. Der er rullegardin for døre (der ikke medregnes) og der regnes ikke med stofgardiner for ovenlys. For gardiner regnes overflader på begge sider.)	$(30,8 \text{ m}^2 \times 2 \times 2 = 123,2 \text{ m}^2)$
Polstrede møbler: Alle sæder er polstrede. Der regnes med 29 stole med et polstret overfladeareal på $0,19 \text{ m}^2$. Desuden en "hygge-krog" med $3,5 \text{ m}^2$ polster.	$(29 \times 0,19 + 3,5) \text{ m}^2 = 9,0 \text{ m}^2$
Andre tekstile overflader: Oplagstavle med stofoverflade.	$2,0 \text{ m}^2$
I alt	11 m^2 ($134,2 \text{ m}^2$ hvis gardiner)

Klassens areal er på $59,5 \text{ m}^2$ med en gennemsnitshøjde på $4,55 \text{ m}$, hvilket giver et volumen på 271 m^3 . Dette giver en loddenfaktor på $11/271 = 0,04$. Hvis der var gardiner, ville loddenfaktoren være $134,2/271 = 0,49$, hvilket ligger over miljømålet.

Målopfyldelsen kan beregnes ud fra beslutningen om, at værdien, der svarer til en fordobling af miljømålet, giver 0% målopfyldelse. Den beregnede loddenfaktor bliver på 0,04. Målopfyldelsen er væsentligt bedre end miljømålet, der derfor er rigeligt opfyldt – målopfyldelsen er beregnet til 189% (se bilag F).

Hvis der opsættes gardiner, vil loddenfaktoren blive 0,49 svarende til en målopfyldelse på 60% (se beregningsmetode i bilag F). Med det rumvolumen, der er tale om her, må arealet af de tekstile overflader ikke overstige 94,85 m², hvis miljømålet skal overholdes. Det betyder i praksis, at der ikke kan anvendes stofgardiner!

7.4.6 Indeklima (luftkvalitet) mål 6

Ventilationen skal sikre et tilstrækkeligt luftskifte. Som indikator anvendes CO₂-niveauet, der gennemsnitligt i undervisningstiden ikke må overskride 1000 ppm.

Personer, der opholder sig i et lokale, afgiver bio-effluenter, heriblandt CO₂. Niveauet er afhængigt af hvor mange mennesker, der er i lokalet, og af udluftningsgraden. Som indikator for effluenterne anvendes CO₂-niveauet.

Udeluft har et CO₂-indhold på ca. 350 ppm. Uden udluftning, kan CO₂-indholdet i et klasserum i løbet af en skoledag komme op på 4-5.000 ppm. Effekter som ubehag på grund af lugtgener (på grund af bio-effluenter) opleves fra et CO₂-niveau på 1000 ppm (svarende til Arbejdstilsynets vejledende værdi).

Indeklimahåndbogen (Valbjørn et al., 2000) angiver, at den laveste påvirkning, der kan forventes at give gener, ligger på 700 ppm. Da ubehag på grund af lugtgener ikke anses som specielt alvorlige (giver ikke varige skader eller sygdomme) er der ikke grund til at opstille urimelige miljømål. Derfor er de 1000 ppm valgt som et rimeligt målniveau.

Målet kan opnås med tilstrækkelig udluftning/ventilation.

Målet kan direkte kontrolleres ved at opsætte rumfølere, der styrer ventilationen efter luftens CO₂-indhold. Målet kan også kontrolleres ved at gennemføre beregninger i projekteringsfasen.

Fuld opfyldelse af miljømålet må her være, at gennemsnittet for undervisningstiden er 1000 ppm (eller lavere). Hvis gennemsnittet ligger højere, er målet ikke opfyldt. For eksempelbyggeriet er der gennemført beregninger på CO₂-niveauet i undervisningstiden ved anvendelse af fortyndingsligningen (Valbjørn, O., Hagen, H., Kukkonen, E., & Sundell, J. 1989).

Der er beregnet på et klasselokale med et rumvolumen på 271 m³, som et klasselokale i eksempelbyggeriet. Det antages, at der er 28 elever og en lærer i klassen. En lektion varer 45 minutter, og der udluftes 10 minutter med et luftskifte på 5 gange/time efter hver lektion. Det beregnede CO₂-indhold i luften ligger mellem 840 og 1150 ppm, med et gennemsnit på ca. 1005 ppm – svarende til en teoretisk målopfyldelse på 99,5% (se beregningsmetode i bilag F).

I det aktuelle tilfælde er der ikke opsat CO₂-følere.

7.4.7 Indeklimamål (Lys) mål 1

Glasarealet skal være mellem 25 og 35% af facaden (for normale vinduestyper svarende til et vinduesareal på 15 til 25% af gulvarealet).

En vurdering af målopfyldelsen vil i dette tilfælde kunne gennemføres under projekteringen. Opmåling af glas- eller vinduesareal og gulv- eller facadeareal vil give svaret.

I eksempelbyggeriet er vinduesarealet opmålt til 53 m² (inklusive ovenlys, skønnet til 5 m² for hver klasse) og gulvarealet til 158,2 m² (inklusive repos, 19,6 m² for hver klasse). Her ses kun på klasselokaler. Gang, garderobe og toiletter medtages ikke. Vinduesarealet udgør dermed 34% af gulvarealet. Dette svarer til en målopfyldelse på 40% (se beregningsmetode i bilag F).

7.4.8 Indeklimamål (Lys) mål 2

Der skal tages forholdsregler mod blænding, uden at udsynet forringes. Ved mulighed for direkte sollys, skal der være regulerbar solafskærmning

Der må ikke være for stor kontrast mellem vinduer og omgivelser. Der skal derfor være lyse omgivelser – vægge, karme - ved vinduerne.

Store tagudhæng hindrer direkte sollys i den periode, hvor solen står højt. I de rum, hvor der er vinduer til øst og vest og høje vinduer mod syd, er der som udgangspunkt risiko for direkte sollys, hvilket kræver en eller anden form for solafskærmning for ikke at genere. Da der stadig ønskes lysindfald, skal afskærmningen være regulerbar.

En anden mulighed er en opdeling og fornuftig placering af vinduerne, således at dagslysvinduer placeres højt med mulighed for afskærmning og udsynsvinduer lavt.

Da skolen er placeret således, at klasseværelserne ligger enten mod syd eller nord, er blændingsproblemerne kun relevante for de sydvendte lokaler. Der er mod syd lavet et stort tagudhæng. Tagudhængen generer ikke udsynet. Desuden er der sørget for lyse omgivelser om vinduerne. Der er ikke i eksempelbyggeriet nogen form for regulerbar solafskærmning, ej heller gardiner.

Der er ikke mulighed for at beregne målopfyldelsen, men den vurderes at ligge på 61-80%, idet der egentligt kun mangler regulerbar solafskærmning.

7.4.9 Samlet målopfyldelse for indeklimaet

Den procentvise målopfyldelse for de tre miljømål under energiforbruget for eksempelbyggeriet, er angivet herunder.

<i>Miljømål for indeklima</i>	<i>Målopfyldelse</i>
Mål 1 (luftkvalitet): Der skal vælges indeklimatemærkede byggematerialer og inventar, hvis der eksisterer mærkning for produktet.	61-80%
Mål 2 (luftkvalitet): Plast, lim, fugemasse og maling m.m. skal vælges under hensyntagen til minimal afgasning i driftsperioden.	0%
Mål 3 (luftkvalitet): Rengøringsmidler og plejemidler må ikke lugte eller irritere (slimhinder).	100%
Mål 4 (luftkvalitet): Luftens indhold af støv skal være mindre end 0,1 mg/m ³ .	70%
Mål 5 (luftkvalitet): Loddenfaktoren skal være mindre end 0,35.	189%
Mål 6 (luftkvalitet): Ventilationen skal sikre et tilstrækkeligt luftskifte. Som indikator anvendes CO ₂ -niveauet, der gennemsnitligt i undervisningstiden ikke må overskride 1000 ppm.	99,5%
Mål 1 (lys): Glasarealet skal være mellem 25 og 35% af facaden (for normale vinduestyper svarende til et vinduesareal på 15 til 25% af gulvarealet)	40%
Mål 2 (lys): Der skal tages forholdsregler mod blænding, uden at udsynet forringes. Ved mulighed for direkte sollys, skal der være regulerbar solafskærmning.	61-80%

7.5 Materialer

Der er i dette afsnit givet en vurdering af målopfyldelsen for de to miljømål for materialeforbrug. Der er endvidere gennemført en BEAT-beregning for forskellige tagtyper for at kunne foretage en sammenligning af forskellige alternative materialer. Målopfyldelserne er beskrevet i afsnit 8.4.1 og 8.4.2, mens BEAT-beregningerne er behandlet i afsnit 8.4.3.

7.5.1 Materialeforbrug mål 1

Anvendelse af knappe materialeressourcer skal stamme fra genbrug/genanvendelse

Målet er, at anvendelse af knappe materialeressourcer i deres primære form ikke skal forekomme i byggeriet. En måde at måle dette på kunne være at opgøre, hvor mange knappe materialeressourcer i genanvendt form, der blev anvendt i forhold til hvor mange knappe materialeressourcer, der i det hele taget blev anvendt i byggeriet – en form for genanvendelsesprocent af de knappe materialeressourcer. En målopfyldelse på 100% ville betyde, at samtlige anvendte knappe materialeressourcer var genanvendt.

Intentionen i målet er dog dobbeltsidig. Det er selvfølgelig bedre ikke at anvende knappe materialeressourcer overhovedet frem for at anvende dem i form af genbrugsmaterialer. Ikke at anvende knappe materialeressourcer – hverken i primær eller genanvendt form – belønnes ikke ved denne vurdering alene. Hvis man mestrer at undgå de knappe materialeressourcer for 90%'s vedkommende, men for de sidste 10% ikke kan få genanvendte materialer, vil målopfyldelsen være 0%, hvis ovenstående målopfyldelseskriterier anvendes, hvilket ikke er hensigten med målet.

Sammenligningsgrundlaget må derfor tage udgangspunkt i et forventet/ normalt forbrug af knappe materialeressourcer, eller som her kobles med et miljømål, der tager sig af begrænsning af det samlede forbrug af knappe materialeressourcer.

Der er ikke for eksempelbyggeriet stillet krav til, at knappe materialeressourcer skal være sekundære. Da kobbertaget ikke fremstilles ud fra sekundært kobber, er miljømålet da heller ikke opfyldt. Der er ikke oplysninger for de øvrige knappe materialeressourcer, men da kobber udgør så stor en del af materialeforbruget, skønnes målopfyldelsen meget ringe, svarende til 0-20%.

Det ville således i alle tilfælde blive anbefalet at tage yderligere virkemidler i anvendelse. Af de virkemidler, der kunne foreslås for at opfylde miljømålet, kan nævnes:

- De knappe materialeressourcer (metaller og plast), der ikke kan erstattes af andre materialer, skal være genanvendte.
- Hvis der fastholdes at gennemføre en løsning med kobbertag, skal kobberet være sekundært.

Ved anvendelse af knappe materiale ressourcer, skal der søges dokumentation for oprindelse og graden af genanvendt materiale.

7.5.2 Materialeforbrug mål 2

Mængden af anvendt kobber, tin, zink og oliebaseerede produkter skal ligge 25% under gennemsnitsforbruget.

I det oprindelige projekt for eksempelbyggeriet er der tørvetag, men det er senere, på kommunens foranledning, blevet ændret til kobbertag .

Der er ikke umiddelbart foretaget valg, der tager hensyn til at nedsætte forbruget af knappe materialeressourcer. For at kontrollere miljømålet, er det nødvendigt at tilvejebringe et gennemsnitsforbrug for de knappe materialeressourcer.

I ***Byggeriets materialeforbrug*** (Miljøstyrelsen, 1993)) er det samlede forbrug til nybyggeri opgjort for visse stoffer. Dette er ikke opdaterede tal (opgørelse er fra 1989). Det kan forventes, at flere materialer bruges anderledes i dag, f.eks. mere aluminium og mindre PVC. Der findes ikke nyere danske tal for byggeriets materialeforbrug.

I skemaet herunder er forbruget af kobber, zink og bly samt plast. Der foreligger ikke i rapporten opgørelser for tin og andre oliebaseerede produkter end de nævnte.

En opgørelse for skolebyggeri mangler. For at få et sammenligningsgrundlag er der taget tal fra kontor og administrationsbyggeri, da det er den af de kategorier, der er behandlet i rapporten, der ligner skolebyggeri mest. Opgørelserne er gjort for forskellige materialekategorier og er angivet i kg/100 m².

Til reference for de danske tal sammenlignes de med nogle nyere svenske opgørelser. Der kan ikke laves en direkte sammenligning mellem landene, men niveauerne kan checkes.

<i>Materiale</i>	<i>Forbrug i kg/100m² Fra byggeriets materialeforbrug</i>	<i>Svensk rapport</i> ⁴⁾	<i>Miljømål 75% af gennemsnits værdi</i> ²⁾	<i>Opgjort materialeforbrug i kg/100m²</i>
<i>Metaller</i>				
Kobber	37	39 ⁵⁾	28	
Heraf fra legeringer ³⁾	3		2,25	?
Tag ¹⁾	3,88		2,91	405 ⁶⁾
Andet ¹⁾	33,12		24,84	?
Zink	44		33	?
Heraf til galvanisering	25		19	
<i>Plast</i>	387		290	?
<i>Bituminøse materialer (Asfalt/tagpap)</i>	220		165	0

- ¹⁾ I Håndbog i Miljørigtig projektering (BPS-centret, 1998)) er der angivet, at der gennemsnitligt anvendes 4.750 t kobber på årsbasis (3.800 - 5.700 t). Til tagdækning og indfatning alene anvendes årligt 500 t kobber svarende til 10,5 % af det samlede forbrug. Anvendes denne procent for tallet for kontor og administrationsbyggeri, fås et forbrug pr. 100 m² på 3,88 til tag. Resten er opgivet som "andet".
- ²⁾ Som gennemsnitsværdi til sammenligning med miljømålet anvendes tallene fra byggeriets materialeforbrug. Da målet er 25% lavere end gennemsnitsværdien, sammenlignes med 75% af denne.
- ³⁾ I *Byggeriets Materialeforbrug* (Miljøstyrelsen, 1993) opgives 5 kg/100 m². Legeringerne er primært er messing med et indhold på 59 - 60 % kobber - svarende til 3 kg/100m².
- ⁴⁾ Databasen Stockhome (Lohm et al., 1997).
- ⁵⁾ I forskellige bygningskategorier ligger antallet af løbende meter kabel på mellem 1,2 til 8,0/m² – for skoler er tallet 4,5 løbende-m/m². Samtidig er kobber/m² opgjort til at ligge mellem 0,16 og 0,64. Det antages, at kobbermængden pr. løbende meter er den samme, hvorved kobbermængden kan beregnes til 0,39 kg/m².
- ⁶⁾ Opgørelse for eksempelbyggeriet - alene for taget. 48,34 T = 405 kg / 100 m² (total 11.926 m²). Der er ikke medtaget nedløbsrør, og tagrender, der også udføres i kobber. Øvrigt kobberforbrug forventes ikke at afvige fra gennemsnitsværdier.

Tallene for materialeforbruget er mangelfulde. Det er ikke opdaterede tal, det er ikke totale forbrug (legeringer kan ikke umiddelbart lægges sammen med de øvrige tal), og der mangler opgørelser for enkelte metaller (f.eks. tin) og for plast en opdeling på typer. F.eks. kunne det være ønskeligt at have tal for PVC for sig. Dette er et problem i forhold til overhovedet at kunne vurdere de opstillede miljømål. Hvis ikke der findes referencer at vurdere målene ud fra, kan der heller ikke gennemføres en vurdering af målopfyldelsen. Til trods for, at tallene er mangelfulde, er det de bedste danske referencer på nuværende tidspunkt.

Det er desuden svært at få nøjagtige opgørelser for, hvor store mængder af de relevante metaller, der rent faktisk indgår i et byggeri. Mange byggevarer indeholder såvel metaller som plast, uden at det er muligt nøjagtigt at opgøre mængderne i et byggeri.

Der er heller ikke for eksempelbyggeriet en opgørelse af forbruget af knappe materialeressourcer anvendt på skolen. Det er ikke med de tilgængelige oplysninger muligt at tilvejebringe information om flere af de materialeressourcer, der er anvendt i skolebyggeriet - selv ikke når byggeriet er i gang. Der findes f.eks. mange bidrag til plast, og forskellige legeringer leverer bidrag til forbruget af knappe metalressourcer. Derfor er det kun muligt at vurdere målopfyldelsen for kobber og asfalt.

Er det overhovedet realistisk at opstille miljømål til materialeforbruget, når der hverken er lettilgængelige referencer, eller når mulighederne til at opgøre forbruget er begrænsede?

Ud fra miljøhensyn er knappe ressourcer en overordentlig relevant parameter at kunne måle på. Det vil sige, at det er væsentligt såvel at vide, hvad der bruges i det enkelte byggeri eller i den enkelte byggevare som i byggeriet generelt.

Miljømålet er ikke opfyldt for kobber - alene forbruget til taget betyder, at værdien er overskredet. Miljømålet for asfalt/asfaltpap er overholdt. En samlet konkret vurdering af målopfyldelsen er alene på grund af anvendelsen af kobber så ringe, at den vurderes til 0-20%.

Der er ikke egentligt i eksempelprojektet taget virkemidler i brug for at begrænse forbruget af knappe materialeressourcer. Af de virkemidler, der kunne foreslås for at opfylde miljømålet, kan f.eks. nævnes:

- Anvendelse af tagmateriale, der ikke er en knap ressource, f.eks. tegl eller betontagsten.
- Tagrender og nedløbsrør af ikke-knappe metaller
- Anvend aluminium- eller fiberkabler, hvor det er muligt.
- Reducer arealforbruget.
- Reducer længden af lednings- og rørstrækninger ved forbedret planløsning.

Desuden ligger muligvis en materialebesparelse i en god planlægning af byggeprojektet.

Grundlæggende bør der for et byggeri kunne skaffes oplysninger om materialeforbruget – herunder forbruget af knappe materialeressourcer.

7.5.3 BEAT-beregninger

Da målopfyldelsen er specielt dårlig for kobber, og årsagen især ligger i anvendelsen af kobbertag, er der gennemført BEAT-beregninger på forskellige tagtyper for at kunne sammenligne miljøbelastningerne. Beregningerne er alene på tag, og tager ikke hensyn til, hvor der ellers anvendes kobber i byggeriet.

Til BEAT-beregningerne for de forskellige tagkonstruktioner er der gjort følgende på baggrund af forudsætningerne:

- Der er regnet på 1 m² af hver tagtype.
- Der er ikke taget hensyn til afslutninger.
- Konstruktionerne er udført som beskrevet i tegningsmaterialet for eksempelbyggeriet eller for de løsninger, der ikke er taget i anvendelse, som de typisk ville være udført.

De tagtyper, der er gennemført beregninger for, er :

- Kobbertag
- Betontagsten
- Græstøv
- Tagpap.

De detaljerede opgørelser og antagelser, der er foretaget for at tilvejebringe rådata til BEAT-beregningerne, er angivet i bilag E.

Det vil ofte ikke være nok kun at gennemføre beregninger på tagbelægningen, da selve tagkonstruktionen kan være forskellig alt efter, om der er tale om et tungt eller let tag. Såvel tørvetaget som betontaget kræver en solid konstruktion, mens kobber- og tagpaptag kan nøjes med en let. Der er i eksempelbyggeriet anvendt huldæk til kobberløsningen, dvs. en tung konstruktion til et let tag. Det har altså ikke her været nødvendigt at gennemføre beregninger for forskellige tagkonstruktioner.

