



København
CO₂-neutral
i 2025

københavns **E**

INSPIRATIONSKATALOG: OM LAVENERGIBYGGERI I NYE BYUDVIKLINGSOMRÅDER



KOLOFON:

Udgiver: Københavns Kommune,
Teknik- og Miljøforvaltningen

Redaktion: Teknik- og Miljøforvaltningen og
Københavns Energi

Layout: TMF Design

Forside: Visualisering af område på Carlsberg,
Arkitektfirmaet entasis



INSPIRATIONSKATALOG:

LAVENERGIBYGGERI I NYE BYUDVIKLINGSOMRÅDER

- 04 FORORD
- 05 INDLEDNING
- 06 BAGGRUND
- 07 RAMMEN

ENERGIFORSYNING

- 10 ENERGIFORSYNING I STØRRE BYUDVIKLINGSOMRÅDER
- 13 EKSEMPLER PÅ ENERGIFORSYNING AF NYE BYOMRÅDER I KØBENHAVN
 - 14 EKS. 1: CARLSBERG
 - 16 EKS. 2: DET GAMLE GRØNTTORV OG TORVEPORTEN I VALBY
 - 20 EKS. 3: AMAGER FÆLLED BYKVARTER
 - 22 EKS. 4: NORDHAVN
- 24 HVORDAN INDARBEJDES ENERGI I PLANLÆGNINGSPROCESSEN?

LAVENERGI BYGGERI

- 26 BYGGEPROCESSEN
- 31 KONSTRUKTION – VALG AF TEKNISKE LØSNINGER
- 39 EKSEMPLER PÅ ENERGIRIGTIGT BYGGERI
 - 40 EKS. 1: MILJØBYGGET I TRONDHEIM
 - 42 EKS. 2: SOLENGEN I HILLERØD
 - 44 EKS. 3: GREEN LIGHTHOUSE – KØBENHAVN N
- 49 BRUGERADFÆRD OG TEKNOLOGIVALG ER TÆT FORBUNDNE
- 52 ORDLISTE
- 54 LITTERATURLISTE

- 55 YDERLIGERE OPLYSNINGER

LÆSEVEJLEDNING:

Inspirationskataloget er opbygget i hovedafsnit om energiforsyning, planproces, byggeproces, konstruktion af bygninger samt brugeradfærd. Hvert afsnit indeholder en række anbefalinger til bygherrer, grundejere m.fl. Hovedafsnittene er suppleret med eksempler og henvisninger til hjemmesider eller andre dokumenter, som underbygger budskaberne i hovedafsnittene. Bagerst i kataloget findes en ordliste med forklaring af udvalgte begreber. God læselyst.

FORORD

København vil være CO₂-neutral i 2025. Derfor skal energiforsyningen til nye byområder i København være så miljørigtig som mulig, energiforbruget i fremtidens bygninger skal være så lavt som muligt, og derfor skal der allerede i planlægningsfasen tages højde for brugernes energiadfærd og livsstil.

Energiforsyningen i København er helt i unik. I dag forsynes hele 98 pct. af alle bygninger i kommunen med fjernvarme. I fremtidens byggeri skal vi også udnytte de muligheder, fjernvarmen giver for at minimere miljøbelastningen.

Lavenergibyggeri i København er under udvikling. Som noget nyt skal vi finde ud af, hvordan lavenergibyggeri kan kombineres med fjernvarme på en sådan måde, at vi udleder mindre CO₂. I takt med den teknologiske udvikling vil mulighederne for at minimere CO₂-udledningen naturligvis blive bedre og bedre.

Vi håber, at dette inspirationskatalog kan bidrage med gode ideer til lavenergibyggeri. Vi håber også, at bygherrer vil være med til at sikre den mest optimale energiforsyning og et lavt energiforbrug i byggeriets driftsfase, så også byudviklingen understøtter byens ambitiøse mål om at blive verdens første CO₂-neutrale hovedstad.

Maj 2012,



Frank Jensen, overborgmester



Ayfer Baykal, teknik- og miljøborgmester



INDLEDNING

Bygherrer kan bidrage til at opfylde kommunens klimamålsætning om et CO₂-neutralt København

Den første del af inspirationskataloget er især henvendt til bygherrer, der planlægger at udvikle større sammenhængende byudviklingsområder, og derfor må overveje, hvordan disse områder skal energiforsynes. Den anden del af kataloget drejer sig om, hvordan nybyggeriet opnår et lavt energiforbrug og hvilke valg, der skal træffes ift. byggeprocessen og i byggefasen for at opnå dette.

Med dette inspirationskatalog vil Københavns Kommune og Københavns Energi inspirere bygherrer, developere, rådgivere, arkitekter og entreprenører til, hvordan man vælger den miljømæssige samt bruger- og samfundsøkonomiske mest fordelagtige energiforsyning af byggeri i lavenergiområder. Med kataloget i hånden vil det være nemmere at bidrage til at fremtids sikre både energiforsyning og bæredygtigt byggeri i København.

Vi vil også vise, hvordan fokus på bygningskonstruktion og energiadfærd kan være med til at opnå energibesparelser. Endelig ønsker vi at understrege, at dialog med planlægningsmyndigheden om byggeriet er af afgørende betydning, og at det bør ske tidligt i byggeprocessen.

Den nuværende lovgivning kan i visse tilfælde betyde, at bygherrer vælger energiløsninger, som ikke er hensigtsmæssige i forhold til kommunens målsætning om CO₂-neutralitet.

Vi har valgt at inkludere anbefalinger om energirigtige konstruktioner og viden om brugernes adfærd ift. energiforbrug i nybyggeriet. Desuden anskuer vi hele byggeprocessen som en helhed frem for at betragte energiforsyning, planlægning, byggeri og drift som enkeltstående processer.

Inspirationskataloget giver også eksempler på, hvordan hele byområder rent miljømæssigt og samfundsøkonomisk kan energiforsynes mest optimalt. Kataloget præsenterer endvidere forskellige typer af lavenergi byggeri, hvor der i driftsfasen er gjort værdifulde erfaringer med at imødekomme kravene til lavenergi byggeri.

Arbejdet med kataloget er afsluttet i foråret 2012. Kataloget vil blive opdateret på Københavns Kommunes hjemmeside: www.kk.dk/lavenergi

BAGGRUND

RAMMERNE FOR LAVENERGIBYGGERI

I København er alle nye byudviklingsområder ifølge Kommuneplan 2011 udpeget til lavenergibebyggelse. Det indebærer, at byggerierne skal følge laveste energiklasse.

Når kommunen har udpeget et område til lavenergibebyggelse, betyder det ifølge lovgivningen, at kommunen samtidig er forpligtet til at dispensere for kravet om tilslutningspligt til fjernvarmeforsyningen. For blokvarme centraler kan der gives dispensation, hvis der kan påvises en mere samfundsøkonomisk løsning (eller en løsning med demonstrationsværdi).

I dag dækker fjernvarme ca. 98 pct. af varmebehovet i hovedstaden. Fremtidens lavenergiområder vil som følge af nuværende lovgivning ikke automatisk blive koblet til den eksisterende fjernvarmeforsyning med mindre, der foreligger en privatretlig aftale om tilslutning til fjernvarme.

Beregninger på baggrund af bygningsreglement 2010s lavenergiklasse- svarende til den energiklasse 2015, som bliver standardkravet i 2015 - viser imidlertid, at det i København på nuværende tidspunkt både er samfundsøkonomisk, brugerøkonomisk og CO₂-mæssigt mest fordelagtigt, at nybyggeri tilsluttes den eksisterende fjernvarmeforsyning.

De faktorer der på længere sigt er afgørende for, om fjernvarmeforsyningen fortsat vil være relevant, er:

- Hvor stort er faldet i varmekonsumet? Faldet i både rumvarme- og brugsvandsforbrug kan måske blive så markant, at det på et tidspunkt ikke længere kan betale sig at slutte bygningen til det kollektive fjernvarmenet

- Hvis der sker yderligere stramninger af energikravet i bygningsreglementet
- Afstanden til fjernvarmenettet. Denne har betydning for anlægsinvesteringen til fjernvarmen, og hvis byggeriet ligger for langt væk fra det eksisterende net, så vil andre energiteknologier måske være mere oplagte
- Endelig vil udviklingen i konkurrerende forsynings-teknologier i forhold til fjernvarme være af stor betydning

ENERGIFORBRUG OG BRUGERADFÆRD

For at kunne nedbringe CO₂-udledningen i København samlet set, er det vigtigt, at bygherrer har fokus på det totale energiforbrug, dvs. både elforbrug og varmekonsum.