Levetiden for byggematerialerne kan have stor indflydelse på den samlede miljøbelastning for et byggeri. Skal materialerne udskiftes ofte, tages hensyn til belastning på grund af de gamle materialer (affald) og produktion af nye. Dette er ikke nødvendigt, hvis materialerne kan holde hele byggeriets levetid.

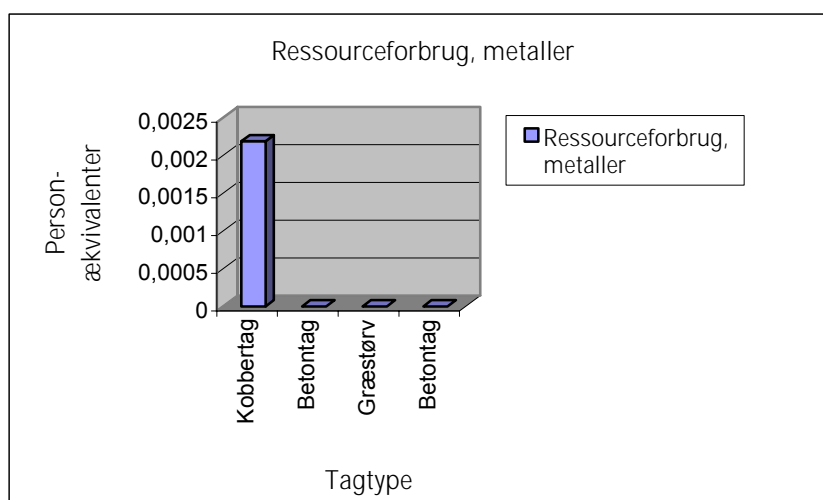
Da der for skolerne ikke forventes en levetid på mere end 60 år, er denne i BEAT-beregningerne angivet som tagets levetid, uden hensyn til om tagene (dele af tagene) eventuelt har en længere levetid. De materialer, der kan genanvendes, efter de 60 år, er i beregningerne før tilbage, således at de optræder som et genbrugsmateriale og ikke som affald. For de materialer hvis levetid er mindre end 60 år, er der i beregningerne medtaget udskiftning.

	<i>Ressourceforbrug, metaller (tusindedele)</i>
Kobbertag	2,19
Betontagsten	0
Græstørv	0,00000166
Tagpap	0,00000166

Beregnete personækvivalenter på effekttypen.

Det er alene ressourceforbruget af metaller, der beregnes i BEAT, da forbruget af råolie til produktion af tagpap forsvinder i forbruget af energiressourcer. Under alle omstændigheder er løsningen med kobbertag den løsning, der forbruger flest knappe materialerressourcer, og derfor giver den største effekt herpå.

For samtlige øvrige beregnede effekter giver løsningen med kobbertag langt de fleste personækvivalenter. Det er altså ikke kun på grund af forbruget af knappe materialerressourcer, det er en dårlig løsning.



7.5.4 Samlet målopfyldelse for materialeforbruget

Den procentvise målopfyldelse for de to miljømål under materialeforbruget for eksempelbyggeriet, er angivet herunder.

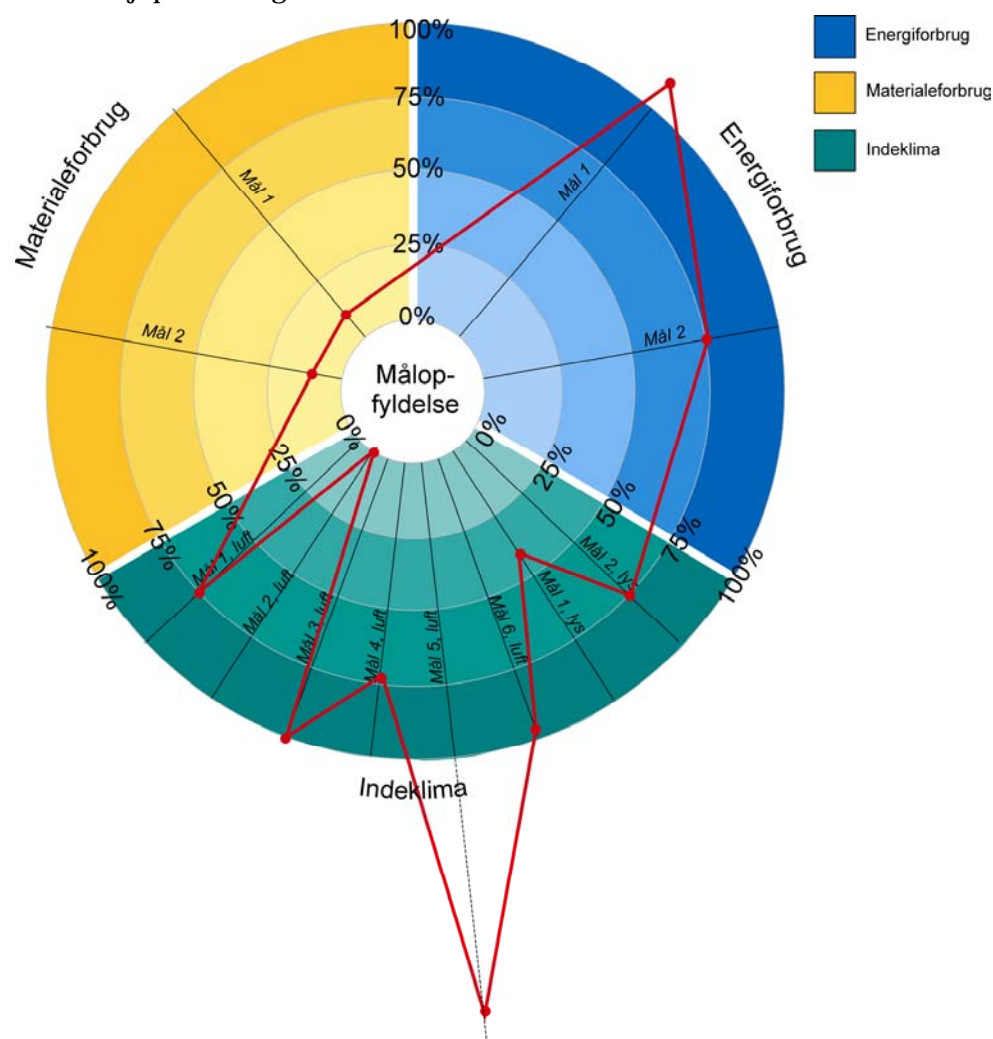
Miljømål for materialeforbrug	Målopfyldelse
Mål 1: Mængden af anvendt bly, kobber, tin, zink og oliebaseerede produkter (alle mindre end 50 års forsyningshorisont) skal ligge 25% under gennemsnitsforbruget	0-20%
Mål 2: Anvendelse af knappe materialeressourcer skal stamme fra genbrug/genanvendelse.	0-20%

7.6 Samlet mål opfyldelse for eksempel byggeriet

Der er i forlængelse af miljøkortlægningen prioriteret tre miljøpåvirkninger. Indenfor hver af disse, er der opstillet et varierende antal miljømål.

I nedenstående figur er den samlede målopfyldelse for eksempelbyggeriet angivet. Cirklen er opdelt i tre delområder svarende til de tre miljøpåvirkninger. I hver er optegnet radier svarende til de forskellige miljømål. Målopfyldelsen kan aflæses, hvor den optegnede kurve krydser radierne. Ved cirkelns inderste kreds er målopfyldelsen 0%, og ved omkredsen er målopfyldelsen 100%. Hvor målopfyldelsen er vurderet ved et procentinterval, er markeringen i figuren afsat midt i intervallet.

Præsentationen skal være enkel. Grafiske præsentationer er normalt lette at overskue og sammenligne. Vi søger derfor at give en grafisk præsentation af målopfyldelsen. Tekstmæssige udredninger er kun relevante i denne sammenhæng for at få en uddybning af resultatet, f.eks. oplysninger om indflydelse på andre miljøpåvirkninger eller -mål.



8 Anvisning for udvælgelse af virkemidler ud fra totaløkonomi og målopfyldelse

Hvordan udvælger man de virkemidler, der skal tages i anvendelse? Der er mange indfaldsvinkler. Man kan starte med det, der ligger tættest på normal praksis, man kan vælge det, der er billigst, det, der giver den største forbedring af miljøforholdene, det eller de virkemidler, der afskrives inden for en fast afgrænset årrække m.m. Valgkriterierne er utallige.

Ved valg af virkemidler vil der i praksis altid være et økonomisk element. Til vurdering af økonomien kræves et sammenligningsgrundlag. Ved vurdering af totaløkonomien er valgt at holde omkostningerne ved anvendelse af et virkemiddel op mod omkostningerne ved det, der er normal praksis. F.eks. vil der for isolering være tale om normal praksis, hvis bygningsreglementets anvisninger (netop) er fulgt. Økonomien for en bedre (tykkere) isolering skal altså vurderes i forhold hertil. Ligeledes sammenlignes f.eks. prisen for en lavenergimotor med prisen for en normal standardmotor. Vurderingen af totaløkonomien er beskrevet i afsnit 6.2.1.

Hvis graden af målopfyldelse for et enkelt virkemiddel bestemmes, kan det indgå som en vigtig faktor i beslutningsgrundlaget for valget af virkemidler sammen med andre faktorer, f.eks. økonomi og leveringstid. Metode til vurdering af målopfyldelse for de enkelte virkemidler er beskrevet i afsnit 8.2.

Hvis resultaterne skal kunne bruges i praksis, f.eks. til at sammenligne forskellige virkemidler, skal metoden være enkel.

Til systematisk valg af virkemidler ud fra vurderingen af målopfyldelsen og ud fra de totaløkonomiske vurderinger kan nedenstående anvisning opstilles. Anvisningen er opstillet ud fra en holdning om at "få mest muligt miljø for pengene". Alt hvad der på totaløkonomien giver "+" (dyrere end) og "++" (meget dyrere end) fravælges derfor i første omgang.

- 1 Hvis der på totaløkonomien er virkemidler, der giver "-" og samtidig giver et positivt bidrag til opfyldelse af miljømålet, vælges dette/disse.
- 2 Hvis det ud fra vurderingen af målopfyldelsen for de enkelte virkemidler skønnes, at der er virkemidler nok til at opfylde miljømålet, gennemføres en verificering af målopfyldelsen. Viser det sig, at det ikke rækker, fortsættes med virkemidler, der giver "-" og samtidig giver et positivt bidrag til opfyldelse af miljømålet.
- 3 Hvis det ud fra vurderingen af målopfyldelsen for de enkelte valgte virkemidler skønnes, at der er virkemidler nok til at opfylde miljømålet, gennemføres en verificering af målopfyldelsen. Viser det sig, at det ikke rækker, fortsættes med virkemidler med et "0" i totaløkonomien o.s.v.

Hvis man har medtaget alle tænkelige virkemidler uden at målopfyldelsen er nået, kan man i blive nødt til at konstatere, at det ikke er muligt at opfylde det stillede miljømål. Der vil så i givet fald foreligge en dokumentation over, hvad man har forsøgt for at opfylde det pågældende miljømål.

9 Miljødeklarering

I dette afsnit gives en kort oversigt over hvilke tanker, der tidligere er gjort i forhold til deklareringer af bygninger. Denne vil primært tage udgangspunkt i "Vurdering og deklarerung af en bygnings miljømæssige egenskaber", der er udarbejdet af By og Byg for By- og Boligministeriet (Dinesen & Hansen, 1999).

Dernæst vil der være angivet en række overvejelser, der i dette projekt er gjort i forbindelse med deklarerung af bygninger.

9.1 Metode til miljøvurdering af bygninger

"Vurdering og deklarerung af en bygnings miljømæssige egenskaber" (Dinesen & Hansen, 1999) er det foreløbige resultat af By og Bygs arbejde med miljødeklarerung af bygninger. I forbindelse med rapporten er udarbejdet et forslag til en miljødeklareringsordning for bygninger.

I forslaget til deklareringsordningen er der introduceret en række miljøindikatorer. Det drejer sig om :

- Energiforbrug
- Materialeforbrug
- Affald (byggeaffald)
- Klimapåvirkninger (drivhuseffekten)
- Luftforurening (forsuring)
- Arealforbrug (ændring af naturgrundlag)
- Indeklima
- Uønskede kemikalier.

Indikatorerne er i forslaget valgt, så de består af såvel miljøpåvirkninger, miljøeffekter og stofgrupper.

Energi- og materialeforbrug samt affald (miljøpåvirkninger) kan opgøres i tal, og kan anvendes som data i BEAT-værktøjet. Drivhuseffekten og forsuring (miljøeffekter) optræder som resultater fra gennemregning i BEAT. De tre sidste miljøindikatorer kræver en mere kvalitativ vurdering, da de ikke er nemme at udtrykke i eller omregne til konkrete tal.

I forslaget til miljødeklareringsordningen foreslås, at der udpeges en referencebygning som sammenligningsgrundlag.

Der peges desuden på spørgsmål, der skal afklares, f.eks.:

- Skal deklarerung være frivillig?
- Skal gamle bygninger også deklareres – eller kun nybyggeri?
- Hvem skal finansiere?

9.2 Krav til miljødeklareringer

I forbindelse med miljørigtig projektering opstilles miljømål til et byggeri. Ved evalueringen foretages en vurdering af målopfyldelsen for de enkelte miljømål.

En miljøvurdering kan udtrykkes i en samlet målopfyldelse for byggeriet. Denne miljøvurdering vil da kun relatere sig til de miljømål, der er fastsat for det aktuelle byggeri.

Målopfyldelsen fortæller kun, hvordan resultatet af byggeriet blev i forhold til de opstillede miljømål. Miljømålene kan være sat ud fra en bygherres ensidige fokusering på en eller flere miljøpåvirkninger, og behøver ikke at være en generel stilen mod at nedbringe de væsentligste miljøpåvirkninger. Elementerne i målopfyldelsen er et resultat af bygherrens fokusering i netop dette byggeri. Altså kan en målopfyldelse for et byggeri aldrig sammenlignes med målopfyldelsen for et andet byggeri.

Intentionerne for miljødeklarationer for bygninger er netop, at disse skal kunne sammenlignes byggerier imellem. Det er derfor essentielt, at der samles enighed om én og kun én måde at opbygge miljødeklarationer på. Det vil sige, at de skal indeholde de samme parametre. Desuden skal datagrundlaget og eventuelle beregninger eller omsætninger være ens for forskellige byggerier.

Uanset hvordan deklaraionsordningen skal udformes, er det væsentligt, at der opnås enighed blandt byggeriets parter, således at det er den samme løsning, alle anvender. Hvis der kunne skabes enighed om en international ordning, ville denne være endnu mere brugbar.

En miljødeklarering skal være facts om et byggeri – til forskel fra målopfyldelsen, der indeholder vurderinger. Miljødeklarering af byggeri skal i princippet kunne sammenlignes med Dansk Varefaktanævns deklaraioner for dagligvarer. De er helt ens opbygget, og oplysningerne er reelle data om produktet – ikke anprisninger eller vurderinger. Naturligvis er det ikke så enkelt at deklare en bygning, som det er at deklare dagligvarer – alene af den grund, at en bygning er en meget sammensat størrelse.

I en startperiode vil antallet af bygninger med miljøvaredeklaraioner for bygninger være begrænset, og nok kun (i bedste fald) omfatte nybyggeri. For dog at have mulighed for at vurdere disse, vil det være formålstjenligt sammen med deklaraionen at give tilsvarende oplysninger for et referencebyggeri. Dette vil give brugeren en fornemmelse af, hvor bygningen ligger miljømæssigt.

I en fremtidig situation, hvor forskellige byggerier alle har miljødeklaraioner, vil der for brugerne (købere, investorer, forsikringsselskaber, banker m.m.) være mulighed for at sammenligne de forskellige byggerier, men indtil miljødeklaraionerne er mere udbredte, er det nødvendigt også at medtage et referencebyggeri i selve deklaraionen for at gøre den brugbar.

9.3 Oplysninger i miljødeklaraioner

De oplysninger, der skal gives i en miljødeklaraion, skal være relevante i forhold til miljøet. Indledningsvis er en identifikation af byggeriet naturligvis nødvendig.

Udover selve identifikationen – eventuelt med en beskrivelse – bør deklaraionen ikke indeholde prosa, da det er meget svært at sammenligne. Tal kan sammenlignes umiddelbart. Hvis der kunne gennemføres et pointsystem, som f.eks. i Energiledelsesordningen (Energiledelsesordningen, 1999), hvor bygningerne tildeles bogstaver (A bedst, M dårligst) efter en samlet vurdering af forskellige forhold (forbrug), ville det være optimalt.

Hvilke øvrige facts er nødvendige? Der bør være oplysninger om forbruget af knappe energi- og materialeressourcer i fremstillingen og om forventede påvirkninger i driftsfasen (energiforbrug – el/varme/vand). Til sammenligning bør tallene angives pr m².

Miljøeffekterne er problemer, og det er dem, der reelt skal undgås. Det ville være ideelt, hvis man for et byggeri kunne få et reelt billede af de miljøeffekter, som det pågældende byggeri giver anledning til.

Som en kobling til miljøeffekter fra de ovennævnte facts, kan disse anvendes til at gennemføre en BEAT-beregning. Resultatet af denne vil give et billede af de miljøeffekter, det pågældende byggeri har – til sammenligning med andre byggerier. Hvis dette skal kunne fungere som sammenligningsgrundlag, skal der være retningslinier for, hvordan levetider og vedligeholdelse håndteres.

Resultaterne fra BEAT-beregningen kan angives i et overskueligt stavdiagram. Effekterne er delt op i effekter på det ydre miljø, ressourceeffekter og affald.

Affald er ikke en miljøeffekt i sig selv, men en påvirkning. Effekterne er konsekvenserne af affaldshåndteringen. I BEAT-beregningen er affaldet omsat til en effektstørrelse til sammenligning.

Der er ved anvendelse af BEAT-beregningerne ikke på nuværende tidspunkt mulighed for at få sundhedseffekter med. Der er heller ikke mulighed for at se, hvilke livscyklusfaser effekterne stammer fra. Øvrige forhold som indeklimate, arbejdsmiljø, etiske forhold, landskabsmæssige forhold, arkitektoniske/skønhedsmæssige forhold m.m. kan heller ikke håndteres. Alligevel er BEAT p.t. et godt bud på en faktisk fremstilling af et byggeri, hvad angår miljøet.

9.4 Kontrol

For at miljødeklarationerne for bygninger skal opfattes som reelle oplysninger - uvildige, uafhængige – er det formålstjenligt med en kontrolorganisation. Kontrolorganisationen skal sikre, at der er dokumentation for de data, der opgives, og at den form, der er opnået enighed om, overholdes. Kontrolorganet kan være offentligt eller privat – dog udpeget af f.eks. By- og Boligministeriet, og kan ikke selv udarbejde miljøvaredeklarationer, idet det så ikke ville være en uvildig kontrollant.

10 Referencer

- Arbejdsministeriet. (1996). **Rent arbejdsmiljø 2005: Arbejdsministerens handlingsplan**. København.
- ATV Akademiet for de Tekniske Videnskaber. (1975). **Indeklima Lys** (Rapport fra en arbejdsgruppe under ATV's indeklimaudvalg). København.
- BPS-centret. (1998). **Håndbog i miljørigtig projektering 1-2** (BPS-publikation 121-1 + 121-2.) Taastrup.
- Christoffersen, J., Petersen, E., & Johnsen, K. (1999). **Beregningsværktøjer til analyse af dagslysforhold i bygninger** (SBI-rapport 277). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Christoffersen, J., Petersen, E., Johnsen, K., Valbjørn, O., & Hygge, S. (1999). **Vinduer og dagslys: En feltundersøgelse i kontorbygninger** (SBI-rapport 318). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Dinesen, J. & Hansen, K. (1999). **Vurdering og deklarering af en bygnings miljømæssige egenskaber**. København: By- og Boligministeriet.
- Dinesen, J., Krogh, H., & Traberg-Borup, S. (1997). **Livscyklusbaseret bygningsprojektering: Opgørelse af bygningers energiforbrug og energirelaterede miljøpåvirkninger** (SBI-rapport 279). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Dansk Standard. (1997). **Kunstig belysning i arbejdslokaler** (DS 700: 997). København.
- Energiledelsesordningen. (1999). **ELO Nøgletalsrapport 1999**. København. Lokaliseret 20010406 på:
- Glaumann, M. (1998). **EcoEffect: Miljövärdering av bebyggelse**. Gävle: Kungliga Tekniska Högskolan, Byggt miljö.
- Gunnarsen, L. (2001). **Reduceret energiforbrug til skoleventilation: En interventionsundersøgelse** (By og Byg Resultater 004). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Gunnarsen, L., et al. (2001). **Energieffektive skoler: Forundersøgelser om opvarmning ventilation og lyskvalitet** (By og Byg Resultater 003). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Hauschild, M. (red). (1996). **Baggrund for miljøvurdering af produkter**. Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Produktudvikling. København: Miljøstyrelsen, & Dansk Industri.
- Honoré, J., & Elle, M. (2000). The sound sustainable building. In **International Conference Sustainable Building 2000, 22-25 October 2000, Maastricht, The Netherlands: Proceedings**. (pp.159-161). Best, NL: Aeneas.

Lohm, U., et al. (1997). *Databasen Stockhome: Flöden och ackumulation av metaller i Stockholms teknosfär* (Tema V Rapport 25). Linköping: Linköping Universitet.

Løkken, M. (1993a). *Trafik 2005: Problemstillinger, mål og strategier*. København: Trafikministeriet.

Løkken, M. (1993b). *Trafik 2005: Trafikpolitisk redegørelse*. København: Trafikministeriet.

Miljövarudeklaration för koppar. (1995). Svensk Byggtjänst. ?

Miljödeklaration av koppar. *Växelverkan mellan koppar och miljö. ?*

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

Miljø- og Energiministeriet. (1999). *Affald 21: Regeringens affaldsplan 1998-2004*. København.

Miljøstyrelsen. (1993). *Byggeriets materialeforbrug* (Miljøprojekt nr. 221). København.

Miljøstyrelsen. (1996a). *Massestrømsanalyse for kobber* (Miljøprojekt nr. 323). København.

Miljøstyrelsen. (1996b). *Status og perspektiver for kemikalieområdet: Et debatoplæg*. København.

Miljøstyrelsen. (1997). *Massestrømsanalyse for tin med særligt fokus på organotinforbindelser* (Arbejdsrapport nr. 7 1997 fra Miljøstyrelsen). København.

Miljøstyrelsen. (1998a). *Miljøstyrelsens redegørelse om den produktorienterede miljøindsats*. København.

Miljøstyrelsen. (1998b). *Økologisk råderum - en sammenfatning* (Miljøprojekt nr. 433, 1998). København.

Miljøstyrelsen. (1999a). *Affaldsstatistik 1997* (Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 1, 1999). København.

Miljøstyrelsen. (1999b). *Økologisk råderum for ikke-fornybare ressourcer: Metodeudvikling* (Miljøprojekt nr. 387, 1998). København.

Miljøstyrelsen. (2000). *Listen over uønskede stoffer* (Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9, 2000). København.

Odgaard Mikkelsen, S. (1999). Lavere driftsudgifter ved enkelt system for behovstyret ventilation. *VVS/VVB*, 35(7), 32-34.

Samuelsson, I. (1998). *Kriterier för sunda byggnader och material*. Karlskrona: Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

Tagpapbranchens Oplysningsråd. (1997). **Projektering af tage med tagpap og tagfolie** (Anvisning nr. 22). Virum.

Ulmgren, A. (1996). **Metaller: Materialflöden i samhället** (Rapport 4506). Stockholm: Naturvårdsverket.

Valbjørn, O., Hagen, H., Kukkonen, E., & Sundell, J. (1989). **Indeklimaproblemer: Undersøgelse og afhjælpning** (SBI rapport 199). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Valbjørn, O., Lausten, S., Høwisch, J., Nielsen, O., & Nielsen P. A. (red.). (2000). **Indeklimahåndbogen** (2.udg.) (SBI-anvisning 196). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

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

1	MILJØPÅVIRKNINGER	2
1.1	HELHEDER	2
1.2	BYRUM OG LANDSKAB	2
1.3	ENERGIFORBRUG	2
1.4	MATERIALEFORBRUG	2
1.5	VANDFORBRUG	3
1.6	EMISSIONER TIL LUFT	3
1.7	EMISSIONER TIL JORD	3
1.8	EMISSIONER TIL VAND	4
1.9	AFFALD	4
1.10	STØJ OG VIBRATIONER	5
1.11	INDEKLIMA	5
1.12	ARBEJDSMILJØ	5

1 Miljøpåvirkninger

1.1 Helheder

Denne type miljøpåvirkninger omfatter dels forhold, som går på tværs og indeholder elementer fra flere af de oplyste, naturvidenskabelige typer påvirkninger (nr. 2 – 12), dels miljøopfattelse og andre "bløde" miljøpåvirkninger, som kan medføre effekter mht. f.eks. pædagogisk synlighed, sikkerhed og livskvalitet.

1.2 Byrum og Landskab

Her er der fortrinsvis tale om den ændring, som foretages i omgivelserne ved etablering af et bygværk.

Miljøpåvirkningen består i ændringer af landskabsforhold (ændringer af landskaber, havmiljø, skovområder eller landbrugsjord), naturforhold (ændringer af vandløb og vådområder samt påvirkning af flora og fauna) og kulturforhold (ændringer af infraktur, bymiljø, rekreative områder og fortidsminder).

Valg af byggematerialer og byggeformer har æstetisk betydning for de fysiske omgivelser.

1.3 Energiforbrug

For byggeprojekter er det driftsfasen, der gennem hele projektets levetid bidrager med det største energiforbrug.

Materiale- og produktvalg er af betydning for energiforbruget til råstofudvinding og forarbejdning til byggevarer. Energiforbrug til materialefremstillingen udgør ca. 10 - 15% af byggeriets totale energiforbrug.

Effekterne fra forbrug af fossile brændsler (kul, olie og naturgas) knytter sig primært til tab af knappe energiråstoffer. Som følgepåvirkninger på grund af forbrændingens emissioner til luften kommer forskydning af drivhuseffekten, forurening og næringssaltbelastning og toksicitet (se under emissioner til luft).

1.4 Materialeforbrug

Forbruget af knappe materialeressourcer er miljøpåvirkning. De knappe materialeressourcer er typisk metaller (bly, zink, kobber) og stoffer der er produceret på basis af olie – f.eks. plast og bituminøse materialer. Desuden kan der lokalt være mangel på forskellige byggematerialer som grus, ler m.m.

De væsentligste øvrige effekter er mangel på ikke-fornyelige materialeressourcer.

Materialeforbruget afhænger af forhold som form/udformning, udtryk, indretning/placering, fleksibilitet og levetid.

Levetiden for byggematerialer er af afgørende betydning for ressourceforbruget.

1.5 Vandforbrug

Selvom der vil være stor forskel på vandforbruget, vil driftsforbruget udgøre langt det væsentligste vandforbrug i projektets livscyklus.

I udførelsesfasen kan der være et vandforbrug i forbindelse med eventuel grundvandssænkning. Forbruget anses for ubetydelig i byggeprojekternes livscyklus. Dog kan forbruget være af betydning, hvis grundvandssænkningen er permanent.

Vandforbruget til fremstilling af materialer og bygningsdele er også ubetydeligt i forhold til driftsforbruget.

Effekten af forbruget af rent vand er, at der tæres på grundvandsressourcerne. Afhængigt af nedbørsmængder, topografi og indvindingsbehov kan rent grundvand i visse/store dele af Danmark betegnes som en knap ressource.

1.6 Emissioner til Luft

Emissioner til luft skyldes i væsentlig grad forbrænding af fossile brændsler, men kan også skyldes andre kemiske processer.

Fra forbrændingen er effekterne forsurening og drivhuseffekt. Hertil kan der forekomme smogdannelse og udledes stoffer, som kan medføre f.eks. iltsvind i de indre farvande. Desuden kan emissionerne medføre toksicitet (mennesker og miljø).

Ved forbrænding af fossile brændsler udledes CO_2 , SO_2 og NO_x afhængigt af brændselstype og anlæg. Afhængigt af brændselstyper indeholder fossile brændsler tungmetaller (bly, cadmium og kviksølv), og en del heraf udledes ved forbrænding. De største påvirkninger sker således ved bygge- og anlægsprojekter med et energiforbrug i driften.

Emissioner fra transporten (VOC, NO_x , CO, partikler) skønnes at spille en ubetydelig rolle set i hele byggeriets livscyklus, men kan spille en rolle, hvis udførelsesfasen betragtes isoleret samt ved anlægsprojekter uden et driftsforbrug.

For materialerne sker de største emissioner af CO_2 , SO_2 , NO_x under fremstillingen, idet denne fase bruger den største mængde energi svarende til 10-15% af det totale energiforbrug til byggeriet. Emissionerne er især knyttet til produkter af beton og stål. Emissioner af bly, cadmium og kviksølv er størst for fremstilling af metaller ud fra malm, men der kommer f.eks. også cadmium fra cementproduktionen.

1.7 Emissioner til jord

Emissioner til jord må under normale forhold anses for at bidrage med en ubetydelig miljøpåvirkning. Der kan forekomme spild ved udførelse og drift herunder udsivning fra f.eks. biler, tankanlæg og ledningsanlæg, som kan medføre en eventuel jordforurening. I sådanne tilfælde består effekterne af

akut eller kronisk giftpåvirkning på land- eller vandmiljø. Særligt tungt-nedbrydelige stoffer kan akkumuleres i levende organismer.

I forbindelse med uheld kan der opstå alvorlige effekter i forlængelse af emissioner til jord, f.eks. ved lækage fra en tank, ledningsanlæg (brændstof) eller ved brand m.v. Der sker hyppigt skade på ledningsanlæg, og derfor skal der stilles særlige krav til bl.a. udførelsesmetoder for at minimere risikoen. Effekterne vil afhænge bl.a. af forureningstype og omfang.

1.8 Emissioner til vand

Forekomsten af spildevand hænger sammen med vandforbruget. Det vurderes som nævnt, at vandforbruget i driften udgør langt det største forbrug i byggeriets livscyklus, og dermed også den største udledning.

De væsentligste effekter vurderes at være næringssaltbelastningen samt toksicitet, hvilket stammer fra anvendelsen af miljø- og sundhedsfarlige stoffer.

Ved veje og parkeringspladser kan anvendes f.eks. glatførebekæmpelse, ukrudtsbekæmpelse m.v., der udledes med overfladevandet til de lokale recipienter og bidrage med effekter som næringssaltbelastning og iltsvind samt toksicitet.

Ved udvinding og forarbejdning af råstoffer og produktion af materialer vil der for nogle materialers vedkommende udledes spildevand indeholdende miljø- og sundhedsskadelige stoffer. For visse materialer vil der tillige fremkomme spildevand ved opførelse og reovering (f.eks. beton). Desuden kan der forekomme emissioner til vand (perkolat) i forbindelse med deponering af bygningsaffaldet.

Indholdet af problematiske stoffer i spildevandet er ofte relateret til de stoffer, som anvendes i produktionsprocessen eller indholdet i de produkter, som anvendes. Endelig kan f.eks. anvendelsen af rengørings- og vaskemidler også bidrage med problematiske stoffer til spildevandet.

Valg af spildevandsopsamlings- og rensemetoder har betydning for emissioner til vand, f.eks. risiko for overløb samt overfladevand, der ledes til recipient uden rensning.

1.9 Affald

Bygge- og anlægsaffald udgør 24% af den samlede affaldsmængde i Danmark svarende til 3,1 mio. t (1996). Mængden har de sidste år været stigende (Miljø- og Energiministeriet, 1999). Skønsmæssigt fordeler affaldsmængderne sig med 10% fra nybyggeri, 30% fra driften og 60% af affaldsmængderne stammer fra nedrivnings- og bortskaffelsesfasen (Miljøstyrelsen, 1993). Valg af byggevarer har betydning for håndtering og bortskaffelsen af affald.

Affaldet består hovedsagelig af volumenaffald som beton, asfalt, sten samt øvrigt bygge- og anlægsaffald. Der er dog en betydelig genanvendelse heraf. På baggrund af den høje genanvendelse er det således specielt farligt affald og radioaktivt affald, der giver anledning til væsentlige effekter i forhold til volumenaffaldet, til trods for at mængden er væsentlig mindre. De væsentligste

effekter ved farligt affald vurderes at være toksicitet - både human- og økotoxicitet i forbindelse med bortskaffelsen.

Fra myndighedsside vil der i de kommende år blive stillet krav til yderligere sortering og indsamling af miljøbelastende affaldsfraktioner. Indsamlingen skal bl.a. bidrage til en højere genanvendelse af restprodukterne fra affaldsforbrændingsanlæg, samt at genanvendelsen af jord sker under hensyn til grundvandsressourcerne.

1.10 Støj og vibrationer

Påvirkninger fra støj og vibrationer kan opstå i forbindelse med opførelse og nedrivning. Bidragene herfra er dog små i forhold til påvirkningen fra driften i øvrigt. Lokalt kan der dog være væsentlige miljøpåvirkninger i en kortere periode for medarbejdere og beboere. Sundhedseffekterne af støj og vibrationer kan generelt være hovedsmerter, stress og høreskader.

Opførelses- og nedrivningsmetoder har betydning for frembringelse af støj og vibrationer.

På grund af støj er det nødvendigt med særlige foranstaltninger for at minimere støjpåvirkningen inde i bygningerne. Valg af materialer til byggeri har betydning for muligheden for at minimere støj- og vibrationsforhold.

1.11 Indeklima

Ved indeklima anses specielt materialernes afgang samt ventilationsforhold og dermed luftkvaliteten for at give anledning til væsentlige påvirkninger. Væsentlige sundhedseffekter heraf kan være slimhindeirritation, hudpåvirkning, hovedpine, træthed og svimmelhed.

Desuden har forhold som lys og temperatur betydning.

Regeringens indsats mod sygdomme og alvorlige gener på grund af dårligt indeklima er bl.a. rettet mod kontor og administration (Arbejdsministeriet, 1996).

Ofte er det ikke en enkelt påvirkning, der giver problemer, men en samtidig påvirkning af flere faktorer på et lavt niveau. Dårligt indeklima kan skyldes bygnings- eller vedligeholdelsesmæssige mangler samt uhensigtsmæssig anvendelse af lokaler.

1.12 Arbejdsmiljø

De væsentligste påvirkninger stammer fra udførelse og nedrivning/bortskaffelse. For bygge- og anlægsprojekter er væsentlige påvirkninger knyttet til kemiske forhold, støj, vibrationer, ergonomi og ulykker. Disse påvirkninger kan forårsage sundhedseffekter, f.eks. hjerneskade, hørenedsættelse, hvide fingre, tab af førlighed og død.

Statistisk ligger bygge- og anlægsbranchen på en 4. plads med 7% af det totale antal anmeldte arbejdsulykker i Danmark (1993-97). Branchens andel af arbejdsbetingede lidelser ligger på 12% af det totale antal anmeldte arbejdsbetingede lidelser i samme periode.

Regeringens visioner om et rent arbejdsmiljø år 2005 påpeger en række særlige indsatsområder relateret til bygge- anlægsbranchen. Der er bl.a. fokuseret på dødsulykker, kræftfremkaldende stoffer, tunge løft og høreskader.

Valg af materialer og konstruktionsformer har betydning for arbejdsmiljøet i udførelsesfasen samt ved nedrivnings- og bortskaffelse.

1	MILJØEFFEKTER	2
	<i>1.1.1 Ressourceeffekter</i>	<i>2</i>
	<i>1.1.2 Ydre miljøeffekter</i>	<i>2</i>
	<i>1.1.3 Sundhedseffekter</i>	<i>4</i>

1 Miljøeffekter

Miljøeffekterne for de i bilag A gennemgående miljøpåvirkninger er beskrevet herunder. Desuden gennemgås en række miljøeffekter, hvortil der ydes bidrag fra flere forskellige miljøpåvirkninger, som det derfor har forekommet rimeligt at beskrive nærmere.

1.1.1 Ressourceeffekter

Energiressourcer

Effekten af forbrug af energi er, at nogle energiressourcer bliver en mangelvare. På nuværende tidspunkt er olie og naturgas knappe ressourcer, idet verdens (kendte) reserver rækker til mindre end 100 års forbrug. Forsyningshorisonten (kendte globale reserver i forhold til nuværende forbrugstakst) er for olie og naturgas på henholdsvis 43 og 60 år.

Materialeressourcer

Ligesom for energiressourcer betyder forbruget af visse materialer, at der kan blive mangel på dem. Det gælder især for metaller, hvor forsyningshorisontene for flere ligger væsentligt under 100 år. F.eks. er forsyningshorisonten for zink og bly på 20 år og for tin og kobber på henholdsvis 27 og 36 år.

Vandressourcer

Der kan ikke laves beregninger for forsyningshorisonten for vand, idet der globalt altid vil være den samme rigelige mængde vand til rådighed. Et lokalt vandforbrug kan dog medføre midlertidig lokal vandmangel.

Problemet er, hvilken kvalitet vandet har. Der er som oftest ikke tale om mangel på vand, men mangel på rent vand. Adskillige drikkevandsboringer i Danmark er allerede lukkede på grund af forurening fra f.eks. bekæmpelsesmidler.

Byrum og landskab

Effekten på de fysiske omgivelser, f.eks. på grund af et bygge- og anlægsprojekt (herunder råstofindvinding, etablering af et afværganlæg, bortgravning og deponering af jord, bortskaffelse af affald, diffuse udledninger til jord, luft og vand m.m.) kan være mangeartede.

Naturgrundlaget ændres, hvilket kan give radikalt ændrede levevilkår for flora og fauna, hvilket igen medfører, at arter forsvinder, eller at der opstår ændrede konkurrenceforhold mellem arterne.

Ændringen af de fysiske omgivelser kan også betyde tab af rekreative områder og dyrkningsarealer.

1.1.2 Ydre miljøeffekter

Drivhuseffekt

Der er et naturligt indhold af drivhusgasser i troposfæren, som absorberer og reflekterer en del af den infrarøde stråling, som jorden udsender. Resultatet er

en balance mellem indstråling fra solen og udstråling fra jorden, der holder jordens temperatur på et nogenlunde konstant niveau.

Hvis koncentrationen af drivhusgasser i troposfæren øges, vil effekten heraf forstærkes med det resultat, at der bliver reflekteret en større del af jordens udstråling, hvorved jordens temperatur vil stige. De væsentligste naturlige drivhusgasser er vand (H_2O) og kuldioxid (CO_2).

De væsentligste menneskeskabte drivhusgasser er:

- Kuldioxid (CO_2), der udsendes ved alle former for forbrænding.
- Methan (CH_4), der især produceres ved fremstilling af fødevarer (nedbrydning af organisk materiale samt i drøvtyggers tarme).
- CFC-gasser, der stammer fra udslip af kølemidler, opløsningsmidler og produkter, der har været anvendt til opblæsning af skumplast.