I dag stilles der i lovgivningen ikke krav til det samlede energiforbrug i en bygning. I energirammen for boliger indgår kun el til bygningsdrift, dvs. ikke til den el, der bruges til belysning, hårde hvidevarer, elektronik og andre apparater. I energirammen for erhvervsbyggeri indgår el til belysning.

Vi har derfor valgt også at give inspiration til, hvilke hensyn bygherrer m.fl. kan tage i planlægnings- og projekteringsfasen for at påvirke brugernes energiadfærd og skabe et energimæssigt robust byggeri.

RAMMEN

KØBENHAVNS KOMMUNES VISIONER OG POLITISKE BESLUTNINGER PÅ KLIMAOMRÅDET

ANBEFALING TIL BYGHERRER:

- Støt aktivt op om Københavns Kommunes klimamålsætning om at blive CO₂-neutral i 2025.
- Som grundejer: Aftal forpligtelse til tilslutning til fjernvarme ved salg af grunde.

KRAV TIL BYGHERRER:

- Københavns Kommuneplan stiller krav om lavenergibyggeri i nye byområder.

KØBENHAVNS VISIONER OG MÅLSÆTNINGER

København har ambitiøse klimamålsætninger. Målet i Københavns Kommunes Klimaplan er at reducere CO₂-emissionerne med 20 pct. i perioden 2005 til 2015. I denne periode forventes det, at energiforsyningen vil bidrage med 75 pct. og energi til bygningsdrift med 10 pct. Herudover forventes også transport og københavnernes adfærd mht. energiforbrug at bidrage til reduktionen med hhv. 10 pct. og 4 pct. Det er målet, at Københavns Kommune er CO₂-neutral i 2025.

For at nå målet om 20 pct. CO₂-reduktion i 2015 vil Københavns Kommune fremme en byplanlægning, der gør det muligt for borgere og erhvervsliv at bruge mindst mulig energi. Desuden er vi i gang med at udarbejde en plan for, hvordan kommunen i kraft af eksterne partnerskaber kan opnå grøn vækst og CO₂-neutralitet i 2025.

Med vedtagelsen af Kommuneplan 2009 besluttede Københavns Borgerrepræsentation, at der skulle etableres et partnerskab mellem kommunen og Københavns Energi om energiforsyning af lavenergiområder. Dette inspirationskatalog til bygherrer er et bud på, hvordan energiforsyning og byggeri udformes mest hensigtsmæssigt i de nye lavenergiområder.

KOMMUNEPLAN 2011

Fjernvarmen i København produceres i dag på store centrale kraftvarmeværker samt på affaldsforbrændingsanlægene. I 2011 var ca. 42 pct. af brændslet til fjernvarmen CO₂-neutralt, og den andel forventes at stige til ca. 85 pct. i 2025 – primært på grund af omlægning af kraftværkerne til biomasse og på længere sigt ved at introducere bl.a. geotermi i energisystemet. Etablering af geotermi, centrale solfangeranlæg og varmelagring skal herudover spille en større rolle i den kollektive forsyning på længere sigt. Herudover vil andelen af lavtemperaturfjernvarme stige i takt med dels mere nybyggeri og dels mere energireovering af eksisterende byggeri.

Den resterende fossile andel kommer fra plastindholdet i affald, som må frasorteres og genanvendes for at opnå målsætningen om en 100 pct. CO₂-neutral varmforsyning.

I kommuneplanen er udpeget en række større byudviklingsområder. Ved lokalplanlægning for disse områder vil der blive stillet krav om opfyldelse af laveste energiklasse.

Det betyder, at nybyggeri skal opfylde kravene til bygningsklasse 2020, som er fastsat i Bygningsreglement 2010.

Frem til 2015 kan det tillades at anvende lavenergiklasse 2015 i stedet for bygningsklasse 2020. Tilladelse til fravigelse kan ske efter en konkret miljømæssig og økonomisk vurdering.

LOVGIVNING, DER REGULERER ENERGIFORSYNING AF NYE BYOMRÅDER:

PLANLOVEN:

Planloven opstiller de grundlæggende regler, offentlige myndigheder - herunder kommuner - skal følge i planlægningen.

Kommuneplanen for Københavns Kommune er således udarbejdet i henhold til planloven. Kommuneplanen fastlægger, at i alle større byudviklingsområder i Københavns Kommune skal nybyggeri opfylde kravene til laveste energiklasse i bygningsreglement 2010.

VARMEFORSYNINGSLOVEN:

Tilslutningsbekendtgørelsen, der er udstedt med udgangspunkt i varmforsyningsloven, betyder, at en kommune kan beslutte, at bygninger beliggende i et fjernvarmeområde skal tilsluttes et fjernvarmenet - der kan meddeles tilslutningspligt. Hele Københavns Kommune er ét fjernvarmeområde, og her gælder tilslutningspligt.

Tilslutningspligten gælder ifølge bekendtgørelsen dog ikke, når det drejer sig om lavenergibyggeri.

Hvis der er tale om blokvarmecentraler beliggende tæt på et fjernvarmenet, skal disse dog forsynes med fjernvarme, hvis den samfundsøkonomiske gevinst er størst herved. Dette gælder også i de tilfælde, hvor blokvarmecentralen forsyner et lavenergibyggeri.

Der er også mulighed for at sikre brug af fjernvarme i lavenergiområder ved at pålægge det som servitut, fx i forbindelse med salg af ejendomme.

BYGNINGSREGLEMENTET:

Bygningsreglement 2010, BR10, indeholder bestemmelser om krav til mængden af energi tilført bygninger. Det nuværende reglement opererer med en standardbyggekategori, lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020.

Lavenergiklasse 2015 bliver standardenergiklasse i 2015 og fra 2020 skal alle byggerier opfylde kravene i bygningsklasse 2020.

Kravene til bygningers energiforbrug er skærpet med 25 pct. i forhold til 2006 niveauet. Kravet til nybyggeri vil yderligere blive skærpet med 25 pct. i 2015 og med 25 pct. i 2020 - i alt en reduktion på 75 pct.

ENERGIRAMME I KWH/M² PR. ÅR FOR FORSKELLIGE TYPER BYGNINGER

Energiforbrug kWh/m ² /år*	BR08	BR10	2015	2020
Enfamiliehus	70	52,5	30	20
Etageboliger	70	52,5	30	20
Skole	95	71,3	41	25
Kontorbygning	95	71,3	41	25
Institution	95	71,3	41	25

Tabel 1. Energiforbrug i forskellige typer af byggerier for Bygningsreglementet år 2008, 2010, 2015 og 2020

* Mindre arealtillægsberegning i Bygningsreglementet er ikke medtaget. Kilde: Høringsmateriale om lavenergiklasse 2020, juni 2011

ENERGIMÅLSÆTNINGER I KOMMUNENS PLANLÆGNING

BÆREDYGTIGHEDSVÆRKTØJ:

Med Kommuneplan 2009 besluttede Borgerrepræsentationen, at alle større byudviklingsområder skal udvikles og vurderes ud fra Københavns Kommunes bæredygtighedsværktøj. Værktøjet indeholder 14 bæredygtighedshensyn, og ét af disse hensyn er energi.

Læs mere på www.kk.dk/bdv

UDPEGNING AF LAVENERGIOMRÅDER:

I Kommuneplan 2011 er de byudviklingsområder udpeget, hvor der skal stilles krav i lokalplaner om opfyldelse af laveste energiramme, udpeget.

ENERGIFORSYNING



Foto Ursula Bach

ENERGIFORSYNING I STØRRE BYUDVIKLINGSOMRÅDER

ANBEFALING TIL BYGHERRER:

- Opstil ambitiøse målsætninger for det samlede energiforbrug (el og varme), der rækker ud over bygningsreglementskrav.
- Gå tidligt i dialog med Københavns Kommune og Københavns Energi om at finde de bedste energiløsninger, der samtidig er optimale for det samlede Københavnske energisystem.
- Vælg energiforsyning på baggrund af en samfundsøkonomisk, brugerøkonomisk og miljømæssig analyse for at sikre det optimale valg.
- Vælg solceller (der producerer el) frem for solfangere (der producerer varme) ved behov for lokal forsyning af vedvarende energi (VE) på bygninger.