Forsuring

Forsuring skyldes udsendelse af svovl- og kvælstofforbindelser samt chlorbrinte. Forbindelserne reagerer med vand og vanddamp og danner syre, der udvaskes med nedbøren som syreregn. Syren sænker pH-værdien i søer og jord. De herved ændrede levevilkår for planter og dyr kan være fatale, som f.eks. skovdød.

De væsentligste bidrag til forsuring er:

- Svovldioxid (SO_2), der udsendes ved afbrænding af svovlholdige brændsler som kul og olie. Svovldioxid belastningen stammer hovedsageligt fra energiproduktionen på kraft- og fjernvarmeværker.
- Kvælstofoxider (NO_x), der udsendes ved alle former for forbrænding. Kvælstofoxid belastningen stammer hovedsageligt fra energiproduktionen på kraft- og fjernvarmeværker samt fra transportsektoren.
- Ammoniak (NH_3), der stammer fra landbrugets husdyrgødning.
- Chlorbrinte (HCl), der udsendes ved forbrænding af chlorholdige materialer. Chlorbrinte stammer hovedsageligt fra affaldsforbrænding.

Nedbrydning af stratosfærisk ozon

Stratosfæren, der er det yderste lag af atmosfæren (15-30 km), indeholder bl.a. ozon, som absorberer størstedelen af den (kræftfremkaldende) ultraviolette stråling fra solen. Ozonen nedbrydes af stabile chlorholdige gasser i en reaktion, der har chlor og ilt som slutprodukt. Chloratomet kan således gentage processen, og det formodes, at ét chloratom nedbryder ca. 1000 ozonatomer, inden det bindes i en anden forbindelse.

Når ozonen nedbrydes, opstår de såkaldte ozonhuller, hvor den ultraviolette stråling er kraftigere end normalt. Det betyder forøget sundhedsskader for mennesker og dyr, bl.a. øget kræftisiko (hudkræft), øget hyppighed af øjensygdomme og generel forringelse af immunforsvaret. Desuden vil øget ultraviolet stråling reducere havets produktion af planteplankton. Pga. planktonets evne til at opsuge store mængder CO_2 , hvilket igen betyder, at atmosfærens indhold af CO_2 øges, og drivhuseffekten forstærkes.

Det væsentligste bidrag til nedbrydning af ozonen er Chlorfluorcarbonater (CFC-gasser).

Fotokemisk ozondannelse

Flygtige kulbrinter og kvælstofoxider (NO_x) reagerer ved en fotokemisk reaktion, der forbruger sollys. Under reaktionen dannes ozon. Ozon er en giftig gas, der giver genetiske skader og påvirker plantevæksten, idet fotosyntesen svækkes. Desuden virker ozon slimhindeirriterende på mennesker. Den fotokemiske ozondannelse foregår ved jordoverfladen, til forskel fra ozonnedbrydningen, der foregår i 15-30 km højde.

De væsentligste bidrag til fotokemisk ozondannelse er:

- Kulbrinter (VOC'er), der udsendes ved fordampning af opløsningsmidler og ufuldstændig forbrænding i transportsektoren.
- Kvælstofoxider (NO_x), der udsendes ved alle former for forbrænding. Kvælstofoxid belastningen stammer hovedsageligt fra energiproduktionen på kraft- og fjernvarmeværker samt fra transportsektoren.

Eutrofiering (næringsaltbelastning)

Eutrofiering er en proces, hvorved økosystemet i en sø ændres til væsentlig større algebestand samt en forskydning i fiskebestandens sammensætning. Eutrofiering skyldes unaturlig stor tilførsel af næringsalte og organiske stoffer til vandmiljøet, hvor næringsaltene i kraft af deres funktion som næring for alger, bevirker at algevæksten øges. Døde alger samt tilført organisk stof nedbrydes under forbrug af ilt, hvorved der kan opstå iltsvind.

De væsentligste bidrag til eutrofiering er:

- Kvælstofforbindelser, der overvejende stammer fra landbrugets gødning og fra husholdningsspildevand.
- Phosphorforbindelser, der overvejende stammer fra industri- og bysamfund i form af f.eks. husholdningsspildevand.

Økotoksicitet

Økotoksicitet er giftvirkningen på vand- eller landmiljøet. Effekterne kan være akutte (dødelig effekt på levende organismer), kroniske (mutationer, nedsat reproduktion, eller der kan udvikles resistens) eller forbigående. Effekten vil typisk stamme fra miljøskadelige stoffer, men støj eller lugt kan også medføre, at dyr fortrækker eller mistrives.

Persistent toksicitet

Persistent toksicitet opstår på grund af svært nedbrydelige stoffer, der opnår koncentrationer, der forårsager giftvirkning på såvel mennesker og økosystem. Persistent stoffer er stoffer, der er svært nedbrydelige i miljøet, således at de vil være til stede længe efter, at de er udledt. Nogle stoffer har også tendens til at akkumuleres i levende organismer. Der vil typisk være tale om, f.eks. tungmetaller, pesticider, blødgøringsmidler og hormonlignende stoffer.

Persistent toksicitet rammer både det ydre miljø, og optræder som sundhedseffekt overfor mennesker og dyr.

1.1.3 Sundhedseffekter

Sundhedseffekter består af giftvirkninger på mennesker, der medfører ændringer i menneskers helbredstilstand. Effekterne kan være akutte, kroniske eller forbigående (reversible). Effekten kan stamme fra påvirkninger fra

stoffer, støj, støv, lugt, vibrationer, lysforhold m.m., fra omgivelser, arbejdsmiljø eller indeklimaet. Normalt deles påvirkningerne op i kemiske, biologiske, fysiske og psykiske.

Effekterne kan være, f.eks. død på grund af udsættelse for giftstoffer, bevægeapparatsskader, betændelsestilstande, stress, genetiske skader, hovedpine, skader på hud, øjne og hørelse, organskader, kræft, psykiske skader, skader på nervesystemet, strålingssyge og vibrationsskader m.m.

1	MILJØKORTLÆGNING	2
1.1	ARBEJDSMETODIK VED MILJØKORTLÆGNING	2
1.1.1	<i>Ophugning af kortlægningskemaer</i>	2
1.1.2	<i>Tre fysiske hovedområder</i>	2
1.1.3	<i>Livscyklusfaser</i>	2
1.1.4	<i>Miljøpåvirkninger</i>	3
1.1.5	<i>Væsentlighed</i>	3
1.2	LOKALITET	5
1.3	FORM OG FUNKTION	7
1.4	TEKNIK OG MATERIALER	15

1 Miljøkortlægning

1.1 Arbejdsmetodik ved miljøkortlægning

Formålet med miljøkortlægningen er at identificere og beskrive de miljøpåvirkninger, som medfører væsentlige effekter i en eller flere af projektets livscyklusfaser.

1.1.1 Opbygning af kortlægningseskemaer

Kortlægningen inden for hvert hovedområde er beskrevet i skemaer. Kortlægningen følger fremgangsmåden i "Håndbog i miljørigtig projektering" (BPS-centret, 1998).

Skemaerne er opbygget, så den samme struktur følges for hver af de fysiske hovedområder "Lokalitet", "Form og funktion" og "Teknik og materialer". Alle skemaer er opbygget således, at søjlerne fra venstre beskriver følgende emner:

- Livscyklusfase
- Miljøpåvirkninger
- Væsentlighed.

1.1.2 Tre fysiske hovedområder

For at sikre, at alle projektets miljøforhold bliver gennemgået, er kortlægningen opdelt i følgende tre fysiske hovedområder:

- **Lokalitet**
Her forstås den betydning, som beliggenheden har for et bygge- eller anlægsprojekt, f.eks. flora og fauna, forsyningsstrukturer eller jordbundsforhold m.v.
- **Form og funktion**
Her forstås de miljømæssige konsekvenser, som bygge- eller anlægsprojektets form eller funktion kan have. F.eks. det arkitektoniske udtryk, herunder eksempelvis den betydning, bygningens overfladeareal har for energiforbruget. Et andet eksempel er, at et byggeris funktion, f.eks. brugstiden, har indflydelse på det løbende driftsforbrug af energi m.v.
- **Teknik og materialer**
Her forstås de miljømæssige konsekvenser, som valg af konstruktioner, bygningsdele og materialevalg giver anledning til. Eksempelvis kan valg af en tung konstruktion medføre et stort ressourceforbrug, og desuden er materialernes levetid af afgørende betydning for miljøpåvirkningerne, set i byggeriets livscyklus.

1.1.3 Livscyklusfaser

Miljøpåvirkningerne og -effekterne relateres til en eller flere af livscyklusfaserne:

1. **Fremstilling** dækker over såvel råstofudvinding og -forarbejdning af de materialer, der er indeholdt i byggevarer, eller som anvendes som hjælpestoffer under forarbejdningen samt den egentlige fremstilling af selve byggevarer.
2. **Udførelse** dækker den proces, der foregår under udførelsen af byggeprojektet.
3. **Drift** dækker selve driften af et byggeri eller et anlæg, herunder den nødvendige vedligeholdelse, og hvad der i øvrigt kan være en konsekvens af brugen.
4. **Bortskaffelse** dækker såvel nedrivning af byggeriet som bortskaffelse af det materiale, der opstår som følge heraf.

1.1.4 Miljøpåvirkninger

Kortlægningen er foretaget indenfor følgende typer miljøpåvirkninger:

1. Helheder
2. Byrum og landskab
3. Energiforbrug
4. Materialeforbrug
5. Vandforbrug
6. Emissioner til luft
7. Emissioner til jord
8. Emissioner til vand
9. Affald
10. Støj og vibrationer
11. Indeklima
12. Arbejdsmiljø.

Under samtlige miljøpåvirkninger skal muligheden/risikoen for påvirkninger med miljø- og sundhedsskadelige stoffer endvidere vurderes. Dette er specielt relevant under emissioner til luft, vand og jord samt affald, arbejdsmiljø og indeklima.

En nærmere gennemgang af miljøpåvirkningerne er givet i bilag A.

1.1.5 Væsentlighed

Til hver miljøpåvirkning relateres mulige miljøeffekters alvorlighed.

Miljøeffekter omfatter ressourceeffekter, ydre miljøeffekter og sundhedseffekter.

Miljøpåvirkningernes væsentlighed vurderes således:

- ++ Miljøpåvirkning giver en alvorlig effekt
- + Miljøpåvirkning giver nogen effekt
- 0 Miljøpåvirkningens effekt er skønnet ubetydelig.

Den miljømæssige betydning af den pågældende miljøpåvirkning bygger på viden om, hvilke effekter påvirkningen bidrager til, og hvilke effekter, som i dag anses for at være af væsentlig betydning for flora, fauna og menneskers levevilkår.

Miljøpåvirkningernes væsentlighed er vurderet ud fra alvorligheden af effekten. I vurderingen heraf indgår bl.a.:

- Effektens spredning - rammer den globalt (ozonnedbrydning) eller lokalt (arbejdsmiljøeffekter).
- Effektens omfang - et enkeltstående tilfælde, eller vedvarende.
- Effektens reversibilitet - går det over, eller vil økosystemer eller personen efter et stykke tid være uden gener/påvirkninger.

Desuden vil mængden af påvirkninger have (stor eller lille emission/forbrug af ressource) betydning for effektens alvorlighed.

Endelig vil sandsynligheden for, at påvirkningerne giver gener, være afhængig af eksponeringen – er der ingen, eller er der mange, der bliver generet?

Når miljøpåvirkninger tillægges en væsentlighed (0, + eller ++), er det ud fra en samlet vurdering af de ovenfor nævnte parametre.

Under beskrivelsen af et konkret emne i skemaet anføres hvilke livscyklusfaser og miljøpåvirkninger, der er tale om, samt en skønsæssig vurdering af den miljømæssige væsentlighed.

Forbedringer eller forringelser af "bløde" parametre, som f.eks. forskønnelse, grønne arealer, socialt miljø, forbedret livskvalitet, tryghed osv., er ikke generelt indeholdt i kortlægningen, bl.a. fordi en vurdering i langt større grad end for andre parametre er subjektiv.

1.2 Lokalitet

LOKALITET			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
3	2	+	<i>Topografi</i> Ændringer i de fysiske omgivelser i området forventes at have en lille miljøpåvirkning på flora og fauna, idet det er et krav i projektet, at landskabet berøres mindst muligt, og der i stor udstrækning tages hensyn til den eksisterende topografi i planlægningen.
-	-	0	Byzone
2,3	10	+	<i>Omkringliggende beboelse, institutioner og virksomheder</i> Der er boligområder og skole i umiddelbar nærhed af byggeriet, som især vil blive generet af eventuel støj, m.m. fra byggeri og drift.
3	10	+	De miljømæssige konsekvenser for bygværket fra den omkringliggende beboelse, industri m.v. er ubetydelig, idet der i forvejen er et skolebyggeri og en del af aktiviteterne fra dette overflyttes.
2	10	+	<i>Nabogener</i> Støj og vibrationer under byggearbejdet kan lokalt give gener for nabobebyggelser. Her vil det mest berøre Ulshøjskolen, der ligger tættest. Byggeriet vil dog for en dels vedkommende foregå i ferieperioden, så påvirkningen vurderes at være begrænset.
3	10	+	<i>Trafik</i> Støj fra trafik kan være generende for de nærliggende boliger. Skoler og institutioner vil være følsomme for meget trafikstøj.
2	6,10	+	Trafikken i forbindelse med byggeriet bidrager med vibrationer og luftemissioner (CO, CO ₂ , SO _x , NO _x , HC samt partikler). På virkningerne herfra regnes små i forhold til den øvrige vejtrafik, set i skolens livscyklus.
3	10	+	Der kører lidt tung trafik – f.eks. varer indlevering. Dette vurderes ikke at give anledning til væsentlige støjgener.
3	6,10	+	Trafikken bidrager med påvirkninger i form af støj, vibrationer og luftemissioner. Når skolen er taget i brug, vil personbiltrafikken og formodentligt den offentlige transport udbygges en smule jf. det større elevantal i forhold til Ulshøjskolen. Dette betyder, at støj og luftemissioner øges. Påvirkningen vil være størst om morgenen, når elever og lærerne møder.
3	1	++	Små børn er rutinerede trafikanter. Omkring skoler kan der være øget risiko for ulykker, idet der omkring mødetider er en øget biltrafik og samtidigt mange bløde trafikanter. Planlægning af veje, stier, parkering samt muligheder for af- og påsætning af passagerer kan i større eller mindre grad tage højde for denne risiko.
3	1	+	<i>Transport</i> Placering af bygge- og anlægsprojektet i området giver anledning til påvirkning af områdets transportforhold. Når skolen er taget i brug, vil personbiltrafikken og formodentligt den offentlige transport udbygges en smule jf. det større elevantal i forhold til Ulshøjskolen.

LOKALITET			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
3	1	++	Den nye placering af skolen kan betyde ændrede forhold med hensyn til sikkerhed på skolevejen.
2	6	0	Emissioner fra transporten af byggevarer (VOC, NO _x , CO, partikler) skønnes at spille en ubetydelig rolle set i skolens livscyklus.
2	6,10	+	I forbindelse med byggeriet vil der kunne opstå gener (støj og vibrationer) på grund af lastbiltransport af tunge materialer. Jordarbejder vil også give gener som støv, støj og vibrationer. Byggeriet vil være forholdsvist kortvarigt og for en stor del foregå i den nærliggende skoles ferieperiode.

1.3 Form og funktion

FORM OG FUNKTION			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
3	2	++	<i>Arkitektonisk idé</i> En overordnet form, der er tilpasset terrænet giver en mindre påvirkning af landskabsudtrykket.
3	3	+	En jævn overflade giver mindre varmetab end en ru, riflet overflade, f.eks. med karnapper m.v. Overfladen kan derfor have betydning for energiforbruget.
3 2	3 4	++ +	Sammenbygning kan give helhed og sammenhæng i den interne logistik og betyde mindre materiale- og energiforbrug end enkeltstående bygninger.
2	4	+	<i>Udformning, design og rum</i> Et kompakt byggeri har mindre materialeforbrug end et mere spredt byggeri.
3	3	++	Kompakt byggeri betyder en forholdsvis lille overflade i forhold til det indvendige rumfang, hvilket betyder et lavt varmetab.
3	3,11	++	Bygningens orientering i forhold til sol og vindretning har betydning for opvarmningsbehovet og for dagslysindfald.
3	3	++	Tag, ydervægge, men specielt glaspartier bevirker et stort varmetab. Der er dog mulighed for at anvende energiglas, hvorved varmetabet kan begrænses væsentligt.
3	3,11	++	Højloftede rum har større varmebehov, men mindre ventileringsbehov. Højloftede rum giver er dog ofte en fordel for indeklimaet. Det øgede varmebehov kan have betydelig miljømæssig betydning.
2	4,9	+	Bygningens udformning har betydning for omfanget af tilpasning af bygningsdele på byggepladsen, som medfører et spild f.eks. tilpasning af gipsplader eller -vægge. I udførelses- og ændringsfasen vurderes der, at der kan være tale om en betydelig miljøpåvirkning.
3	10	++	Bygningens form, indretning og materialevalg har betydning for resonans, vibrationer og støjpåvirkningerne fra driften samt for aktiviteterne i bygningen. Specielt støjpåvirkningen er stor og minimering heraf vurderes at være afgørende for anvendelsen af byggeriet.
3	3,11	++	Vinduernes placering og størrelse - samt rumformen har betydning for udnyttelsen af lysindfald og passiv solvarme. Ved hensigtsmæssig placering og orientering af glaspartier er det muligt at udnytte passiv solvarme.
3	3,4	+	Store gang- og trappearealer er dårlig udnyttelse af pladsen. Udnyttelse af nødvendige gangrum til opholdsnicher, sofabluffer m.m. kan mildne dette.

FORM OG FUNKTION			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
2	3,4	+	Optimering af et vejanlægs form kan minimere materiale- og energiforbrug.
3	5,8	+	<i>Mål</i> Veje og fliser/belægning kan medføre ændrede muligheder for nedsivning af regnvand.
3	5,8	+	Ejendommens grundmål har betydning for nedsivning af regnvand pga. befæstelsesgraden.
-	-	0	<i>Udtryk og stilretning</i> Enhver vurdering af udtryk vil være subjektiv. Der er desuden ikke en direkte sammenhæng mellem udtryk/stilretning og miljøpåvirkningerne.
3	11	++	<i>Arbejdsprocesser</i> Indretningen og rummenes funktion har betydning for arbejdsmiljøet og indeklimaet. Især edb-udstyr, printere og kopimaskiner er belastende ved afgivelse af især varme, ozon og diverse VOC'er (Volatile Organic Compounds).
3	12	+	
3	11	+	Køkkenaktiviteter bidrager med lugt, fugt og varme.
3	3	+	Indretningen har betydning for energiforbruget.
3	4	+	Indretningen har betydning for materialeforbruget.
3	3	++	Bygningens funktion har betydning for energiforbruget til opvarmning og belysning. F.eks. vil opvarmningsbehovet normalt være større i områder med stillesiddende arbejde end i områder med større fysisk aktivitet. Der kræves normalt en rumtemperatur på 21°C i beboelse eller ved stillesiddende arbejde.
3	1,2	+	<i>Udenomsarealer</i> Grønne arealer, gårdanlæg, opholds- og legeplads opleves positivt af brugere.
3	1	+	Friarealernes kvalitet har stor indflydelse på trivslen.
3	11	++	<i>Rumstørrelser</i> Rumformer og -størrelser samt rumfordelingen har betydning for behovet for ventilation og lys. Små rum giver større ventilationsbehov.
3	11	+	Personer bidrager især med CO ₂ , fugt, varme og VOC'er fra bl.a. kropssekreter og rygning, hvilket belaster indeklimaet. Mange personer i små rum kan betyde et dårligt indeklima.
3	3	++	Ønsker om store luftskifter kan evt. medføre et stort energiforbrug til mekanisk ventilation.
3	11	++	Kræves et godt rumlys, bør placeringen være med god mulighed for dagslysfald.

FORM OG FUNKTION			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
3	10	++	Bygningens indretning har betydning for støjforholdene inde i bygningen samt for omgivelserne (resonans, vibrationer, dæmpning af støjniveauet). Det drejer sig om, hvor lyd der er, og f.eks. hvor meget trafikstøj, det trænger ind. Facader og især vinduerne har betydning for støjpåvirkningen udefra.
3	3,4	+	Hvis de samme aktiviteter kan udføres på mindre plads (i mindre rum), vil det alt andet lige betyde mindre materiale- og energiforbrug.
3	3,6	++	<i>Varmeforsyning</i> For et lavenergi-byggeri med en levetid på 50 år udgør anlægsfasen i størrelsesordenen 13% af energiforbruget (el og varme), driften 84% og nedrivning m.v. 3% af energiforbruget (Miljøprojekt 221,1993). For et traditionelt byggeri vil energiforbruget under drift således udgøre en større procentdel af det samlede energiforbrug. Det er dog stor forskel på energiforbruget pr. m ² i forskellige bygningskategorier, ligesom der er en betydelig spredning på forbruget fra de mindst til mest varmemeforbrugende.
3	3,6	++	Skolen forsynes med fjernvarme fra Asnæsværket. Energien produceres primært fra orimulsion (63,5%), mens 43,6 % af energien stammer fra kul. Resten (1,9%) stammer fra fuelolie (1998). Asnæsværket er elproducerende, og varmen er et biprodukt fra produktionen. Der er overskud af varme.
3	3,6	+	Påvirkningerne til luften afhænger af, hvordan man anskuer varmetilblivelsen. Da Asnæsværket primært er elproducerende kan varmen opfattes som et affaldsprodukt fra elproduktionen, og alle emissioner kan tillægges el. En anden måde er at fordele emissionerne relativt ved at lade dem følge energien - det vil sige, lade påvirkningerne fra emissionerne følge kilowatt-timerne. Ved denne metode vil emissionen blive følgende: <ul style="list-style-type: none"> • CO₂ 309 g/kWt • SO₂ 0,838 g/kWt • NO_x 0,677 g/kWt
3	9	+	Affaldsprodukterne fra energifremstillingen er bl.a. kulaske, flyveaske og slagge fra kul og aske indeholdende bl.a. nikkell og vanadium fra orimulsion samt gips. Produkterne fra produktion fra kul er "afsat til nyttiggørelse". Aske fra produktion fra orimulsion er afsat til indvinding af metaller og gipsen er gået til produktion af gipsplader.
3	3,6	++	De væsentligste effekter ved disse miljøpåvirkninger er forskydning af drivhuseffekten, forsurening, fotokemisk ozondannelse, nærings saltbelastninger og toksicitet for mennesker, fra bl.a. slagge og restprodukter fra røggasrensning.
3	3	+	Energiledelsesordningen (ELO) har opgjort de gennemsnitlige varmemeforbrug i kWh pr. m ² (fjernvarme incl. varmt vand og eventuelt uopvarmede arealer) for skoler på baggrund af registeret forbrug (jan. 97 til maj 99). Medianen for de registrerede skoler (420 stk. – primært fra 1970'erne) ligger på 113 kWh/m ² . 25%-fraktilen er opgjort til 94 kWh/m ² . Denne forventes umiddelbart at kunne overholdes ved nybyggeri.

FORM OG FUNKTION			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
3	3	+	Det forventede gennemsnitlige varmekonsum er beregnet til 63 kWh/m ² .
3	3	++	For bygningerne er det drifts- og vedligeholdelsesfasen, der gennem hele levetiden bidrager med det største energikonsum (opvarmning). 20% af Danmarks totale energikonsum anvendes til boligopvarmning (BPS, 121, 1998).
3	6	++	Der vil forekomme emissioner til luft som følge af varmekonsumet.
3	3	++	<i>Elforbrug</i> Elforbruget i drift udgør en væsentlig miljøpåvirkning. For byggerier er det som oftest det løbende elforbrug, som gennem livscyklus anses for at give anledning til det væsentligste forbrug – og dermed den væsentligste påvirkning.
3	6	++	Forbrænding af fossile brændsler medfører emission af bl.a. CO ₂ , som giver det største bidrag til drivhuseffekten.
3	3,6	+	Elforsyningen leveres af NVE, Nordvestsjælland Energiforsyning. Den el der leveres, stammer fra et samarbejde i det samlede el- og kraftvarmesystem øst for Storebælt incl. Bornholm. El produceres primært fra centrale anlæg (78,3%), mens 17,2 % af energien stammer fra decentrale kraftvarmeværker. Resten (4,59%) stammer fra vindmøller (1999).
3	3,6	++	Emissionen af CO ₂ , SO ₂ og NO _x fra det samlede el- og kraftvarmesystem på Asnæsværket er : CO ₂ 410 g/kWh SO ₂ 0,90 g/kWh NO _x 0,82 g/kWh.
3	3	+	Energiledelsesordningen (ELO) har opgjort de gennemsnitlige elforbrug i kWh pr. m ² for skoler på baggrund af registeret forbrug (jan. 97 til maj 99). Medianen for de registrerede skoler (420 stk. – primært fra 1970'erne) ligger på 22,3 kWh/m ² . 25%-fraktilen er opgjort til 16,1 kWh/m ² . Denne forventes umiddelbart at kunne overholdes ved nybyggeri.
3	3	++	Det forventede gennemsnitlige elforbrug er beregnet til 17 kWh/m ² .
3	3,6	++	De væsentligste effekter ved disse miljøpåvirkninger er forskydning af drivhuseffekten, forurening, fotokemisk ozondannelse, næringsstoffbelastninger og toksicitet for mennesker, fra bl.a. slagge og restprodukter fra røggasrensning.
3	5	++	<i>Vandforbrug</i> Det største vandforbrug stammer generelt fra driften.
3	5	+	Energiledelsesordningen (ELO) har opgjort de gennemsnitlige vandforbrug i kWh pr. m ² for skoler på baggrund af registeret forbrug (jan. 97 til maj 99). Medianen for de registrerede skoler (420 stk.) ligger på 0,26 kWh/m ² . 25%-fraktilen er opgjort til 0,2 kWh/m ² . Denne forventes umiddelbart at kunne overholdes ved nybyggeri.

FORM OG FUNKTION			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
3	5	++	I en kilde (Energistyringshåndbogen, 1990) er opdelingen foretaget anderledes for bygningskategorier end ELO. For administrationsbyggerier ligger det registrerede årlige vandforbrug i drift gennemsnitlig på 0,75 m ³ pr. m ² (registreret forbrug baseret på 98 offentlige ejendomme). I den forbindelse er det opgjort, at gennemsnittet for de 25% mindst forbrugende administrationsbyggerier ligger på 0,06 m ³ pr. m ² . Gennemsnittet for de 25% mest forbrugende administrationsbyggerier ligger på 0,9 m ³ / m ² . Der er således en betydelig spredning i forbruget afhængig af installationer m.v., vaner og bygningsindretningen generelt.
3	5	++	Det forventede gennemsnitlige vandforbrug er beregnet til 0,275m ³ /m ² .
3	3	0	Energiforbrug og andre miljøpåvirkninger knyttet til vandforsyningen skønnes at være af mindre betydning.
3	5	+	Det største vandforbrug i et byggeris livscyklus ligger i driften. Vandbesparende installationer, anvendelse af sekundavand m.m. kan nedsætte vandforbruget.
3	5	+	Nye bebyggelser/anlæg på hidtil ubefæstede arealer kan betyde forringet nedsivning af regnvand.
2	6,10	+	<i>Intern og ekstern transport</i> Trafikken i forbindelse med bygge- og anlægsarbejder vurderes samlet til være ubetydelig. Lokalt kan der forekomme gener, især ved transport af meget store mængder materialer.
2	4	+	<i>Installationer</i> Byggeriets rum- og arealdisponering samt placering af installationer har betydning for materialeforbruget. F.eks. vil placering af toilet/køkken på 1. sal medføre større installationslængder end placering i stueetage.
2	4	+	Placering af føringsveje har betydning for materialeforbruget.
2	3	+	Placering af føringsveje har betydning for energiforbruget.
3	3,4,5	+	Fællesinstallationer, f.eks. toiletter, køkken, bad og vask, er ressourcebesparende.
3	9	+	<i>Affaldshåndtering</i> Bygningens funktion har betydning for typen af affald, idet der f.eks. fra køkkenaktiviteter fortrinsvis vil være madaffald samt emballage, mens affaldet fra værksteder fortrinsvis vil være kemikalie- og papiraffald.
3	9	+	Affaldshåndtering indrettes med henblik på sortering af affaldsfraktionerne. Se under afsnittet med renovationsforhold (lokalitet).

FORM OG FUNKTION			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
3	9	++	Det er andelen af farligt affald, der udgør en væsentlig påvirkning. Der kan i driften være tale om – f.eks. lime, maling, kemikalier fra fagundervisningen.
3	3	++	<i>Ventilationsafkast</i> Varm luft indeholder energi, der tabes til omgivelserne, hvis det ledes direkte ud. Varmegenvinding begrænser energitabet.
3	3	++	Mekanisk udsugning kræver energi.
3	11	++	<i>Rengøring</i> Rengøringsvenlighed og –metoder har betydning for anvendelsen af miljø- og sundhedsfarlige stoffer og dermed for indeklimaet. F.eks. er tæppebelægninger og ru overflader vanskelige at rengøre.
3	4,9	+	<i>Drift og vedligeholdelse</i> Indbygget fleksibilitet medfører muligheder for at ombygge med mindre ressourceforbrug og affaldsmængder, hvilket er relevant hvor der ofte ombygges/ændres.
3	6,7, 8	+	<i>Ejendommens funktion</i> Ejendommens aktiviteter kan give direkte anledning til emissioner til luft (ventilationsafkast), til jord (glatførebekæmpelse, ukrudtsbekæmpelse), og til vand via spildevandet.
2	3	0	<i>Anstillingsplads og depot</i> En hensigtsmæssig placering vil minimere transporten og dermed energiforbruget. Indenfor et forholdsvist lille område, vil miljøgevinsten trods alt være af mindre betydning.
3	3,6	++	<i>Tag</i> Isolering har betydning for varmetabet fra bygningen.
3	3,6	+	Udformningen har betydning for varmetabet fra bygningen.
3	3,6	+	Der kan i taget indarbejdes løsninger med udnyttelse af solenergien.
3	3,11	+	Etablering af ovenlys betyder et øget dagslysindfald. Det kan dels betyde mindre energiforbrug til belysning, mere behagelig rumfornemmelse og mulighed for passiv solvarme. Samtidig kan varmetabet gennem et vindue være større end gennem et tag.
3	3	+	<i>Facader</i> Facadens udformning (ru/glat), har betydning for varmetabet.
3	3	++	<i>Vinduer</i> Anvendelse af energiruder kan betyde en begrænsning af varmetabet. Et større dagslysindfald (flere eller større vinduer) og vinduer mod solretningen (hvis muligt) betyder mindre behov for kunstigt lys og mulighed for passiv solvarme.
3	11	+	Der kan vælges vinduer, der er mere eller mindre støjisolerede.

FORM OG FUNKTION			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
3	3	+	Vinduesarealerne kan udvides, hvilket vil betyde bedre dagslysindfald, det kan også betyde større opvarmning med behov for ventilation til følge og evt. større varmetab.
3	5	++	<i>Badeværelser/WC</i> Vandforbrug er en miljøpåvirkning. Ved valg af vandbesparende installationer kan forbruget begrænses.
3	5	++	<i>Køkkener/kantiner</i> Vandforbrug er en miljøpåvirkning. Ved valg af vandbesparende installationer kan forbruget begrænses.
3	3	+	Energiforbrug er en miljøpåvirkning. Ved valg af energibesparende installationer kan forbruget begrænses.
3	11	+	I køkkener er der behov for godt arbejdslys. Gode lysforhold kan bl.a. skaffes ved rigeligt dagslysindfald.
3	3,6	++	<i>Varmeanlæg</i> Der er forskel på energiformernes "miljøvenlighed". Der er mange muligheder, f.eks.: passiv solvarme, solvarme, varmegenvinding, centralt gasfyr, fjernvarme - og kombinationer af disse.
1,2, 4	1	+	Der er desuden forskel på isoleringens "miljøvenlighed". Glasuld, papiruld, halm, hør m.m.
2	4	0	<i>Handicapvenlighed</i> Handicapvenlig udformning kan betyde, at døråbninger skal være bredere, og toiletrum skal være større og eventuelt anderledes indrettede. Desuden kan der være forhold som f.eks. dørtrin der skal rettes til. Desuden skal der etableres elevator. Materialeforbrug vurderes ikke væsentligt anderledes.
2	9	0	<i>Jordbalance og mængde af råjordarbejde/mængde og art af overskudsjord</i> Forurenede jord kræver særlig behandling/deponi. Der forventes ikke jordforurening på området.
2	3	+	Ved etablering af jord- og støjvolde, skal der flyttes en del jord.
2	1	0	Jordoverskud fra udgravning af kælder kan anvendes til etablering af volde eller modellering af landskab.
2,3	1	+	<i>Oplagring</i> Der benyttes miljø- og sundhedsfarlige stoffer under udførelse og drift.
2,3	6,7	+	Skærpede sikkerhedsforanstaltninger for oplagring og håndtering vil minimere risikoen for utilsigtet udslip.
2	3	+	<i>Grus- og stenmaterialer</i> Udlægning og komprimering medfører et energiforbrug og luftemissioner herfra.

FORM OG FUNKTION			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
2	3	+	Transport kan udgøre en væsentlig miljøpåvirkning. Omfanget afhænger af afstand og mængder. Bærelagstykkelsen afhænger desuden af belastning.
1,2	3,4, 69	+	<i>Belægningsmaterialer</i> Den miljømæssige væsentlighed af belægningen afhænger af materialevalg samt af eventuelle særlige hensyn til vejanlægget som asfaltkvalitet, bærelagstykkelsen, jævnhed m.v.
2	3	+	<i>Vejens opbygning</i> Opgravning og komprimering m.v. bidrager med et energiforbrug. For nogle projekter kan der være tale om et markant forbrug.

1.4 Teknik og materialer

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
2	3	+	<i>Bygningsbasis</i> Jo større forberedelse af grunden f.eks. nedrivning, oprensning og terrænregulering, jo større energiforbrug er der til materiel og kørsel. Energiforbruget vurderes som en påvirkning af nogen betydning idet bygningsbasis og de primære bygningsdele vægtmæssigt udgør den største mængde. Det er dog muligt at ændre en tung konstruktion ved at primære bygningsdele af beton ændres til klinkebeton f.eks. etageadskillelser og – bagvægge.
2	10	+	Ved forberedelse af grunden kan støj og vibrationer eksempelvis fra pilotering lokalt være en væsentlig påvirkning.
1	3	+	I tilknytning til anvendelsen af beton anvendes armeringsstål. Det vurderes at være i størrelsesordenen 2-10%. Dette anvendes især til søjler/pæle og selvbærende dæk.
1	3	+	<i>Primære bygningsdele</i> Ofte udføres en betydelig del af ydervægge, indervægge og dæk i beton med stålarmning i de bærende konstruktionsdele eller i form af stålsøjler og stålbjælker. Dette betyder en tung konstruktion. Anvendelse af stål er energikrævende i fremstilling.
3	3	+	En tung konstruktion virker varmeakkumulerende.
2	4	+	En tung konstruktion medfører et større materialeforbrug end en let konstruktion.
2	3	+	En tung konstruktion forbruger mere energi til transport til byggepladsen.
3	3	++	<i>Kompletterende bygningsdele</i> Valg af vinduesstørrelser og vinduernes isoleringsgrad er af betydning for bygningens varmetab.
3	1,3	+	Vurderingen af levetid for f.eks. vinduer bør tage hensyn til en eventuel tidligere udskiftning end planlagt med nye højisolerede typer.
			<i>Byggematerialer</i>
1	4	+	<i>Tegl</i> Bestanddele i tegl er ler og sand. Tegl fremstilles næsten udelukkende af naturligt forekommende danske råmaterialer. Leret regnes som tilnærmelsesvis ubegrænset ressource.
1	3,6	++	De væsentligste miljøpåvirkninger er energiforbruget til råstofudvinding og brænding i fremstillingsfasen og de relaterede emissioner til luft. Den væsentligste emission til luft er CO ₂ , der bidrager til forskydning af drivhuseffekten.

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
1	6,8	+	Selve produktionen kan desuden give forureninger med fluor- og svovlforbindelser, der dog normalt fældes med kalk i lermassen.
2	3,6	+	Desuden anvendes energi til transport af de tunge færdige materialer.
1	2	+	Når leret indvindes, vil det betyde ændringer i de fysiske omgivelser. Det kan desuden lokalt føre til ændrede grundvandsforhold og skader på biotoper.
4	9	+	Tegl vil efter endt brug typisk blive nedknust og genanvendt i stedet for sand i nye teglsten (chamotte) eller til f.eks. tennisgrus.
1	4	+	<i>Beton</i> Der er flere forskellige måder, beton kan indgå i et byggeri. Beton består af varierende mængder af cement, vand og tilslag. Derudover små mængder mikrosilika, flyveaske og kemiske tilsætningsstoffer (bl.a. aluminium ca. 0,1%).
1	4	+	Råmaterialerne er generelt rige ressourcer. Der kan dog være lokale mangler.
1	3	++	Cementproduktionen er den proces, der bidrager mest til betonproduktets miljøpåvirkning på grund af energiforbruget.
1	9	+	Flyveaske og mikrosilika er affaldsprodukter fra andre produktioner.
1	3	++	Der er et betydeligt energiforbrug i fremstillingsfasen. Alt efter forædlingen af beton, vil fremstillingsfasen også have et væsentligt energiforbrug. Betonelementer har et mindre energiforbrug i fremstillingsfasen, i forhold til in-situ støbt beton.
2	3	+	Der er desuden et energiforbrug til transport af de færdige produkter.
1	3	++	Beton opdeles i passiv, moderat og aggressiv miljøklasse, hvor sammensætningen og energiforbruget varierer. Energiforbruget er størst for beton af aggressiv miljøklasse.
1	6	+	Emissionerne til luft er CO ₂ , NO _x og SO ₂ , hvor CO ₂ -påvirkningen er væsentligst. CO ₂ -emissionen forøger drivhuseffekten, mens de øvrige emissioner bidrager til forurening og fotokemisk ozondannelse.
1	2	+	Indvinding af cementråvarer og tilslagsråvarer, vil desuden betyde ændringer i de fysiske omgivelser. Det kan desuden lokalt føre til ændrede grundvandsforhold og skader på biotoper.
1	1,12	+	Der vil være støvudvikling med bl.a. krom og thallium fra cementproduktionen.
4	9	+	Beton kan nedknust genanvendes som f.eks. bundsikringsgrus eller som tilslag i ikkebærende betonkonstruktioner.