DET KOLLEKTIVE ENERGISYSTEM

Fjernvarme giver en meget effektiv energiudnyttelse, hvor overskudsvarme fra de store kraftvarmeværker og affaldsforbrændingsanlæg udnyttes til opvarmning. På de store kraftvarmeværker, der leverer varme til København, produceres der energi på bl.a. biomasse, gas og kul. København arbejder fortsat for, at varmeproduktionen i endnu højere grad skal baseres på biomasse og for, at den biomasse, der anvendes er bæredygtigt produceret. I dag består den biomasse, der anvendes på de Københavnske kraftvarmeværker, udelukkende af affaldstræ fra træindustrien, og det kommer fra plantager, der genetableres. Biomasse anses for at være CO₂-neutral, fordi den optager samme mængde CO₂ i sin levetid, som den afgiver ved forbrænding. På den måde er det muligt at opnå en stor CO₂-reduktion ved brændselsskifte på kraftvarmeværkerne.

Når man udbygger nye byudviklingsområder, er det relevant at overveje, om området skal tilsluttes det kollektive forsyningsnet. Et lokalt kraftvarmeanlæg - typisk varmepumper, eller større lokale produktionsanlæg f.eks. et pillefy - vil sjældent kunne konkurrere med energieffektiviteten i de store københavnske kraftvarmeværker.

Nye byudviklingsområder skal derfor ikke betragtes som "isolerede øer" i forhold til resten af byens energiforsyning.

Økonomi- og miljøvurderinger indgår som krav i projektsøgningen til varmemyndigheden, når etablering af en ny

varmeforsyning skal godkendes. Tilslutning til fjernvarme, udføres som oftest af Københavns Energi.

FJERNVARME ELLER VARMEPUMPER TIL LAVENERGIKLASSE 2015?

Bygningsreglementet giver mulighed for at anvende forskellige individuelle løsninger som fx varmepumper eller vedvarende energi for at leve op til energirammeens krav. I et område med fjernvarmeforsyning er der med det nuværende bygningsreglement ofte miljømæssige og økonomiske fordele ved at bruge kollektiv fjernvarme frem for individuelle løsninger. Det viser bl.a. analyser af fjernvarmeprojekterne på Carlsberg og Marmormolen, hvor CO₂-udledningen vil være mindre ved fjernvarme end med en varmepumpe-løsning. Desuden vil samfunds- og brugerøkonomien også være bedre ved fjernvarme. Det skyldes hovedsageligt, at anlægsinvesteringen ved en varmepumpe-løsning er relativt stor i forhold til tilslutning til fjernvarme. Desuden er CO₂-emissionen fra en eldrevet varmepumpe større end CO₂-emissionerne fra fjernvarme, fordi kul som et billigt brændsel vil indgå i elproduktionen i mange år.

Københavns Kommune har set eksempler på, at der sammen med fjernvarme også er blevet installeret fx en varmepumpe - formodentligt for at få energirammeberegningen til at passe eller for at opnå den forsyningsikkerhed, som fjernvarme giver. Det er imidlertid en dårlig udnyttelse af ressourcerne, da det dels medfører en dobbelt investering og dels en større CO₂-udledning.

FJERNVARME ELLER VARMEPUMPER TIL NYBYGGERI?

De senere år har der været debat om varmforsyningsløsninger til nybyggeri, der jo har et væsentligt lavere varmebehov end den eksisterende bygningsmasse. Der argumenteres til tider for, at moderne lavenergihuse er så velisolerede, at fjernvarme ikke kan betale sig - hverken ud fra et bruger-, forsyningselskabs- eller samfundsøkonomisk perspektiv. På den anden side argumenteres der bl.a. også for, at fjernvarme baseret på kraftvarme som oftest er både den økonomiske og miljømæssige bedste løsning også til lavenergibyggeri.

Københavns Energi har foretaget en sammenligning af varmforsyning af lavenergibyggeri (klasse 2015) i Københavns Kommune med hhv. fjernvarme og varmepumper. Der er taget udgangspunkt i Energistyrelsens forudsætninger, nyeste viden om varmepumper, samt Varmeplan Hovedstadens beregninger af fremtidens varmforsyning i København. Beregningerne er foretaget ud fra henholdsvis et samfundsøkonomisk, brugerøkonomisk og et selskabsøkonomisk perspektiv. Udover økonomi ses også på løsningernes CO₂ udledning.

I analysen vurderes forsyning af dels et parcelhus og dels en mindre boligkarré. For boligkarréen vurderes jordvarmepumper i forhold til fjernvarme, mens for parcelhuset både på jordvarmepumper og luft-til-vand varmepumper i forhold til fjernvarme. Både brugerøkonomisk og samfundsøkonomisk er fjernvarmforsyning den billigste forsyningsform. For parcelhuset er luft-til-vand varmepumpen dog kun marginalt dyrere end fjernvarme i den samfundsøkonomiske beregning.

Beregningen viser også, at CO₂-emissionen er væsentligt lavere med fjernvarme end med varmepumper både i 2011 og i 2020.

BYGNINGSKLASSE 2020

Den nye bygningsklasse 2020 er nu defineret i Bygningsreglementet. Det indebærer en yderligere reduktion af det maksimale energibehov i energirammen samt en række andre ændringer. I forhold til valg af energiforsyningen præciseres det i bygningsklasse 2020, at fælles anlæg for vedvarende energi, der opstilles i forbindelse med etableringen af bebyggelsen, kan indregnes i bygningens energiramme. Det gælder dog ikke for solvarmeanlæg i fjernvarmeområder.

For at sikre så lavt varmetab som muligt, er der desuden sat en grænse for bygningers varmetab. Det skal sikre en robust basisbygning, så der ikke bygges "telte med solceller". Det sikrer desuden en fleksibilitet i forhold til evt. ændringer i den fremtidige energiforsyning, idet bygningens energiforbrug er så lavt som muligt.

Det er Erhvervsstyrelsens (tidligere Erhvervs- og Byggestyrelsen) vurdering, at den nye bygningsklasse 2020 ikke med nuværende teknologier og løsninger er privatøkonomisk rentabel. Erhvervsstyrelsen forventer dog, at rentabiliteten forbedres i takt med udviklingen af metoder og teknik, så klasse 2020 vil være privatøkonomisk rentabel i 2020. Erhvervsstyrelsen forventer desuden, at der inden 2020 udvikles komponenter og tekniske løsninger, der gør det muligt at overholde energirammen uden brug af VE-anlæg. (Kilde: Erhvervs- og Byggestyrelsens baggrundsnotat til 2020 klassen, http://www.ebst.dk/file/160959/baggrundsnotat_for_2020.pdf)

KØLING

Større glasfacader, tætte bygninger og øget intern varmeafgivelse har givet et øget behov for køling i lavenergibyggeri. For at minimere behovet for køling er det vigtigt at designe bygningen fornuftigt og undgå dybe bygninger med mange indvendige rum. Desuden bør man udnytte naturlig ventilation med mulighed for natkøling. Københavns Energi har udført en samfundsøkonomisk analyse samt en CO₂-mæssig vurdering af fjernkøling. Analysen peger på, at

både samfundsøkonomisk og CO₂-mæssigt er fjernkøling en bedre løsning end alternativet med små 100% eldrevne køleanlæg.

Se også "Arkitektur og energi: Mod en 2020-lavenergi-strategi" fra Statens Byggeforskningsinstitut.

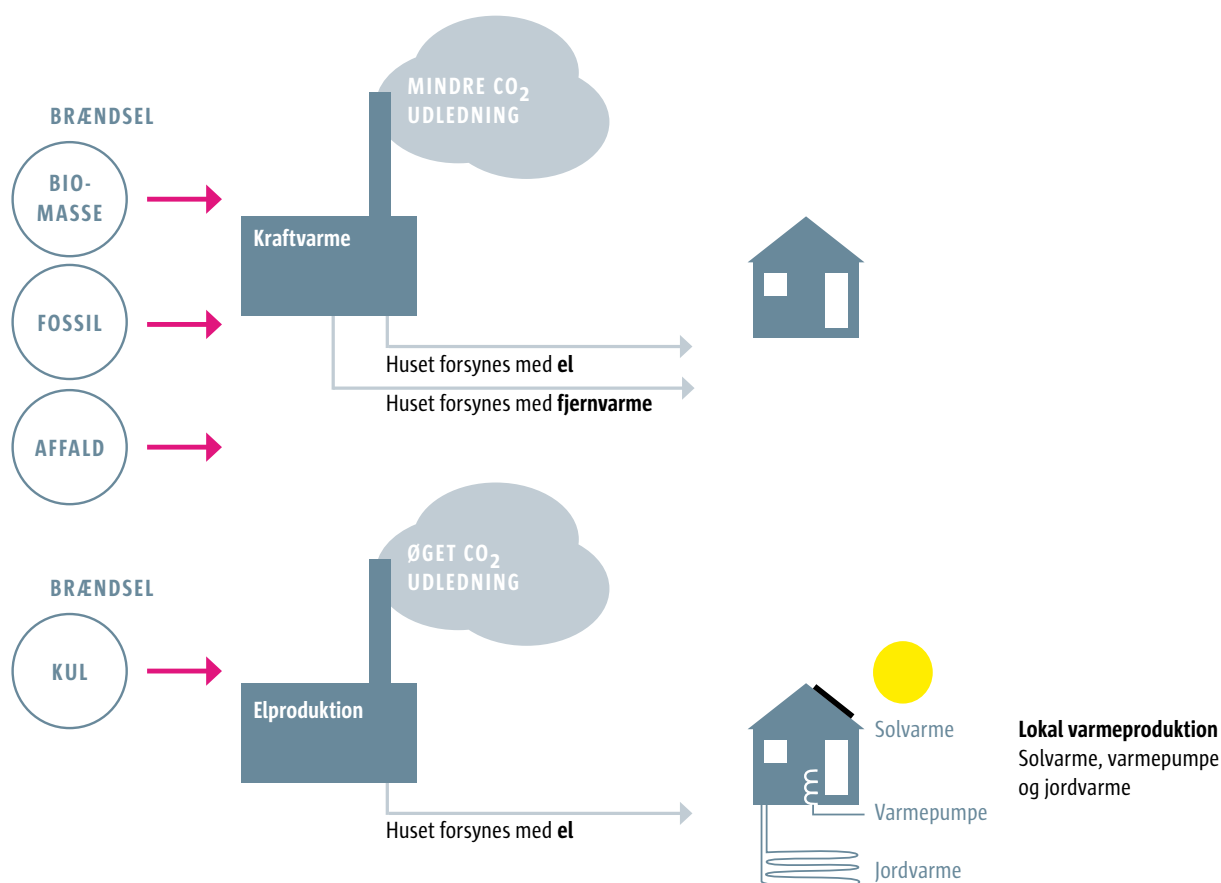
http://vbn.aau.dk/files/55095988/AE2020_FIG.pdf

ENERGIPRODUKTION OG CO₂- UDLEDNING

Hvis man ønsker solenergi til en bygning, skal det overvejes, om solceller, der producerer el eller et solfangeranlæg, der producerer varme, er den bedste løsning. Om sommeren, hvor der kun er behov for varmt brugsvand, dækkes fjernvarmebehovet fuldt ud af produktion fra affaldsforbrænding. I nogle sommermåneder er der tillige overskud af affalds-

varme, og varme fra solfangere har derfor ikke værdi for fjernvarmenettet om sommeren. Solfangeren producerer jo på det tidspunkt af året, hvor varmeforbruget er mindst, og hvor der er overskud af affaldsvarme. Da der ikke er behov for kraftvarme om sommeren, vil elproduktion foregå uden samproduktion med varme, og det indebærer ofte en kulbaseret elproduktion, som naturligvis ikke er hensigtsmæssig pga. CO₂-udledning.

Derimod giver solceller til elproduktion god mening, da elproduktion på kraftvarmeværkerne om sommeren ofte baseres på kul som det billigste brændsel og desuden ikke foregår så effektivt, fordi overskudsvarmen ikke udnyttes. Dermed er el fra solceller også med til at erstatte elproduktion med en høj CO₂-udledning.



Om der anvendes kul eller biomasse til fremstilling af energiforsyningen til bygninger afhænger af, om der samtidig med produktionen af el også produceres varme. Hvis der kun produceres el, betyder tilskud og afgifter, at kul er det billigste brændsel, hvilket betyder, at der udledes mere CO₂. Ved både el og varmeproduktion er biomasse det billigste brændsel.

Hvis en bygning både forsynes med fjernvarme og andre varmeproducerende energikilder, kan der ske en suboptimering, der kan føre til en øget CO₂ udledning og større anlægsinvestering. Derfor anbefales, at der kun sker en tilslutning til fjernvarmen. Vi ser flere eksempler på, at en bygning tilsluttes fjernvarmen samtidig med, at der etableres lokal varmeproduktion for at leve op til energirammeberegningerne.



Den nye bydel på Carlsberg forsynes med fjernvarme, da det pt. er den økonomisk- og miljømæssigt mest effektive måde at forsyne et nyt byområde med varme/ Foto Københavns Kommune

EKSEMPLER PÅ ENERGIFORSYNING AF NYE BYOMRÅDER I KØBENHAVN

ANBEFALING TIL BYGHERRER:

- Etablér kollektive løsninger i et fjernvarmeområde som København frem for at etablere lokal varmeproduktion.
- Benyt også kollektiv fjernvarme frem for en kombinationsløsning. (som fx opblanding af fjernvarmereturvand i kombination med en boost-løsning)

Københavns Kommune og Københavns Energi har gennemført analyser af mulighederne for at energiforsyne nye byområder i byen. I det følgende kan du læse mere om de fire eksempler: Carlsberg, Grønttorvet & Torveporten, Nordhavn og Amager Fælled Bykvarter.

NØGLETAL

OMRÅDETS STØRRELSE: CA. 330.000 m²

UDBYGNINGSPERIODE: 2010-2026

CA. 600.000 m² BYGGERI, HERAF

CA. 22.000 m² BUTIKKER

CA. 3.000 BOLIGER, HERAF

300 BILLIG BOLIGER

CA. 10.000 ARBEJDSPLADSER

FORVENTET BEBYGGELSESPROCENT:

185 (MAX. 290)

LOKALPLAN 432 VEDTAGET

KØBENHAVNS ENERGI HAR ANALYSERET
VARMEFORSYNINGEN PÅ OMRÅDET, OG COWI HAR
BIDRAGET MED GRUNDDATA

EKSEMPEL 1: CARLSBERG

FRA BRYGGERI TIL NYT BYKVARTER

I mange år var Carlsberg-området et stort industriområde. Men i 2008 flyttede bryggeriet størstedelen af sin industriproduktion til Fredericia. Et par år tidligere udskrev Carlsberg en konkurrence med det formål at få ideer til områdets fremtidige udvikling.

Ifølge lokalplanen er det hensigten, at Carlsberg-området skal være et nyt bykvarter i København med en blanding af bolig, erhverv, handel, kultur og fritid. Bydelen udvikles i tråd med de omkringliggende byområder i Valby, Frederiksberg og Vesterbro. Det oprindelige industrimiljø - herunder fredede bygninger - bevares og videreudbygges med moderne arkitektur, blandt andet enkelte, nyopførte højhuse.

ENERGIMÅLSÆTNING FOR BYUDVIKLINGEN

Nybyggeriet på området skal opføres efter den til enhver tid laveste energiklasse. Carlsberg har som bygherre ønsket at udnytte det eksisterende, kollektive forsyningssystem - fjernvarmen - fordi det pt. er den økonomisk og miljø-mæssigt mest effektive varmforsyningsmetode. På den baggrund har Carlsberg betinget sig fjernvarme på området

i forbindelse med opførelsen af de kommende bygninger. At et stort byområde bliver koblet til det eksisterende system, kommer hele byen til gavn sammenlignet med en eventuel lokal forsyningsløsning.

FJERNVARME CONTRA JORDVARMEPUMPE

Københavns Energi leverer kollektiv fjernvarme i København. Varmeproduktionen sker på affaldsforbrændingsanlæg og kraftvarmeverker (figur 3). I 2008 gennemførte Københavns Energi en teknologiscreening af forskellige varmforsyningsløsninger for Carlsberg-området. Som alternativer til kollektiv fjernvarme blev de tre bedste forsyningsløsninger udpeget, og det mest realistiske for Carlsberg blev valgt til nærmere analyse og sammenligning med kollektiv fjernvarme. Forudsætningen var, at varmeproduktionen i det alternative scenarie skulle kunne foregå som lokal forsyning i den enkelte bygning.