TEKNIK OG MATERIALER			
Levscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
1	3,6	+	<i>Træ</i> Træ er en fornybar ressource. Ved opskæring og tørring af træ medgår et energiforbrug, der for en stor del stammer fra fossile energikilder (40% af energiforbruget går til tørring).
4	9	+	<i>Opskåret træ</i> Brændværdien i træet kan genvindes ved forbrænding.
4	9	0	Ubehandlet træ kan også komposteres.
1	12	+	Sundhedseffekter i forbindelse med rent træ og effekterne fra produktionen er små.
1	12	+	<i>Imprægneret træ</i> Træet imprægneres med metalsalte eller organiske forbindelser. Imprægneringsmidlerne er alle faremærket i forskellige klasser.
1	12	+	Der er arbejdsmiljøpåvirkninger ved fremstilling af imprægneret træ.
3,4	7	+	Der kan udvaskes små mængder i forbindelse med især sur nedbør..
1	6,7,8	+	Imprægneringsindustrien har generelt været en betydelig miljøforurener på grund af anvendelse af miljø- og sundhedsfarlige stoffer. F.eks. bier og køer kan få skadelige doser i kontakt med ældre imprægneret materiale (økotoksicitet). Nye imprægneringsmetoder er væsentligt mindre skadelige.
4	7,8,9	+	Imprægneret træ må ikke forbrændes, og kan ikke komposteres for de fleste typeres vedkommende. Det betyder, at brændværdien i træet ikke genvindes. Deponering af træet skal desuden foregå i specialdeponi, da det er risiko for udvaskning af miljøfarlige stoffer (sundhedseffekter og økotoksicitet). Det er i dag med nye imprægneringsmetoder teknisk muligt at forbrænde træet efter endt brug (men ikke lovligt).
1	4	+	<i>Puds/mørtel</i> Mørtel/puds består af sand (ca. 90 %), bindemiddel (kalk og/eller cement). Råmaterialerne er næsten udelukkende naturligt forekommende og danske.
1	2	+	Indvinding af råvarer, vil betyde ændringer i de fysiske omgivelser. Det kan desuden lokalt føre til ændrede grundvandsforhold og skader på biotoper.
1	3	+	En væsentlig miljøpåvirkninger ved puds/mørtel er energiforbrug til fremstilling. De væsentligste effekter er afledt af energiforbruget – primært forskydning af drivhuseffekten og sundhedseffekter.
4	9	+	Ved nedrivning vil puds/mørtel optræde som volumenaffald – sjældent til genanvendelse.

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
-	-		<i>Mineraluld</i> Mineraluld (glasuld og stenuld) består af syntetiske, uorganiske fibre bundet sammen af et organisk bindemiddel. Smeltet glas (glasuld) eller vulkanske stenarter (stenuld) trækkes i tynde tråde, der tilsættes bindemiddel og støvdæmpningsmiddel.
1	4	+	<i>Glasuld</i> Råmaterialerne til glas er rigelige ressourcer. Der benyttes op til 30% glasaffald. Råmaterialet til bindemidlet (phenolformaldehyd-harpiks) er stenkulstjære, der er en knap ressource. Der anvendes silikone og olie.
1	3,6	+	Der anvendes overvejende energi fra fossile brændsler til udvinding og fremstilling.
1	2	+	Når det mineralske materiale indvindes, vil det betyde ændringer i de fysiske omgivelser. Det kan desuden lokalt føre til ændrede grundvandsforhold og skader på biotoper.
1	6	++	Ved produktionen anvendes en række problematiske stoffer, og der kan være risiko for udslip primært formaldehyd og støv.
1	12	+	
3	6,11	+	Fugt og/eller varme kan medføre afgivelse af luftvejsirriterende stoffer (sundhedseffekter).
4	9	++	Glasuld bortskaffes efter endt brug som farligt affald.
1	4	+	<i>Stenuld</i> Selve det mineralske materiale er en rigelig ressource. Råmaterialet til bindemidlet er stenkulstjære, der er en knap ressource. Dertil anvendes en række problematiske stoffer i bindemiddelopløsninger. Der anvendes mineralolie til støvdæmpning.
1	3,6	+	Der anvendes næsten udelukkende energi fra fossile ressourcer til udvinding og fremstilling.
1	2	+	Når det mineralske materiale indvindes, vil det betyde ændringer i de fysiske omgivelser. Det kan desuden lokalt føre til ændrede grundvandsforhold og skader på biotoper.
1	6	++	Ved produktionen anvendes en række problematiske stoffer, og der kan være risiko for udslip af phenol, ammoniak, formaldehyd og støv.
1	12	+	
3	6,11	+	Fugt og/eller varme kan medføre afgivelse af luftvejsirriterende stoffer (sundhedseffekter).
4	7	+	Der er risiko for udvaskning af phenol, hvis stenuld ligger frit.
4	9	++	Stenuld bortskaffes efter endt brug som farligt affald.
1	4	+	<i>Aluminium</i> Aluminium til bygningsformål kan i dag produceres med gennemsnitligt 50% fra malm og 50% fra genanvendt materiale.

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
1	4	+	Råmaterialet er bauxit, der er en ikke ubegrænset ressource.
1	12	+	I forbindelse med produktion er der arbejdsmiljøpåvirkninger med PAH og støv.
1	6,8	++	Produktionen forurener med betydelige mængder fluorid, PAH og støv til luft og vand.
1	2	+	Indvinding af bauxit involverer store arealer og betyder ændringer i de fysiske omgivelser. Det kan desuden lokalt føre til ændrede grundvandsforhold og skader på biotoper.
1	3	++	Indvinding og fremstilling af råmaterialer er meget energikrævende.
1	4	++	<i>Kobber</i> Kobber er en knap ressource, da forsyningshorisonten er opgjort til 36 år.
3	7,8	0	Der er risiko for udvaskning af tungmetaller fra taget i forbindelse med nedbør. De kemisk/toksiske skadevirkninger heraf vurderes at være ubetydelige.
3	4	0	Kobbertag forventes at have en lang levetid.
-	-	-	Kobber har gode korrosions- og ledningsegenskaber og anvendes derfor i en række byggevarer. Det samlede forbrug i Danmark er estimeret til 3.800-5.700 t pr. år. Heraf går ca. 500 t til tagdækning og indfatninger, 1.100 t til rør, 110 t til rørfittings. Desuden går en del til legeringer f.eks. messingplader/rør og rørfittings af legeringer. Til rør og plader anvendes primært raffineret kobber (99,9%), (Miljørigtig projektering). Kobber udvindes primært i Afrika (Congo, Zimbabwe og Sydafrika), Canada, USA og Sydamerika (Chile og Peru). (Miljørigtig Projektering) Der fremstilles også (mindre mængder) kobber i Sverige. (Naturvårdsverket, Metaller, Materialfløden i samhället).
1	3	++	Primærproduktion af kobber er energikrævende. Fremstilling ud fra skrot kræver kun 5% af den energi, der medgår til primærproduktionen (Naturvårdsverket, Metaller, Materialfløden i samhället).
1	9	+	Produktionen af kobber giver anledning til betydelige mængder affald (kobberholdigt malm). Dette anvendes til opfyld i minen. (Naturvårdsverket, Metaller, Materialfløden i samhället).
1	2	+	<i>Tørv</i> Afskæring af tørv kan give en kortvarig forandring på det område, hvor den er høstet.
2	3	+	Afhængig af afstanden til produktionsstedet er der energiforbrug til transport.
4	8	0	Tørv fremstilles ikke ud fra knappe ressourcer og der er ikke problemer med bortskaffelse af affaldet, som kan komposteres.

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
1	4	++	<i>Plast</i> Plast fremstilles ud fra råolie, der er en knap ressource.
4	4	+	Plast kan genanvendes, hvis der er indsamlingsordninger for produkterne.
2	4	+	De fleste plastprodukter til byggebranchen kan fremstilles ud fra genanvendt materiale.
2	6,7,8	+	I forbindelse med produktion af plastprodukter kan der være anvendelse af miljø- og sundhedsskadelige stoffer.
1	3,4	++	<i>Asfalt</i> Asfaltbelægning udgør samlet set den største miljøpåvirkninger sammenlignet med betonbelægning, idet der er et større energiforbrug til produktion, større ressourcetræk, større luftemissioner og medarbejderne eksponeres for sundhedsfarlige stoffer. Desuden er der en løbende reovering af slidlaget. Råolie er en knap ressource.
2	12	+	
1	4	++	<i>Galvaniseret stål</i> Galvaniseret stål fremstilles ud fra malm og får en behandling med aluminium/zink eller bliver varmforzinket for beskyttelse mod rust. Zink er en knap ressource.
1	3	++	Udvinding og fremstillingen er energikrævende.
1	6,7,8	+	I forbindelse med produktion af stål er der risiko for støvpåvirkning og udslip af cadmium og fluor. Ved skrotbaseret stålproduktion er disse forureninger reduceret. Til gengæld kan der være emission af arsen.
1	12	+	I forbindelse med efterbehandlingen er der væsentlig risiko for påvirkninger af miljø- og sundhedsskadelige stoffer i arbejdsmiljøet.
1	8	+	I forbindelse med efterbehandlingen er der væsentlig risiko for påvirkninger af miljø- og sundhedsskadelige stoffer ved udslip til vand.
1	9	++	Affald fra galvaniseringsindustrien skal til specialdeponi.
1	2	+	Indvinding af malm involverer store arealer og betyder ændringer i de fysiske omgivelser. Det kan desuden lokalt føre til ændrede grundvandsforhold og skader på biotoper.
1	4	+	<i>Zink</i> Zink anvendes til forzinkning, til støbte produkter og i visse malinger, samt til tag- og facadebeklædning.
1	3,6	++	Der er et stort energiforbrug til såvel brydning som fremstilling af zinkprodukter.

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
1	4	++	Zink er en knap ikke fornyelig ressource. Zink udvindes hovedsageligt i Canada, Mexico, Peru og Australien.
1	6	+	Ved produktionen og på grund af energiforbruget er der emissioner til luft af især zink og CO ₂ . Disse bidrager til effekter som toksicitet og forskydning af drivhuseffekten.
1	2	+	Indvinding af malm involverer store arealer og betyder ændringer i de fysiske omgivelser. Det kan desuden lokalt føre til ændrede grundvandsforhold og skader på biotoper.
4	9	0	Zinkaffald kan sendes til skrot, hvorfra det genanvendes.
1	4	+	<i>Gips</i> Gips er et affaldsprodukt fra kulkraftværker eller naturgips. Der anvendes en ringe mængde tilsætningsstoffer. Affaldsgips er mest anvendt.
1	4	+	Råvarerne til tilsætningsstofferne er dels fornybare dels fossile ressourcer.
1	3,6	+	Energien stammer hovedsageligt fra fossile energiråstoffer.
2	3	+	Der er desuden et forbrug af energi til transport, da produktionen er centraliseret.
1	12	+	Der kan være sundhedseffekter i form af støvpåvirkning i produktionen. Derudover kan der være påvirkninger fra tilsætningsstofferne – de mest belastende er diethyltriamin og methylchlorid.
1	2	+	Indvinding af naturgips involverer store arealer og betyder ændringer i de fysiske omgivelser. Det kan desuden lokalt føre til ændrede grundvandsforhold og skader på biotoper.
1	12	+	Under produktion af silikone, der anvendes som tilsætning til fugtbestandige produkter, frigøres chlorerede opløsningsmidler.
1	4	0	<i>Glas</i> Vinduesglas produceres ud fra forskellige sand og stenarter samt salte. Gammelt glas kan også genanvendes i produktionen af nyt glas eller glasuld. Råvarerne er rige ressourcer.
1	3,6	+	Der anvendes meget energi i produktionen. En meget stor del stammer fra fossile brændsler.
1	12	+	Der kan forekomme støvpåvirkning (kvartsstøv) i arbejdsmiljøet.
1	2	+	Indvinding af råmaterialer involverer store arealer og betyder ændringer i de fysiske omgivelser. Det kan desuden lokalt føre til ændrede grundvandsforhold og skader på biotoper.
1	4,9	+	Visse energiglas har belægninger af forskellige folier/coatninger. Coatninger er typisk af forskellige metalforbindelser.

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
3	3	++	Vinduerne har stor betydning for bygningens varmetab.
1	4	++	<i>Sten og grus</i> Der anvendes store mængder uforarbejdede råstoffer til opbygningen. Visse kvalitetsprodukter kan være en lokal mangelvare.
1	4	+	Forsyningshorisonten skønnes til 1000 år (MUP, 1994). Generelt findes der rigelige mængder i Danmark. Lokalt kan der være mangel på eksempelvis stabilt grus, hvilket medfører lange transportveje. 90% af den samlede danske produktion af råstoffer går til bygge- og anlægsprojekter (Skov og Naturstyrelsen, 1993). Udvindingen har lokale konsekvenser for bl.a. grundvandet. Forbruget medfører desuden et indgreb i natur- og kulturlandskabet. Retableringen er dog med til at skabe biotoper for dyrelivet.
4	9	0	<i>Tag</i> Teglsten kan genanvendes, enten til tagbelægning, hvis de er intakte, eller nedknust som f.eks. fyld.
4	9	0	Tagrender og nedløbsrør af zink, der skal udskiftes, bortskaffes til genbrug.
3	3	++	Der er varmetab gennem taget i driftsperioden. Den udvendige overflade har indflydelse på tagets varmeoptag/afgivelse.
4	9	+	Tagplader i kobber kan afleveres til skrot efter endt brug.
3	7,8	0	Kobbertag kan ved regnskyld afgive meget små kobbermængder til det regnvand, der kommer i berøring med det.
2	4	+	<i>Kælder/fundering</i> Visse steder kræves pilotering/pælefundering eller selvbærende dæk, der kræver mere materiale, og dermed større energiforbrug end ved almindelig fundering.
2	12	+	De fleste arbejder vil betyde støvpåvirkninger.
2	10	+	Pilotering betyder støj og vibrationer til gene for omkringboende og personer, der udfører arbejdet.
4	9	+	Beton kan genanvendes f.eks. til stabilgrus og armeringsjern kan genanvendes (skrot). Dette kræver energi til separering og nedknusning. Energien hertil er dog væsentligt mindre end ved udvinding.
3	3	+	<i>Facade/sokkel</i> Den udvendige overflade har indflydelse på bygningens varmeoptag/afgivelse.
3	3	++	I driftsperioden foregår et varmetab gennem ydervægge.

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
	9	+	<i>Vinduer</i> Vinduer har varierende holdbarhed. Udskiftning af vinduer i forbindelse med renovering giver affald, der delvis kan genanvendes, og forbrug af glas, træ, maling m.m. til nye. Dette betyder ressourceforbrug og energiforbrug med de effekter det medfører - primært forskydning af drivhuseffekten.
1	11,12	+	Desuden er der sundhedseffekter ved fremstilling og brug på grund af sundheds- og miljøskadelige stoffer, der påvirker arbejdsmiljø og indeklime.
3	11	+	Overfladernes indhold af miljø- og sundhedsfarlige stoffer samt deres rengøringsvenlighed har betydning for indeklimaet på grund af henholdsvis afgang af stoffer og mulighed for støvakkumulering.
3	3	+	Der kan foregå et stort varmetab omkring vinduer afhængigt af U-værdien og isoleringen omkring vinduerne.
3	11,12	+	<i>Udvendige døre</i> Ved maling er der risiko for arbejdsmiljø- og indeklimapåvirkninger med miljø- og sundhedsskadelige stoffer.
2	12	+	<i>WC/bad</i> Anvendelse af tunge materialer og risiko for støvdannelse vil betyde arbejdsmiljøpåvirkninger.
2	3	+	Der anvendes energi til transport af tunge materialer. F.eks. er glasvæv lettere end fliser. Anvendelse af glasvæv vil m.h.t. transport give mindre miljøpåvirkning. Anvendes tunge materialer kan energien til transport begrænses ved at anvende lokale materialer (f.eks. danske frem for italienske fliser/toiletter).
1	12	+	Anvendes en løsning med vinyl til gulv- og vægbeklædning, vil der under produktion og pålægning være arbejdsmiljøpåvirkninger.
4	9	++	Desuden vil vinyl give miljømæssige påvirkninger i forbindelse med bortskaffelse.
3	3	+	<i>Køkkener/kantine</i> Der kan opnås energibesparelser med anvendelser med anvendelse af udsugning/emhætter med lavenergimotorer.
3	11	+	Overfladernes indhold af miljø- og sundhedsfarlige stoffer samt deres rengøringsvenlighed har betydning for indeklimaet på grund af henholdsvis afgang af stoffer og mulighed for støvakkumulering.
2	4	+	Hvis ledningsarbejder minimeres, begrænses materialeforbrug. Anvendelse af knappe ikke-fornybare materialer giver den mindste påvirkning på materialeressourcerne.
1	3	+	Visse materialer, f.eks. stål, vil under udvinding og fremstilling have et stort energiforbrug.

TEKNIK OG MATERIALER			
Levscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
3	3,6	+	<i>Varmeanlæg</i> Valg af opvarmningssystemet har betydning for energiforbruget og dermed miljøeffekterne.
1	3,6	+	Metalrør er energikrævende i fremstillingen.
1	4	+	Visse metaller samt råmaterialer til plastrør er knappe ressourcer.
3	3	+	Varmeanlæg kan være mere eller mindre effektivt og dermed energibesparende.
4	9	0	<i>Afløb</i> Støbejern og galvaniseret stål kan gå til skrot ved senere nedrivning eller renovering.
3	10	+	Anvendelse af tunge materialer vil minimere eventuelle støjpåvirkninger.
2	12	+	Anvendelse af tunge materialer vil kunne betyde arbejdsmiljøpåvirkninger.
2	3,4	+	<i>Vandinstallation</i> Der vil ofte etableres fælles varmtvandsforsyning i forbindelse med fjernvarmeanlæg. Dertil vil anvendes galvaniseret stål.
3	3	++	<i>Ventilation</i> Valg af ventilationssystem/-metode er af betydning for energiforbruget. F.eks. vil mekanisk ventilation bevirke et større energiforbrug end naturlig ventilation.
3	3	++	<i>El/svagstrøm</i> Valg af belysningsystem er af betydning for energiforbruget. F.eks. varierer lampers udnyttelse af elpærs lysstyrke fra ca. 25% til næsten 100%. Dette kan reguleres på fællesarealer/rum, og rum, hvor belysninger er inventar.
3	3	++	Udnyttelse af dagslys nedsætter energiforbruget.
1	4	+	Ledninger består af plast og kobber. Råmaterialerne er altså knappe ressourcer.
4	9	+	Ledninger er et sammensat materiale, der som sådant er svært at adskille og genanvende. Der findes dog anlæg, der kan skille kobberdelen fra til genanvendelse. Plastaffaldet vil bestå af flere plasttyper og kan eventuelt genanvendes eller forbrændes.
3	11	++	<i>Øvrige bygningsarbejder</i> Valg af materialer og overfladebehandlinger samt inventar har betydning for indeklimaet (afgasning, støvakkumulering, rengøringsvenlighed, fugtabsorberende/fugtafvisende, termisk stabil/ustabil, udskiftningsmuligheder m.m.).