Det valgte alternative scenarie (figur 4) var en eldrevet jordvarmepumpe, der via jordspyd skulle forsyne bygningerne med varme, som hentes fra jorden og videreopvarmes af varmepumpen. Etablering af en el-patron på matriklen



Den nye bydel på Carlsberg/ Visualisering af entasis

(svarende til en el-baseret vandvarmer) blev foreslået som spids- og reserveproduktion af hensyn til forsyningsikkerheden om vinteren.

Den sammenlignende analyse – foretaget af KE - af de to forsyningsløsninger med hensyn til samfundsøkonomi, brugerøkonomi og miljø viser, at der er en samfunds- og brugerøkonomisk fordel ved fjernvarmeforsyning. Stordriftsfordelene ved kollektiv fjernvarme samt områdets nærhed til det Københavnske fjernvarmenet bidrager til de store samfundsøkonomiske fordele. Desuden er investeringsomkostningerne beskedne i forhold til den alternative løsning med bl.a. varmepumper.

Miljøvurderingen viser, at der også er en CO₂-mæssig fordel ved fjernvarme. Det skyldes, at en stor del af fjernvarmen produceres sammen med el (kraftvarme) på CO₂-neutral biomasse. Og el fra kraftvarmeproduktionen fortrænger anden og mere CO₂-belastende el-produktion – ofte kulbaseret produktion uden samtidig varmeproduktion.

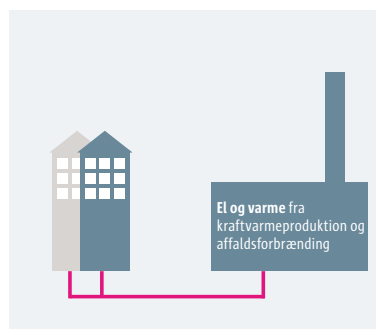
<http://www.kk.dk/eDoc/Teknik%20og%20Milj%C3%B8udvalget/22-04-2009%2015.00.00/Referat/27-04-2009%2015.40.53/4503567.PDF>

PLANLAGTE BYGGEKONSTRUKTIONER

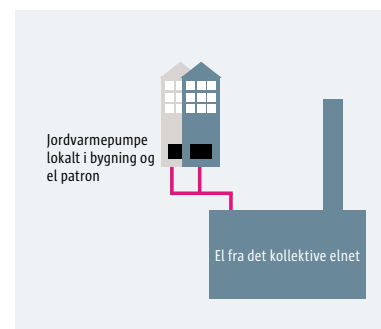
Rambøll har udarbejdet en lignende analyse for Carlsbergområdet, der også understøtter valget af kollektiv fjernvarme som den bedste forsyningsløsning både økonomisk og miljømæssigt.

For at opfylde kravene til laveste energiklasse har Rambøll anbefalet Carlsberg yderligere isolering af bygningernes klimaskærm samt at etablere en effektiv varmegenvinding på ventilationen i erhvervsbyggeriet, som ellers kan give anledning til et stort varmetab pga. et større behov for udluftning i erhvervsbygninger.

Individuel varmeforsyning vs. fjernvarme



Figur 3. Kollektiv fjernvarme



Figur 4. Alternativt scenarie, eldrevet

NØGLETAL

OMRÅDETS STØRRELSE: CA. 320.000 m²

UDBYGNINGSPERIODE: 2013-2033

CA. 400.000 m² BYGGERI, HERAF

CA. 50% m² BUTIKKER

CA. 50% m² BOLIGER

LOKALPLAN VEDTAGET I SLUTNINGEN AF

2011

KE HAR ANALYSERET VARMEFORSYNINGEN PÅ OMRÅDET PÅ BAGGRUND AF DATA FRA CARLSBERG ANALYSEN. COWI HAR BIDRAGET MED BAGGRUNDSDATA

EKSEMPEL 2: DET GAMLE GRØNTTORV OG TORVEPORTEN I VALBY

FRA GRØNTTORV TIL TÆT BYKVARTER

Den eksisterende grund er blevet for trang til Grønttorvet, der forventes at blive flyttet. Det gamle erhvervsområde vil herefter blive omdannet til et tæt bykvarter med blandet bolig og erhverv. Dele af den gamle torvehal skal bevares sammen med en central plads. Mod nord udvikles området med blandede boliger samt erhverv i både karréer og punkthuse i op til 80 meters højde. Mod syd skal der opføres boliger i 2-4 etager samt rækkehuse. Planlægningen er sket med udgangspunkt i, at området skal indgå naturligt i forhold til de omgivende bydele.

SAMMENLIGNING AF FJERNVARME OG DECENTRAL FORSYNING

Som alternativer til den kollektive fjernvarmeforsyning (figur 5) er der blevet undersøgt en række lokale muligheder for varmeforsyning.

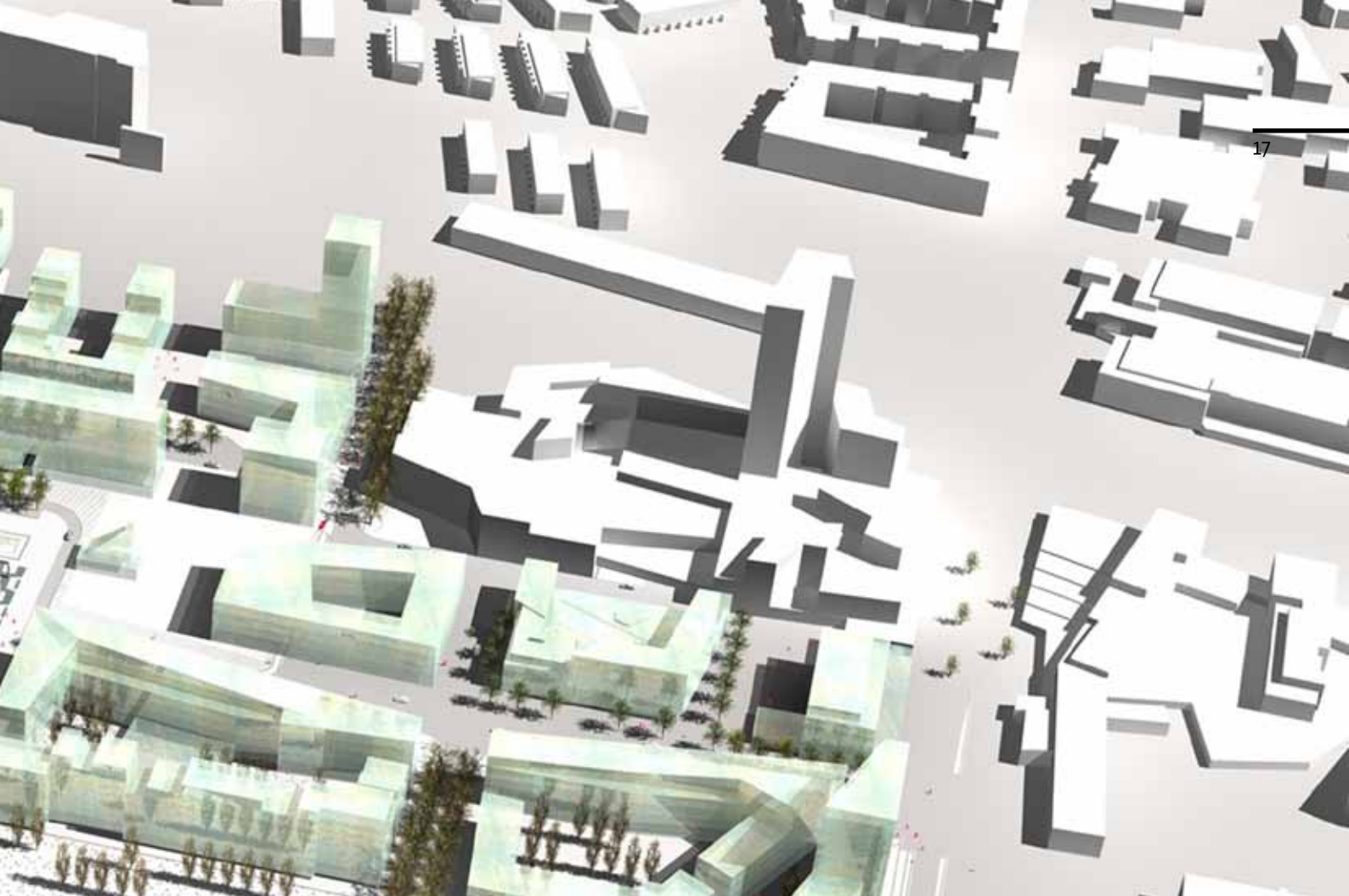
I første omgang blev kollektiv fjernvarme med en fremløbs-temperatur på 70 grader og en returløbstemperatur på 40

grader (grundscenarie, figur 5) sammenlignet med to former for lokal forsyning:

- Scenarie 1: Lokal biomassekedel (figur 6).
- Scenarie 2: Lokal varmepumpe (figur 7).

Det forudsættes, at både biomassekedlen og varmepumpen vil kunne forsyne bygningerne med både rumvarme og varmt brugsvand. Begge forsyningsscenarier vil imidlertid på kolde vinterdage kræve supplement i form af en gaskedel placeret lokalt i bygningen.

I anden omgang blev muligheden for genanvendelse af returvand fra kollektiv fjernvarme undersøgt i tre såkaldte kombinationsscenarier. For alle tre scenarier forudsættes det, at returvandet fra det kollektive fjernvarmenet kan benyttes til rumopvarmning af bygningerne. På kolde vinterdage, hvor der er brug for ekstra tilførsel af varme, vil returvand fra det kollektive fjernvarmesystem blandes op med 70 grader varmt fjernvarmevand (fremløbstemperatur).



Visualisering af den nye bydel på Grønttorvet er udarbejdet af arkitektfirmaet /Bolles + Wilson

Der suppleres med lokal produktion af varmt brugsvand til bygningerne. Med udgangspunkt i ovenstående grundprincip, blev der undersøgt tre kombinationsscenarier:

- Kombinationsscenarie 1:
Elpatron til varmt brugsvand (figur 8)
- Kombinationsscenarie 2:
Eldrebet luft-vand varmepumpe til varmt brugsvand (figur 8)

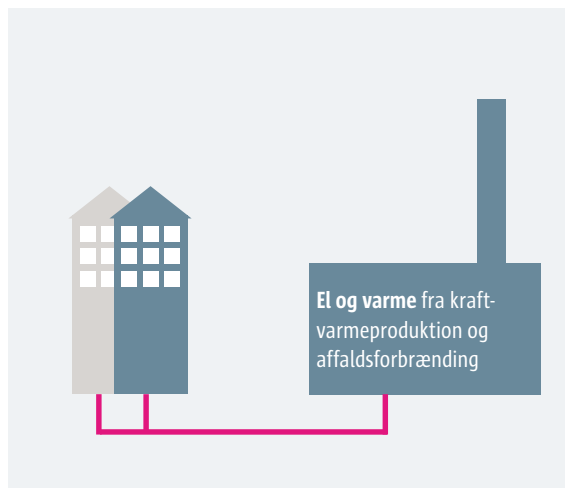
- Kombinationsscenarie 3:
Gasdrevet varmepumpe (bygas) til produktion af varmt brugsvand (figur 8).

Scenarier	Varmeproduktion, grundlast	Varmeproduktion, spidslast	Produktion af varmt brugsvand
Grundscenarie	Kollektiv fjernvarme	Kollektiv fjernvarme	Kollektiv fjernvarme
Scenarie 1	Decentral biomassekedel	Gaskedel	Decentral biomassekedel/ gaskedel
Scenarie 2	Decentral jordvarmepumpe	Gaskedel	Decentral jordvarmepumpe/ gaskedel
Kombinationsscenarie 1	Returvand til rumvarme	Opblanding med 70 grader varmt fjernvarmevand	Elpatron
Kombinationsscenarie 2	Returvand til rumvarme	Opblanding med 70 grader varmt fjernvarmevand	Eldrebet luft-vand varmepumpe
Kombinationsscenarie 3	Returvand til rumvarme	Opblanding med 70 grader varmt fjernvarmevand	Gasdrevet varmepumpe (bygas)

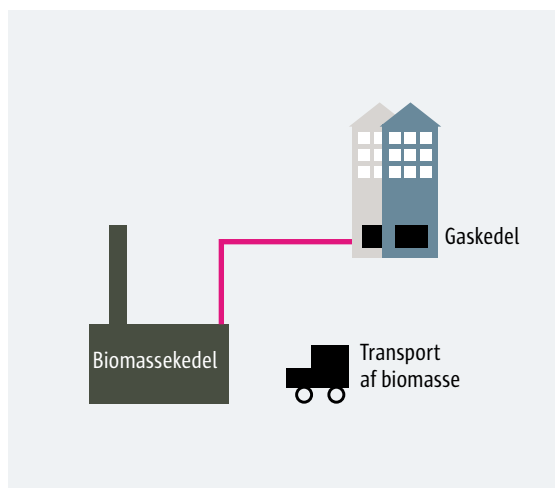
Tabel 2. Sammenligning af kollektiv fjernvarme med decentrale løsninger

Der forudsættes bygasnet i området. Der er ikke regnet på varmetab fra opvarmning af det varme brugsvand i eksemplet.

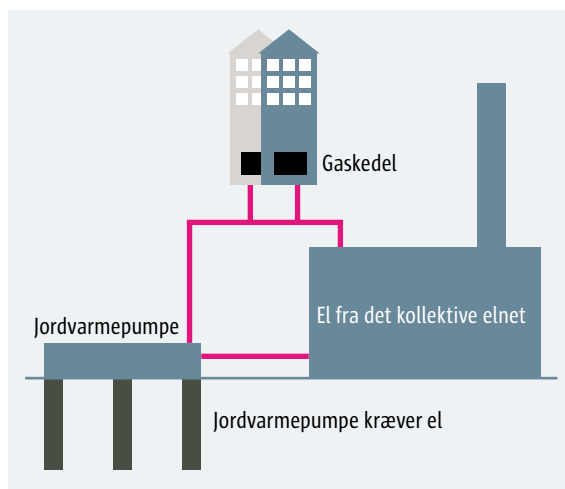
ILLUSTRATIONER OG SKITSER AF FORSYNINGSLØSNINGER



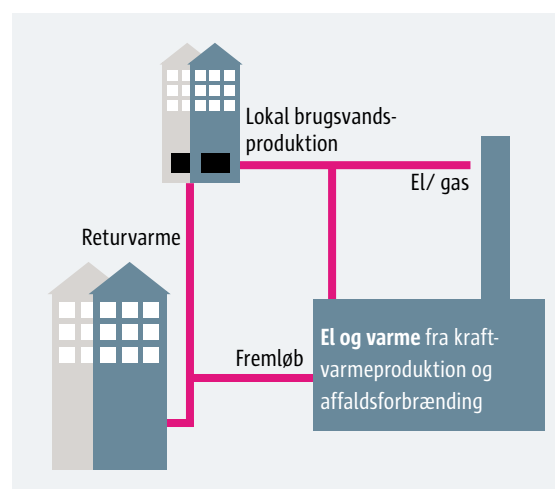
Figur 5. Grundscenarie, kollektiv fjernvarme, lavtemperatur