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
1	4	+	Emissionen af miljø- og sundhedsfarlige stoffer sker bl.a. ved anvendelse af en række byggevarer samt fra de enkelte produkter. Stofferne kan give anledning til miljø- og sundhedspåvirkninger forskellige steder i byggeriets livscyklus. Det vurderes, at der i udførelsesfasen samt i driftsfasen anvendes en række produkter, som indeholder disse stoffer, f.eks. fuge- og spartelmasser, lime, malinger og lak m.v.
2	12	+	
3	11	+	
4	9	+	
2	12	+	Alt entreprenør- og bygningsarbejde har en forhøjet risiko for arbejdsmiljøpåvirkninger. Dels er der arbejde med maskiner, installationer og tunge materialer og dels kontakt med miljø- og sundhedsskadelige stoffer.
4	12	+	Der er arbejdsmiljøpåvirkninger i nedrivningsfasen.
3	3	+	Udsugning/ventilation i faglokaler kan vælges som lavenergianlæg.
3	11	++	<i>Overflader</i> Overfladernes indhold af miljø- og sundhedsfarlige stoffer samt deres rengøringsvenlighed har betydning for indeklimaet på grund af henholdsvis afgang af stoffer og mulighed for støvakkumulering.
3	4	+	Funktionskrav til belægning, bæreevne, styrke m.v. har betydning for valg af belægninger og materialeforbrug.
3	11	++	<i>Inventar</i> Valg af materialer og overfladebehandlinger samt inventar har betydning for indeklimaet (afgasning, støvakkumulering, rengøringsvenlighed, fugtabsorberende/fugtavisende, termisk stabil/ustabil, udskiftningstilbehør m.m.).
2	4	+	<i>Materiemængder til bygninger</i> Materiemængden i et byggeri er knyttet til konstruktionsprincipperne (type af bygning) fremfor til anvendelsen af bygningen (bygningsskategorier).
2	4	+	En stor del af materiemængden i byggeri udgøres typisk af beton, mørtel og gips. I alt mellem 65-88% af en bygningens totale vægt. I mange bygninger indgår desuden store mængder ler og keramisk materiale (f.eks. tegl). Summeres disse materialegrupper udgør de op til 95% af bygningens totale vægt (Miljøprojekt 221, 1993).
1	4	+	Beton, mørtel, gips m.v. samt keramisk materiale er dog generelt baseret på rigelige ressourcer (evt. lokale mangelvarer) og leveres ofte af danske leverandører. Desuden er der op mod total genanvendelse af disse materialetyper dog typisk som nedkøbt fyldmateriale, hvor energien til fremstillingen af materialet går tabt.
1	3	++	Den største miljøpåvirkning for disse materialegrupper vil være træk på energiresourcerne til fremstillingen af produkterne.

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
2	3	+	Et betydeligt jordarbejde samt lokal mangel eller begrænsninger på udvindingen vil medføre et øget energiforbrug til transport.
1 4	4 9	++ ++	Til både vs- og el anlæg anvendes en del plast og PVC produkter samt metaller (ekskl. stål). Til eksempelvis kontor- og administrationsbyggeri anvendes ca. 30 kg pr. 100m ² PVC til VVS-anlæg (tagrender, kapper til rørisolering, afløbsrør m.v.) og til elanlæg ca. 45 kg pr. 100m ² (isolering og kapper til ledninger og kabler). For f.eks. hotelbyggeri vil der være et stort forbrug af VVS artikler. Metaller anvendes generelt i installationer og i installationsrør (Miljøprojekt 221,1993).
1	3	+	<i>Materialeforbrug til anlægsarbejder</i> For anlægsprojekter vil der være et markant forbrug af f.eks. natursten, hvor forbruget af energiressourcerne til fremstillingen af produkterne samt specielt energien til transporten af de betydelige mængder materiale er de vigtigste miljøpåvirkninger. For nogle anlægsprojekter vil der desuden være et betydeligt forbrug af beton, mørtel, ler og tegl, hvor det også er energiforbruget til fremstilling og transport som er en væsentlig miljøpåvirkning. (BPS 121,1998).
1	4	+	Selvom der er store reserver af natursten kan der være lokal mangel eller begrænsning. På længere sigt kan der forventes restriktioner på udvinding af danske råstoffer (til lands) (BPS 121,1998).
1,2	3,4	+	Set i det samlede livscyklusforløb for et anlægsprojekt som for f.eks. lægning af en kloakledning er en del af miljøpåvirkningerne relateret til rørmaterialet.
2	3,6		Væsentligheden af den miljømæssige påvirkning, der kan relateres til materialet er afhænger af selve materialevalget, men specielt af udførelsesfasens og driftsfasens energiforbrug. Generelt skønnes energiforbrug til lægning at variere mellem 25% og i nogle tilfælde til langt over 100% af det samlede energiforbrug til tilvejebringelse af råmaterialer til kloakrøret og selve rørproduktion (Arbejdsrapport 21,1997).
2	4	+	<i>Levetidens betydning for materialeforbruget</i> Levetiden for byggematerialer er af afgørende betydning for ressourceforbruget. Eksempelvis skal en facadebeklædning af træ ofte løbende vedligeholdes og evt. udskiftes indenfor bygningens levetid. Imidlertid kan levetiden for materialer og tekniske løsninger ikke fastlægges med nogen særlig stor sikkerhed. En række forhold har betydning for levetiden, som f.eks. ændrede funktionskrav, ønske om ændret udseende, påvirkninger, vedligeholdelse, økonomi m.v.
1	4	+	<i>Energiforbrug til materialer og produkter</i> Materiale- og produktvalg er af betydning for energiforbruget til fremstilling af byggevarer. Energiforbrug (varme og el) til materialefremstillingen udgør i ca. 10 – 15% af byggeriets totale energiforbrug. Ved fremstilling af byggematerialer i Danmark anvendes generelt primært fossile brændsler fortrinsvis kul og naturgas (BPS 121,1998). Fremstillingen tærer således på knappe ikke fornyelige energiressourcer.

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
1	3	+	Fremstillingen er desuden ofte energikrævende.
2	3	+	Materialernes oprindelsessted samt volumen og masse har betydning for energiforbruget til transport fra oprindelsessted til byggeplads.
1	3	+	Metaller tilhører den materialekategori, som også markerer sig med et stort energiforbrug til trods for, at kategorien kun udgør 2 vægt %. I størrelsesordenen 20% af den totale energi til bygningens materialer går til produktionen af metaller. Her spiller andelen af jomfruelig (primære) metaller dog en væsentlig rolle. F.eks. er stål energikrævende ved evt. råstofudvinding og forarbejdning fra malm samt forarbejdning til profiler m.m., mens træ er langt mindre energikrævende.
2	3	+	Der vil generelt være et energiforbrug til materialefremstillingen til anlægsprojekter. Typisk vil energiforbruget knytte sig til transportarbejdet samt til fremstillingen eksempelvis asfalt.
1	4	++	<p><i>Materialekategorier med stort ressourcetræk</i></p> <p>De materialekategorier til byggerier, som bidrager med et forholdsmæssigt stort ressourcetræk på knappe ressourcer er:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metaller, specielt kobber, zink, nikkel og bly. • Plast, herunder PVC • Bituminøse materialer, f.eks. asfalt og asfaltpap • Malerverer, bl.a. spartel- og fugemasse.
1	4	++	Zink anvendes bl.a. til galvanisering f.eks. til tag- og facadebeklædning.
1	3,6	+	Ud over ressourceforbruget vil der for de fleste af disse produkters vedkommende også være et forholdsmæssigt stort forbrug af energiressourcer til fremstillingen af produkterne.
1	3,6	+	De metaller, der udvindes fra malm udgør ofte kun en meget lille del af malmen f.eks. mindre end 1% kobber i porfyrokobberforekomster, hvilket bevirker et stort energiforbrug til udvinding. (BPS 121,1998).
1	6,8,9	+	Miljøpåvirkningerne fra miner er en stor affaldsmængde og emission af forsurende stoffer samt tungmetaller til nærliggende recipienter (BPS 121,1998).
2	12	+	<p><i>Miljø- og sundhedsfarlige stoffer i byggeriets livscyklus</i></p> <p>Miljø- og sundhedsfarlige stoffer indgår i en række materiale- og produktvalg samt konstruktionssamlingsmetoder. F.eks. indgår der ofte miljø- og sundhedsfarlige stoffer i spartel- og fugemasser samt lime. Disse kan undgås ved en samling med f.eks. søm i stedet for.</p>
3	11	++	Miljø- og sundhedsfarlige stoffer optræder bl.a. i fremstillingen og anvendelsen af en række byggevarer samt i selve produktet. Stofferne kan give anledning til miljø- og sundhedspåvirkninger forskellige steder i bygge- og anlægsprojekters livscyklus. Det vurderes, at der i udførelsesfasen samt i driftsfasen anvendes en række produkter, som indeholder disse stoffer f.eks. maling og lak m.v.
2	12	+	
4	9	++	

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
3 2 4	11 12 9	++ + ++	En række af de byggevarer, som typisk optræder i store mængder i bygge- og anlægsprojekter indeholder også miljø- og sundhedsfarlige stoffer eller additiver. Eksempelvis indeholder mørtel og beton kalk og kvarts, og plastprodukter er tilsat en række problematiske additiver.
4	9	++	PCB forekommer i byggematerialer som f.eks. fugemasser, lime, isoleringsplast og mørtel fra 1960'erne og frem. PCB er human toksisk, ophobes i fedtvæv. Desuden er der en miljøgift, der er svært nedbrydelig i naturen, er specielt skadelig i vandmiljøer (økotoksicitet, persistent toksicitet).
3 2	11 12	++ +	På baggrund af en miljøvurdering af udvalgte bygningsdele til ydervæg, indervæg og tag konkluderes, at forbruget af kemikalier (miljø- og sundhedsfarlige stoffer) sammen med energiforbruget anses for at udgøre hovedparten af miljøpåvirkningerne, der fremkommer i bygningsdelenes livscyklus. Det skal bemærkes, at bygningsdelene generelt indeholder begrænsede mængder miljø- og sundhedsfarlige stoffer, og det er således udførelsesfasen og specielt brugsfasen (drift) som i livscyklus vurderes at bidrage med de væsentligste forbrug af miljø- og sundhedsfarlige stoffer i livscyklus for hele byggeriet (BPS 121,1998).
3 2	11 12	++ +	Valg af overflader incl. behandling og rengøringsmetoder indvirker på anvendelsen af miljø- og sundhedsfarlige stoffer. F.eks. kan der være sundhedsfarlige blødgørere og/eller opløsningsmidler i malinger. På listen over uønskede stoffer er der 30 uønskede stoffer som indgår i malinger.
2,3	7	+	Ved uheld kan forskellige forurenende stoffer medføre jordforurening eller forurening af overfladevand og dermed de recipienter som modtager vandet.
2 3	12 11	+ ++	Emissionen af miljø- og sundhedsfarlige stoffer sker bl.a. ved anvendelse af en række byggevarer samt fra selve produktet. Stofferne kan give anledning til miljø- og sundhedspåvirkninger forskellige steder i bygge- og anlægsprojekters livscyklus. Det vurderes, at der i udførelsesfasen samt i driftsfasen anvendes en række produkter, som indeholder disse stoffer f.eks. fuge- og spartelmasser, lime, malinger og lak m.v.
4	9	++	Visse stoffer, der anvendes i byggeprojekter, kan give problemer i forbindelse med bortskaffelse (f.eks. imprægneret træ, PVC og visse isoleringsmaterialer).
3	7	+	På udenomsarealer, herunder befæstede arealer, kan der blive anvendt stoffer, der kan medføre jord- eller grundvandsforurening. Det drejer sig om olie- og benzinspild, pesticidanvendelse og vintersaltning. I betragtning af udenomsarealernes størrelse i forhold til ejendommens grundareal, kan påvirkningen være af betydning. Dog er planen, at udenomsarealerne så vidt muligt skal henligge som natur.

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
1	6	+	Materialer fra lande, der har en lempelig regulering og stiller ringe miljøkrav til virksomheder kan bidrage med forholdsvis større emissioner end fra lande der stiller skærpede krav hertil.
1	7	+	<i>Emissioner til jord fra materialefremstilling</i> Valg af materialer er af betydning for emissioner til jord, idet nogle materialer kan forårsage store emissioner under råstofudvinding og forarbejdning af f.eks. metaller fra malm.
1	8	+	<i>Spildevand</i> Ved udvinding og forarbejdning af råstoffer og produktion af materialer vil der for nogle materialers vedkommende være en udledning af spildevand.
2	8	+	For visse materialer vil der tillige fremkomme spildevand ved opførelse og reovering (f.eks. beton).
4	8	+	Desuden kan der forekomme emissioner til vand i forbindelse med bortskaffelsen af bygningsaffaldet (deponering).
1	8	+	Indholdet af problematiske stoffer i spildevandet er ofte relateret til de stoffer som anvendes i produktionsprocessen eller indholdet i de produkter som anvendes.
3	8	+	Endelig kan f.eks. anvendelsen af rengørings- og vaskemidler også bidrage med problematiske stoffer til spildevandet.
3	8	+	Valg af spildevandsopsamlings- og rensemetoder har betydning for emissioner til vand, f.eks. sandsynlighed for overløb ved renseanlæg, overfladevand, der ledes til recipient uden rensning.
2,4	9	+	<i>Byggeaffald</i> Bygge- og anlægsaffald udgør 24% af den samlede affaldsmængde i Danmark svarende til 3,1 mio. t (1996). Mængden har de sidste år været stigende (Affald 21, 1998).
1,2, 4	9	+	Valg af materialer er af betydning for affaldsproduktionen, idet nogle materialer genererer affald under råstofudvinding, andre under forarbejdning og atter andre ved nedrivning. Bygningsdeles levetid har ligeledes betydning, idet en bygningsdel, der skal udskiftes jævnlige vil bevirke mere affald under driften, end en mere holdbar bygningsdel.
2,4	9	+	Byggeteknikker og –systemer i forbindelse med fremstilling af byggevarer, udførelse og ændringer samt nedrivning og bortskaffelse er af betydning for affaldsproduktionen, idet bl.a. muligheden for genanvendelse er betinget heraf. Kan kompositmaterialer og –elementer f.eks. adskilles i de forskellige fraktioner ved nedrivning?
2,3, 4	9	+	Skønmæssigt fordeler affaldsmængderne sig med 10% fra nybyggeri, 30% fra driften og 60% af affaldsmængderne stammer fra nedrivnings- og bortskaffelsesfasen (Miljøprojekt 221, 1993).

TEKNIK OG MATERIALER			
Levscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
2,4	9	+	Bygge- og anlægsaffaldet består hovedsagelig af volumenaffald som beton, asfalt og sten. Der er dog en betydelig genanvendelse heraf. I 1996 var der en genanvendelsesprocent generelt i Danmark på 89% for bygge- og anlægsaffald. Det meste af det øvrige affald deponeres. Regeringens mål i år 2004 er en genanvendelse på 90% for bygge- og anlægsaffald (Affald 21, Udkast til affaldsplan 1998 – 2004).
2,4	9	+	På baggrund af den høje genanvendelse er det således specielt farligt affald og radioaktivt affald, der giver anledning til væsentlige effekter i forhold til volumenaffaldet, til trods for at mængden er væsentlig mindre.
2,4	9	+	Fra myndighedsside vil der i de kommende år blive stillet krav til yderligere sortering og indsamling af miljøbelastende affaldsfraktioner, som f.eks. PVC, imprægneret træ, elektriske og elektroniske produkter samt PCB-holdige fugemasser. Indsamlingen skal bl.a. bidrage til en højere genanvendelse af restprodukterne fra affaldsforbrændingsanlæg.
4	9	++	Det er andelen af farligt affald, der udgør en væsentlig påvirkning. Der kan f.eks. her være tale om byggeaffald indeholdende PVC, imprægneret træ eller visse isoleringsmaterialer.
2,4	10	+	<i>Opførelses- og nedrivningsfasernes støjniveau</i> Opførelses- og nedrivningsmetoder har betydning for frembringelse af støj og vibrationer.
3	10	+	Valg af materialer har betydning for støj og vibrationsforhold i bygningen. Støj fra fx. trafik stiller krav til materialevalg og isolering af bl.a. kontor- og skolebyggeri.
3	11	++	<i>Bygningers indeklime</i> Ved indeklime anses specielt materialernes afgasning samt ventilationsforhold og dermed luftkvaliteten for at give anledning til en væsentlig påvirkning. Væsentlige sundhedseffekter af luftemissionen er slimhindeirritation, hudpåvirkning, hovedpine, træthed og svimmelhed.
3	11	++	Ofte er det ikke en enkelt påvirkning, der giver problemer, men en samtidig påvirkning af flere faktorer på et lavt niveau. Dårligt indeklime kan skyldes bygnings- eller vedligeholdelsesmæssige mangler samt uhensigtsmæssig anvendelse af lokaler.
3	11	++	Rummenes udformning og lysforhold har betydning for indeklime, f.eks. i forhold til akustik, ventilation, dagslysindfald og solindfald/overophedning.
2,4	12	+	<i>Arbejds miljøforhold</i> De væsentligste påvirkninger indenfor udførelsen og nedrivning af bygge- og anlægsprojekter er kemiske forhold, støj, vibrationer, ergonomi og ulykker som kan forårsage sundhedseffekter f.eks. hjerneskade, hørenedsættelse, hvide fingre, tab af førlighed og død.

TEKNIK OG MATERIALER			
Livscyklusfase	Miljøpåvirkning	Væsentlighed	Beskrivelse
2,4	12	+	En nærmere statistisk gennemgang viser, at bygge- og anlægsbranchen ligger på en 4. plads med 7% af det totale antal anmeldte arbejdsulykker i Danmark (93-97). Branchen tegner sig for en markant andel af de alvorlige arbejdsulykker med amputation og død til følge henholdsvis 18 og 28% af det totale antal i samme periode (AT, 1998).
2,4	12	+	Branchens andel af arbejdsbetingede lidelser ligger på 12% af det totale antal anmeldte arbejdsbetingede lidelser (93-97). De typer lidelser, som har de største andele er kræftsygdomme (21%), centralnervesystems funktionssvækkelse (19%) og ikke allergiske luftvejssygdomme (19%) (AT, 1998).
2,4	12	+	<p>Regeringens visioner om et rent arbejdsmiljø år 2005 påpeger en række særlige indsatsområder relateret til de enkelte brancher. Indenfor bygge- og anlægsbranchen er følgende specielt i fokus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dødsulykker som følge af arbejdsmiljøforhold • Arbejdsbetinget udsættelse for kræftfremkaldende kemiske stoffer. • Skader blandt børn og unge i forbindelse med arbejde. • Skader som følge af tunge løft • Høreskader som følge af støjende arbejde. • (Arbejdsministeriet, 1996).
1	12	+	Valg af materialer har betydning for arbejdsmiljøet, idet der under råstofudvinding og forarbejdning kan være arbejdsmiljøbelastninger (tunge løft, sikkerhed mod sundhedsfarlige stoffer og fibre/materialer, sikkerhed mod ulykker m.m.).
2,4	12	+	Ligeledes har materialer indflydelse på arbejdsmiljøet under udførelse og nedrivning.

Skema til håndtering af virkemiddelvalg

<i>Byggeprojekt:</i>		<i>Miljøpåvirkning:</i>					
<i>Forventet levetid:</i>		<i>Livscyklusfase:</i>					
<i>Miljømål:</i>							
Valgte virkemidler	Fravalgte virkemidler	Virkemidler	Målopfylldelse		Totaløkonomi		
			Vurdering	Bemærkninger	Etablering	Drift	Bortskaffelse

Baggrundsdokumentation for BEAT-beregningerne

Indtastede data og hvordan de er fremkommet.

VENTILATION

For ventilation medtages i beregningerne de materialer, der anvendes i forbindelse med ventilationen og det energiforbrug, der er dels i forbindelse med opvarmning og dels i forbindelse med drift af ventilationsanlægget.

Der regnes ved alle beregninger omkring ventilationsforhold på en repræsentativ delmængde af skolen bestående af 2 klasseværelser med tilhørende gangareal og ventilationssystem.