Figur 6. Scenarie 1, lokalt fjernvarmenet forsynet af decentral biomassekedel



Figur 7. Scenarie 2, lokalt fjernvarmenet forsynet af decentral varmepumpe

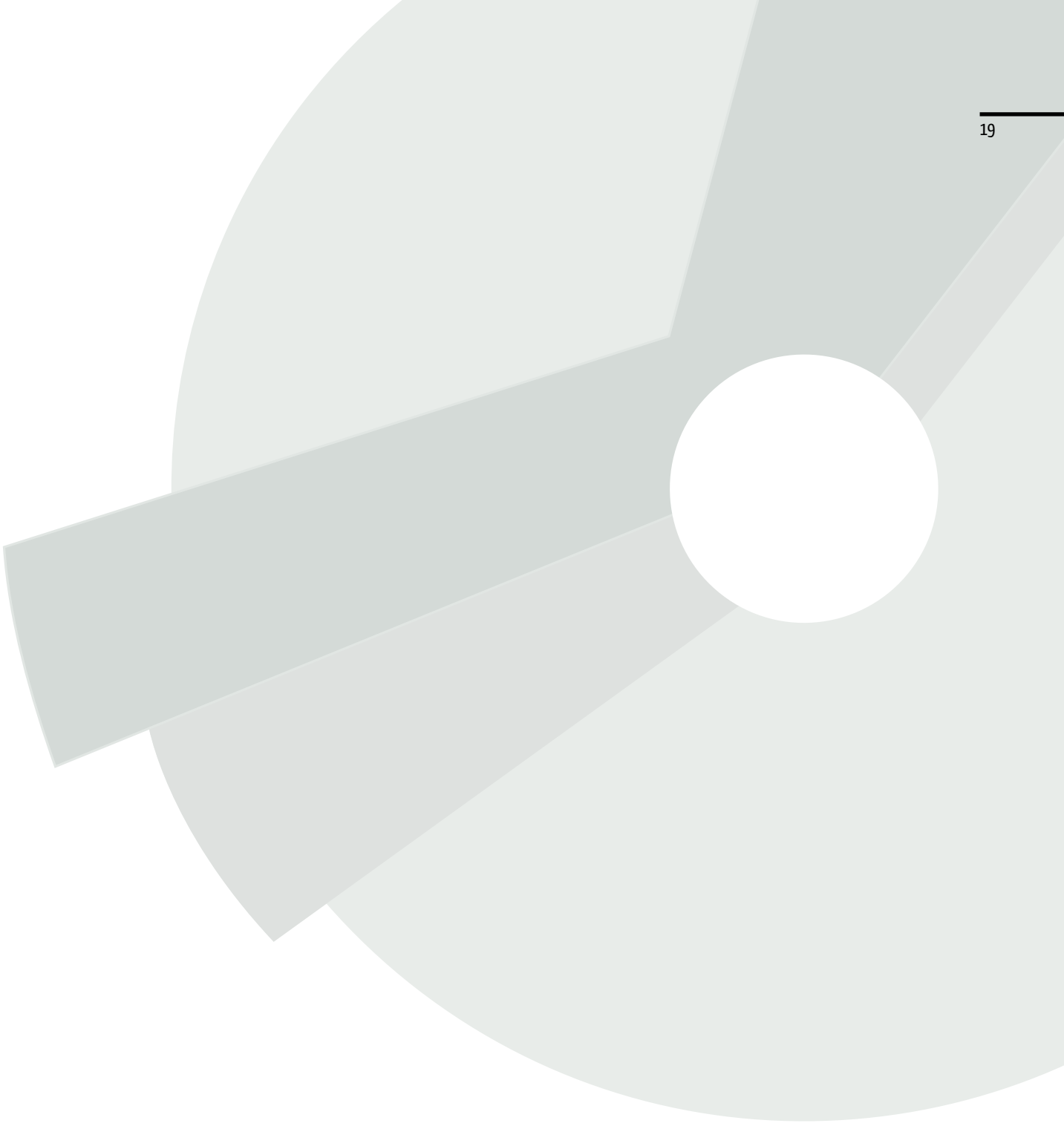


Figur 8. Kombinationsscenario, tre kombinationsscenarioer med kollektiv fjernvarme til rumopvarmning. Lokal produktion af varmt brugsvand med enten elpatron, eldrevet luft-vand varmepumpe og gasdrevet varmepumpe*.

* Af hensyn til overskueligheden er kombinationsscenario 3 kun vist med gasdrevet varmepumpe.

De sammenlignende beregninger foretaget af Københavns Energi viser, at der både er en samfunds-, bruger- og projektøkonomisk fordel ved at benytte kollektiv fjernvarmeforsyning. CO₂-mæssigt er der også en fordel ved denne forsyningsform.

CO₂-regnskabet for både kollektiv fjernvarme og de tre kombinationsscenarioer er bedre end de to scenarier med biomassekedel og varmepumpe. Det skyldes, at en stigende andel af fjernvarmen produceres sammen med el (kraftvarme) på CO₂-neutral biomasse. El fra kraftvarmeproduktionen fortrænger anden og mere CO₂-belastende el-produktion – ofte kulbaseret produktion uden samtidig varmeproduktion.



NØGLETAL

OMRÅDETS STØRRELSE: CA. 170.000 m²

CA. 300.000 m² BYGGERI, HERAF

CA. 100.000 m² BUTIKKER

CA. 200.000 m² BOLIGER MED PLADS TIL

4.300 BEBOERE

CA. 4.300 ARBEJDSPLADSER

EKSEMPEL 3: AMAGER FÆLLED BYKVARTER

FRA REKREATIVT OMRÅDE TIL BÆREDYGTIG BYDEL

Københavns Kommune har gennemført et udredningsarbejde om Amager Fælled Bykvarter ud fra visionen om en bæredygtig bydel – socialt, økonomisk og miljømæssigt. Arbejdet har resulteret i en række analyser, der kan anvendes i forbindelse med den endelige udformning af rammerne for bydelen. Der er således ikke truffet nogen politisk beslutning om, hvordan bydelen skal udvikles, ligesom der ikke foreligger nogen tidsplan. Det område, der skal indgå i Amager fælles Bykvarter, udgør i dag et rekreativt område.

ENERGIMÅLSÆTNING FOR BYUDVIKLINGEN

Visionen for det nye bykvarter bygger på en ambitiøs målsætning om en CO₂-neutral bydel, hvor al aktivitet i bydelen omfattes, herunder energiforbrug, transport, affaldsproduktion m.m. – kort sagt alle driftsaktiviteter, der bidrager til CO₂-udledningen. Den væsentligste årsag til udledning af CO₂ vil være energiforbrug og transport.

SELVFORSYNING ELLER KOLLEKTIV ENERGI-FORSYNING?

Udgangspunktet for analyserne af energiforsyningen har været to scenarier, hvor der er tale om en bydel, der henholdsvis:

- 1) skal klare sin egen energiforsyning
- 2) hvor energiforsyningen tænkes sammen med energisystemet i resten af byen.

Konklusionen er, at det ikke er muligt at etablere Amager Fælled Bykvarter som en bydel, der står for sin egen energiforsyning.

For at skabe en bæredygtig og CO₂-neutral bydel anbefales det helt overordnet at følge Trias Energetica-modellen. Denne model består af tre elementer: Først reduceres energibehovet mest muligt, derefter udnyttes solenergi til el lokalt, og kun hvis det er nødvendigt benyttes fossile brændsler – i så fald naturligvis så effektivt som muligt. <http://www.kk.dk/sitecore/content/Subsites/Klima/Subsite-Frontpage/KoebenhavnsKommunesIndsatser/BaeredygtigByudvikling/AmagerFaelledBykvarter/~media/9EB7526A91BE401CAA0066D0DEBFCE1.ashx>

For at opnå CO₂-neutralitet kræver det, at der kompenseres for CO₂-udledning ved at fortrænge en tilsvarende mængde CO₂, fx ved opsætning af vindmøller uden for bydelen eller tilførsel af anden vedvarende energi. For at opfylde målsætningen om en CO₂-neutral bydel er følgende tiltag nødvendige inden for byggeri og energiforsyning:

- **Byggeri:** I byggedesignet skal principper for integreret energidesign (EID) være et krav. Nybyggeri er herudover omfattet af Kommuneplanens generelle bestemmelser om byggeri i laveste energiklasse, hvilket for Amager Fælled Bykvarter forventeligt vil være Bygningsklasse 2020.
- **Varmeforsyning:** Analyser viser, at den nye bydel bør kobles op på det kollektive fjernvarmenet med lavtemperaturfjernvarme. Fjernvarmeforsyningen kan eventuelt på sigt kombineres med varmepumper eller solvarmeanlæg, men det afhænger af den generelle udvikling i energisystemet i hovedstadsområdet. Etablering af store varmepumper i bydelens fjernvarmenet afhænger således af udviklingen af et intelligent energisystem, så varmepumpen kan styres i forhold til økonomisk og miljømæssig optimering af kraftvarmeproduktionen samt udnyttelse af overskudsenergi fra vindmøller i fjernvarmenettet. Desuden kræver det en ændring af afgifter på el til store varmepumper, så de bliver rentable. Anvendelse af solvarme afhænger af, om der produceres mindre på affaldsforbrændingsanlæggene som følge af politiske målsætninger om øget genanvendelse. Hvis det sker, vil solvarme ikke fortrænge affaldsvarme, der vil blive produceret under alle omstændigheder. For at visionen om CO₂-neutralitet kan gennemføres, kræver det, at fjernvarmesystemet i Købehavn fuldt ud er baseret på vedvarende energi, fx biobrændsel. Samtidig er det en forudsætning, at det fossile indhold i affald (dvs. plastic) kan udsorteres

- **Elproduktion:** Bydelen er ikke stor nok til, at det vil være hensigtsmæssigt at etablere større el-produktionsanlæg i området med henblik på selvforsyning. Det anbefales, at der etableres solceller på 50.000 m² egnet tagareal. Hvis der herudover skal etableres egen vedvarende el-produktion, bør dette ske uden for bydelen, fx på havet i form af vindmøller.