Det samlede areal på modulet er opgjort til 178 m². Klasseværelserne er på 59,5 m². Det antages, at der er 28 elever i klasserne (maks.) samt en lærer. Højden på lokalerne varierer fra 3,6 til 5,5 m, hvilket vil sige et gennemsnit på 4,55 m. Herved får klasserummene et volumen på 271 m³, svarende til 9,3 m³ pr person (28 elever en lærer, kravet er 6 m³). Med hensyn til ventilationen er kravet ifølge bygningsreglementet:

$$59,5 \text{ m}^2 * 0,4 \text{ l/s} + 29 * 5 \text{ l/s} = 168,8 \text{ l/s} = 608 \text{ m}^3/\text{h}$$

Behovet for 2 klasser er altså på 1216 m³/h. Denne luftmængde anvendes i forbindelse med beregningen af energiforbruget til opvarmning.

Ved naturlig ventilation

Her regnes alene på driftsforbrug til opvarmning og ingen materialer. Det antages at scenariet med naturlig ventilation betragtes som "råhuset", hvor der kan bygges andre typer ventilation på ved at tilføje rørføringer og ventilationsenheder.

Datatype	Beregninger 1	Beregninger 2	Indtastet	Kilde	Bemærkninger
Energi til opvarmning/ Fjernvarme, Asnæsværket.	Luftmængde ind er iflg. BR 95 beregnet til (se ovenfor) 1216 m ³ /h. Et gennemsnitligt energiforbrug til opvarmning af 1m ³ luft fra 8-16 er 10 kWh/år. Det betyder, at der til klasserne umiddelbart skal anvendes 12.160 kWh/år til opvarmning af den luft, der skal tilføres.	Ved kompensation for lukning i week-ender og ferier ser der således ud: Årligt forbrug ved åbent 5 dage pr uge, 3 ugers ferie (der spares ikke noget på at have lukket i sommerferien): 12.160 kWh/år x 5/7 x 49/52 = 8.185 kWh/år Da byggeriets levetid er antaget at være 60 år, vil det samlede forbrug være 491.077 kWh.	491.077 kWh	Lavere drifts-udgifter ved enkelt system for behovsstyret ventilation. (Mikkelsen, 1999).	Opgiver det gennemsnitlige energiforbrug brugt i beregningen.

Ved varmegenvinding

Mængder og materialer er opgjort efter bedste skøn. Der er opmålt rørlængder og dimensioner fra tegning ((4)7.021 Bygning 4, 1. sals plan, afløb, vand, varme og ventilation). Information om selve anlægget er oplyst af forhandler.

<i>Datatype</i>	<i>Materiale</i>	<i>Dimension</i>	<i>Beregninger 1</i>	<i>Beregninger 2</i>	<i>Indtastet</i>	<i>Kilde</i>	<i>Bemærkninger</i>
Rør	Galvaniseret stål	D 32/0,5 mm	Tværsnitsarealet er beregnet til 51 mm ² r _i = 16 mm r _y = 16,5 mm	1,95+2,0+1,8+0,6+1,45+0,25+2x0,3+(lodret)2 = 10,65 m svarende til 0,000543 m ³	0,000543 m ³		Længden er groft opmålt fra tegning (4)7.021
Rør	Galvaniseret stål	D 25/0,5 mm	Tværsnitsarealet er beregnet til 40 mm ² r _i = 12,5 mm r _y = 13 mm	3,0+2x1,0+2,5+0,5+0,5+0,5+(lodret)2 x3 = 15 m svarende til 0,0006 m ³	0,0006 m ³		Længden er groft opmålt fra tegning (4)7.021
Rør	Galvaniseret stål	D 16/0,5 mm	Tværsnitsarealet er beregnet til 26 mm ² r _i = 8 mm r _y = 8,5 mm	0,9+0,8 m svarende til 0,000044 m ³	0,000044 m ³		Længden er groft opmålt fra tegning (4)7.021
Støjdæmpning							Der er 3 stk. Ikke medtaget
Indsugningskasse							Ikke medtaget
Ventilationenhed, kabinet	Rustfrit stål				90 kg	Leverandør: Exhausto	
Ventilationenhed, krydsvarmeveksler	Aluminium				25 kg	Leverandør: Exhausto	
Ventilationenhed, motor	Kobber		80% af 45 kg		36 kg	Leverandør: Exhausto	Skønnet procentvis fordeling
Ventilationenhed, motor	Jern		18% af 45 kg		8,1 kg	Leverandør: Exhausto	Skønnet procentvis fordeling
Ventilationenhed, motor	Stål		2% af 45 kg		0,9 kg	Leverandør: Exhausto	Skønnet procentvis fordeling
Ventilationenhed, elvarmeblade	Galvaniseret stål				10 kg	Leverandør: Exhausto	
Ventilationenhed, isolering	Mineraluld				2 kg	Leverandør: Exhaust	
Ventilationenhed, diverse (bypassmotor, spjæld, kondensbakke)	Rustfrit stål				8 kg	Leverandør: Exhaust	
Energiforbrug til ventilation	El, Asnæsværket		Oplyst energiforbrug er 3.148 kWh/år og der regnes over 60 år.		188.880 kWh	Leverandør: Exhausto	VEX 140 std.

Energiforbrug til opvarmning	Fjernvarme, Asnæsværket		Hvis al luft skulle opvarmes, skulle der over en 60 års periode bruges 491.077 kWh. Ved varmegenvinding nedsættes behovet for opvarmning med 60%. Det betyder, at energiforbruget bliver 196.431 kWh.		196.431 kWh	Leverandør: Exhausto	Genvindingsgrad
------------------------------	-------------------------	--	---	--	-------------	----------------------	-----------------

Ved varmegenvinding med lavenergi ventilationsenhed

Opgørelsen er nøjagtig som ved varmegenvinding, blot er elforbruget til ventilationen lavere.

<i>Datatype</i>	<i>Materiale</i>	<i>Dimension</i>	<i>Beregninger 1</i>	<i>Beregninger 2</i>	<i>Indtastet</i>	<i>Kilde</i>	<i>Bemærkninger</i>
Energiforbrug til ventilation	El, Asnæsværket		1967 kWh/ år i 60 år.		118.020 kWh	Leverandør: Exhausto	VEX 140 lavenergi
Øvrige parametre					Som ved varmegenvinding		

Ved hybridventilation

Dette er den valgte løsning i eksempelbyggeriet. Der er balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding sammen med naturlig ventilation. Der betyder at der bruges naturlig ventilation i perioder, hvor der reelt ikke er behov for opvarmning. I disse perioder spares på elforbruget til ventilation.

<i>Datatype</i>	<i>Materiale</i>	<i>Dimension</i>	<i>Beregninger 1</i>	<i>Beregninger 2</i>	<i>Indtastet</i>	<i>Kilde</i>	<i>Bemærkninger</i>
Energiforbrug til ventilation	El, Asnæsværket		En besparelse på 35% på elforbruget (MSH). 1967 kWh/ år i 60 år.	$1967 \text{ kWh/år} \times (1-0,35) \times 60 \text{ år} =$	76.713 kWh	Leverandør: Exhausto	VEX 140 lavenergi
Øvrige parametre					Som ved varmegenvinding		

Ved mekanisk ventilation

Mængder og materialer er opgjort efter bedste skøn. Der er opmålt rørlængder og dimensioner fra tegning ((3) 6.040 – tværsnit mellem modul 3.01 og 3.02, bygning 3), hvor der er varmegenvinding (rørføring både ind og ud). Ved mekanisk ventilation er det kun nødvendigt med én rørføring, hvorfor de tidligere opgjorte mængder er halveret. Information om selve anlægget er oplyst af forhandler.

<i>Datatype</i>	<i>Materiale</i>	<i>Dimension</i>	<i>Beregninger 1</i>	<i>Beregninger 2</i>	<i>Indtastet</i>	<i>Kilde</i>	<i>Bemærkninger</i>
Rør	Galvaniseret stål	D 32/0,5 mm	Tværsnitsarealet er beregnet til 51 mm ² r _i = 16 mm r _v = 16,5 mm	1,95+2,0+1,8+0,6+1,45+0,25+2x0,3+(lodret)2 = 10,65 m svarende til 0,000543 m ³ Halveret: 0,00027 m ³	0,00027 m ³		Længden er groft opmålt fra tegning (4)7.021
Rør	Galvaniseret stål	D 25/0,5 mm	Tværsnitsarealet er beregnet til 40 mm ² r _i = 12,5 mm r _y = 13 mm	3,0+2x1,0+2,5+0,5+0,5+0,5+(lodret)2x3 = 15 m svarende til 0,0006 m ³ . Halveret: 0,0003 m ³	0,0003 m ³		Længden er groft opmålt fra tegning (4)7.021
Rør	Galvaniseret stål	D 16/0,5 mm	Tværsnitsarealet er beregnet til 26 mm ² r _i = 8 mm r _y = 8,5 mm	0,9+0,8 m svarende til 0,000044 m ³ Halveret: 0,000022 m ³	0,000022 m ³		Længden er groft opmålt fra tegning (4)7.021
Støjdæmpning							Der er 3 stk. Ikke medtaget
Indsugningskasse							Ikke medtaget
Ventilationsenhed, kabinet	Galvaniseret stål				4,5 kg	Leverandør: Exhausto	
Ventilationsenhed, hus	Aluminium				8 kg	Leverandør: Exhausto	
Ventilationsenhed, motor	Kobber		80% af 15 kg		12 kg	Leverandør: Exhausto	Skønnet procentvis fordeling
Ventilationsenhed, motor	Jern		18% af 15 kg		2,7 kg	Leverandør: Exhausto	Skønnet procentvis fordeling
Ventilationsenhed, motor	Stål		2% af 15 kg		0,3 kg	Leverandør: Exhausto	Skønnet procentvis fordeling
Ventilationsenhed, isolering	Mineraluld				0,5 kg	Leverandør: Exhausto	
Energiforbrug til ventilation	El, Asnæsværket		Påstemplet effekt er 0,45W svarende til 1310,4 kWh/år. Dette giver ved 60 års forbrug 78.624 kWh.		78.624 kWh	Leverandør: Exhausto	Type BESF 201
Energiforbrug til opvarmning	Fjernvarme, Asnæsværket		Hvis al luft skal opvarmes, skal der over en 60 års periode bruges 491.077 kWh.		491.077 kWh		Se beregning under naturlig ventilation

Ved mekanisk ventilation med lavenergienhed

Opgørelsen er nøjagtig som ved mekanisk ventilation, blot er elforbruget til ventilationen lavere.

<i>Datatype</i>	<i>Materiale</i>	<i>Dimension</i>	<i>Beregninger 1</i>	<i>Beregninger 2</i>	<i>Indtastet</i>	<i>Kilde</i>	<i>Bemærkninger</i>
Energiforbrug til ventilation	El, Asnæsværket		Påstemplet effekt er 0,45W svarende til 1310,4 kWh/år. Dette giver ved 60 års forbrug 78.624 kWh.	Det antages, at energiforbruget kan reduceres til 63% af forbruget ved en standard motor. Dette giver $0,63 \times 78.624 = 49.533$ kWh	49.533 kWh	Leverandør: Exhausto	Type BESF 201, energireduktion
Øvrige parametre					Som ved varmegenvinding		

Tagtype

Der beregnes på 4 tagtyper. Der er oprindeligt kommet med et forslag om tag bestående af græstørv. Det er imidlertid i det endelige projekt ændret til kobbertag. Til sammenligning beregnes desuden på et tag bestående af betonteglsten og et tagpaptag. Der regnes ikke med loftsbeklædningen, da den vil være ens i alle tilfælde (forskalling/opretning samt 50 mm mineraluld og 25 mm træbeton). Der bruges i den valgte løsning betonhuldæk, selv om en lettere tagkonstruktion kunne have været tilstrækkelig. Der er desuden fugtspærre i alle tagtyperne. Da alt fra og med fugtspærre er ens for de forskellige tagkonstruktioner medregnes det ikke.

Alle tagtyperne opgøres for 1 m².

Kobbertag

Der er taget udgangspunkt i tegninger ((3) 6.040 – tværsnit mellem modul 3.01 og 3.02, bygning 3).

Kobbertag

<i>Datatype</i>	<i>Materiale</i>	<i>Dimension</i>	<i>Beregninger 1</i>	<i>Beregninger 2</i>	<i>Forbrug</i>	<i>Kilde</i>	<i>Bemærkninger</i>
Tagdækning	Kobber	0,6 mm	Det antages, at taget lægges i pladebredder på 600 mm. Med fradrag til false, vil der være 2 baner pr m.	1,2 m x 1 m x 0,6 mm = 0,00072 m ³	0,00072 m ³	Tegningsmateriale (3) 6.040	Kobbertag med stående false. Spild: 4%
Glidelag	Fibertex, fiberdug	110 g/m ²			1m ²		Spild: 10%
??	Krydsfiner	22 mm			1 m ²		Spild: 5%
Z-profiler	Stål	3,44 kg/m	Åsene lægges, så de er under falsene – det vil sige med ca. 50 cm mellemrum. Det betyder, at der ligger 2 meter på hver m ² .	2 x 3,44 = 6,88 kg	6,88 kg	Leverandør: Interprofiles A/S	Her ses bort fra, at belægningen også vejer noget. Spild: 10%
Z-profil, belægning	Aluminium	Krop 200 mm, knæk 56 og 63 mm	185 g belægningsmasse/m ² , svarende til 24,6 µm, bestående af aluminium (51%)	Der bliver brugt 2 meter. Overfladen er 2 x (2 m x (0,2 + 0,056 + 0,063)) = 1,276 m ² . Det svarer til 1,276 m ² x 185 g = 236 g belægningsmasse, hvoraf 51% = 120 g er aluminium.	120 g		Spild: 10%
Z-profil, belægning	Zink	Krop 200 mm, knæk 56 og 63 mm	185 g belægningsmasse/m ² , svarende til 24,6 µm, bestående af zink (49%)	Der bliver brugt 2 meter. Overfladen er 2 x (2 m x (0,2 + 0,056 + 0,063)) = 1,276 m ² . Det svarer til 1,276 m ² x 185 g = 236 g belægningsmasse, hvoraf 49% = 116 g er zink.	116 g		Spild: 10%
Isolering	Mineraluld	150 mm	150 mm = 0,15 m	1 m ² x 0,15 m = 0,15 m ³	0,15 m ³		Rockwool (EU), 29 kg/m ³ . Spild: 5%

Tagpaptag

<i>Datatype</i>	<i>Materiale</i>	<i>Dimension</i>	<i>Beregninger 1</i>	<i>Beregninger 2</i>	<i>Forbrug</i>	<i>Kilde</i>	<i>Bemærkninger</i>
Fugtlag	Tagpap	5,3 kg/m ²	2 lag med forskudte samlinger i alt 85 mm. 5% overløb		1,05m ²		Asfaltpap, Icopal 550 P. Spild: 5%
Fugtlag	Tagpap	3,4 kg/m ²	2 lag med forskudte samlinger i alt 85 mm. 5% overløb		1,05m ²		Asfaltpap, Icopal 500 P. Spild: 5%
Isolering	Mineraluld	25 mm	25 mm = 0,025 m	1 m ² x 0,025 m = 0,025 m ³	0,025 m ³		Der skal anvendes en fast tagpap – her Rockwool (EU) 110 kg/m ³ . Spild: 5%
Isolering	EPS	150 mm	150 mm = 0,15 m	1 m ² x 0,15 m = 0,15 m ³	0,15 m ³		20 kg/m ³ . Spild: 5%

Tag af græstørv

<i>Datatype</i>	<i>Materiale</i>	<i>Dimension</i>	<i>Beregninger 1</i>	<i>Beregninger 2</i>	<i>Forbrug</i>	<i>Kilde</i>	<i>Bemærkninger</i>
Tagdækning	Græstørv	100 mm				Tagbranchens Oplysningsråd anvisning 22, 1997	Skønnet fra tegning. Spild: 0%
Skridlag	Profileret polyethylen (HDPE)	1,5 mm	Der regnes 15 % ekstra på grund af profileringen.				Skønnet. Spild: 5%
Fugtlag	Tagpap	5,3 kg/m ²	2 lag med forskudte samlinger i alt 85 mm. 5% overlab		1,05m ²		Asfaltpap, Icopal 550 P. Spild: 5%
Fugtlag	Tagpap	3,4 kg/m ²	2 lag med forskudte samlinger i alt 85 mm. 5% overlab		1,05m ²		Asfaltpap, Icopal 500 P. Spild: 5%
??	Krydsfiner	22 mm			1 m ²		Spild: 5%
Lægter	Træ	50 x 150 mm	Der lægges 3 lægter på 2 meter svarende til 1,67 meter per m ²		1,67 m		Spild: 10%
Isolering	Mineraluld	150 mm	150 mm = 0,15 m	1 m ² x 0,15 m = 0,15 m ³	0,15 m ³		Rockwool (EU), 29 kg/m ³ . Spild: 5%

Betontagsten

Betontegl medtages for eksemplets skyld, men er nok ikke normalt anvendt ved den valgte taghældning.

<i>Datatype</i>	<i>Materiale</i>	<i>Dimension</i>	<i>Beregninger 1</i>	<i>Beregninger 2</i>	<i>Forbrug</i>	<i>Kilde</i>	<i>Bemærkninger</i>
Tagdækning	Betonsten	9-10 sten pr. m ²					Spild: 2%
Lægter	Træ	38x57 mm	Pr. 33 cm "vandret"		3 m		Spild: 10%
Lægter	Træ	50 x 150 mm	Pr. 100 cm "lodret"		1 m		Spild: 10%
Isolering	Mineraluld	150 mm	150 mm = 0,15 m	1 m ² x 0,15 m = 0,15 m ³	0,15 m ³		Rockwool (EU), 29 kg/m ³ . Spild: 5%

Beregningsmetode til verificering af mål opfyldelsen

Her angives de matematiske beregninger, der fører til et tal for mål opfyldelsen. Der er i afsnit 7.2.2. givet en pragmatisk metode til verificering af mål opfyldelsen. I denne antages en regel om, at mål opfyldelsen er 100%, hvis miljømålet opfyldes og falder til 0%, hvis resultatet er den dobbelte værdi af miljømålet. Desuden antages at relationen mellem graden af mål opfyldelse det opnåede måltal er lineær. Disse antagelser anvendes, hvis andet ikke er nærliggende.

Matematisk vil relationen være:

$$M_b = (100/(-M)) * M_o - (100/(-M)) * 2M, \text{ hvor}$$

M_b er den beregnede mål opfyldelse i %,
 M_o er det opnået måltal, og
 M er miljømålet.

Beregningsmetoden vises herunder med et eksempel:

Et miljømål for indeklimaet er: Luftens indhold af støv skal være mindre end $0,1 \text{ mg/m}^3$. I eksemplet antages, at de er målt en værdi for luftens indhold af støv på $0,13 \text{ mg/m}^3$. En mål opfyldelse på 100% ville kræve et indhold på $0,1 \text{ mg/m}^3$ (eller mindre). Det dobbelte af miljømålet ($0,2 \text{ mg/m}^3$) ville give en mål opfyldelse på 0%.

Mål opfyldelsen for det opnåede måltal bliver:

$$M_b = (100/(-0,1)) * 0,13 - (100/(-0,1)) * 2 * 0,1 = 70$$

Mål opfyldelsen kan altså beregnes til 70%.

Herunder er vist kurven for mål opfyldelsen, således at andre værdier for måltal kan aflæses. Metoden (men ikke det viste kurveudsnit) beregner også mål opfyldelsesprocenter over 100%, hvis måltallet er større end miljømålet.