Sideløbende med ovenstående tiltag vil det være nødvendigt at anvende de mest energieffektive elektriske apparater, lyskilder, belysningsarmaturer, maskiner mv., idet energiforbruget hertil forventes at ville udgøre mere end halvdelen af det samlede energiforbrug i bydelen.

Det anbefales primært at orientere boliger mod syd for at udnytte gratis varme fra den direkte sol og således reducere varmebehovet i boligen. Tilsvarende anbefales kontor- og erhvervslokaler orienteret mod nord, så det ikke er nødvendigt at opsætte solafskærmning for at forhindre overophedning og kontrablænding fra direkte sollys.

Udnyttelsen af dagslys er den væsentligste parameter i optimeringen af den energibevidste bydel. Det anbefales derfor at planlægge med gadebredder på minimum 10 m, og at bygnings facadefarve har reflektanter på over 50 pct. Det anbefales yderligere at arbejde med store rumhøjder i specielt de underste etager, hvor dagslysendfaldet på facaderne er lavest pga. de omgivende bygninger.

Læs mere om de løsninger, der er undersøgt i forbindelse med byudviklingen af Amager Fælled Bykvarter her. – link til underliggende side med mere uddybning: <http://www.kk.dk/sitecore/content/Subsites/Klima/SubsiteFrontpage/KoebenhavnsKommunesIndsatser/BaeredygtigByudvikling/AmagerFaelledBykvarter/Debatmoeder.aspx>

NØGLETAL

OMRÅDETS STØRRELSE: CA. 60 HA
DET OVERORDNEDE PROJEKT RUMMER
VISIONERNE FOR PÅ SIGT AT UDVIKLE EN
BY TIL:

CA. 40.000 INDBYGGERE OG
CA. 40.000 ARBEJDSPLADSER.

ÅRHUSGADEKVARTERET GIVER MULIGHED
FOR BLANDET BOLIG OG ERHVERV MED
CA. 6.000-7.000 ARBEJDSPLADSER OG
2.500-3.000 BEBOERE.
I ALT 350.000 ETAGEMETER.



EKSEMPEL 4: NORDHAVN

Århusgadekvarteret, som er det første, planlagte delområde af Nordhavn, bliver Københavns nye bæredygtige bydel. Borgerrepræsentationen har vedtaget lokalplanen i 2011. I foråret 2012 forventes det, at byggemodning og grundsalg kan gå i gang.

ENERGIMÅLSÆTNING FOR BYUDVIKLINGEN

Det er et mål, at Nordhavn skal være en CO₂-neutral bydel, hvilket energiforsyningen skal medvirke til. Det er desuden et mål, at Nordhavn skal være spydspids for nye energiløsninger.

FJERNVARME OG ANDRE FORSYNINGSKILDER

Københavns Energi har analyseret fjernvarmen i forhold til en havvandsbaseret varmepumpe, der leverer varme til lokalt forsyningsnet. Alternativet til fjernvarme er valgt ud fra muligheden for at udnytte Nordhavns placering ved vandet. Den samfundsøkonomiske analyse viser, at fjernvarmen med fordel kan anvendes i den første udbygningsfase i Århusgade, idet den løsning både giver lavere investeringer, driftsomkostninger og CO₂-udledning. Derudover under-

søges muligheden for at etablere en række større demo-projekter, der kan udnytte de muligheder, der er i Nordhavn (plads, nærhed til vand, lavtemperaturfjernvarme) og samtidig bidrage til den økonomiske og miljømæssige optimering af hele byens el- og varmeforsyning.

Nordhavn er i Kommuneplan 2011 udlagt som lavenergiområde med laveste energiklasse. By & Havn vil i forbindelse med salg af arealer sikre tilslutningspligt til fjernvarme i Århusgade-kvarteret, og der etableres et system til lavtemperaturfjernvarme, som forsynes af forskellige energikilder.

Mulighederne for et stort geotermianlæg er også ved at blive undersøgt og resultaterne forventes færdige i 2013. Derudover er muligheden for et stort centralt solfangeranlæg blevet undersøgt. Analysen viser, at der på nuværende tidspunkt ikke er en positiv samfundsøkonomi i det, men det kan blive mere økonomisk interessant på lidt længere sigt. Da det ikke er afklaret, hvilken rolle fjernvarmen kommer til at spille, holdes muligheden for andre forsyningskilder åben, så der også på længere sigt kan anvendes de mest ressourceeffektive og miljømæssigt set bedste løsninger.



Nordhavn skal være spydspids for grøn vækst og nye innovative energiløsninger/ Visualisering af arkitektfirmaet COBE

Hvad angår el-forsyningen er Københavns Kommune og By & Havn interesseret i at opføre 3-4 store vindmøller. Møllerne vil sikre, at Nordhavn bliver CO₂-neutral i den første fase af udbygningen, og herudover vil vindmøllerne kunne gavne hele København. I 2011 er der imidlertid endnu ikke lovhjemmel til at opføre vindmøllerne. Ud over vindmøller forventes det, at solceller vil komme til at spille en rolle i el-forsyningen af Nordhavn. Muligheden for at etablere et stort solcelleanlæg har været undersøgt i regi af det energipartnerskab, der er indgået mellem Københavns Kommune, By & Havn, Københavns Energi, Klima-, Energi- og Bygningsministeriet samt Dong Energy. På nuværende tidspunkt er et stort solcelleanlæg ikke rentabelt. Energipartnerskabet undersøger desuden muligheden for at etablere et stort varmelager i Nordhavn, som vil kunne bidrage til den økonomiske og miljømæssige optimering af el- og varmeproduktionen. Endelig undersøges muligheden for etablering af en fjernkølecentral baseret på havvand til 'gratis' køling på visse tidspunkter af året. Den endelige anlægsbeslutning afhænger dog af, at finansieringen falder på plads.

CO₂-NEUTRALITET PÅ MELLEMLANG OG LANG SIGT

Langt størstedelen af CO₂-udledningen vil stamme fra elforbrug, fjernvarme og transport. Omfanget af disse aktiviteter vil naturligt forøges efterhånden, som Nordhavn udbygges. Samtidig forventes graden af CO₂-udledning dog at falde med tiden som følge af den teknologiske udvikling og klimapolitiske tiltag. Det betyder fx, at der i fremtiden vil blive udledt mindre CO₂ pr. kørt kilometer, og at CO₂-udledningen pr. forbrugt kWh el og fjernvarme vil falde.

Hvis der, som ønsket af kommunen og By & Havn, bygges vindmøller, vil disse erstatte så store mængder fossilbaseret elproduktion, at Nordhavn vil være CO₂-neutral efter afslutningen af fase 1 omkring år 2025. På langt sigt vil Nordhavn sandsynligvis blive forsynet af en række forskellige energikilder og teknologier. Nyt byggeri vil i fremtiden måske ligefrem være energiproducerende, og udfordringen vil i så fald være at indpasse byggeriet i den eksisterende energiforsyning.

HVORDAN INDARBEJDES ENERGI I PLANLÆGNINGSPROCESSEN?

ANBEFALINGER TIL BYGHERRER:

- Tag kontakt til myndighederne- Center for Bydesign - tidligt i planprocessen.
- Reserver plads til nødvendige VE-anlæg.
- Orienter bygninger i forhold til sol- og lysindfald.
- Opstil krav om niveau for udnyttelse af passiv solenergi.
- Vurder konsekvenserne af de valg, der foretages tidligt i planprocessen, da de har afgørende betydning for både økonomi og energibehov i driftsfasen.

LOKALPLANLÆGNING

Tidligt i planlægningen af et nyt byområde er det vigtigt at gøre sig overvejelser over, hvordan der skal tages højde for, at energiløsninger bliver indarbejdet i planlægningen.

Københavns Kommunes proces for lokalplanlægning består af 5 faser:

1. Vejledning
2. Vurdering og kvalificering (ca. 6 måneder)
3. Myndighedsbehandling (2-4 måneder)
4. Politisk behandling og offentlig debat (3-4 måneder)
5. Endelig politisk vedtagelse (2-3 måneder)

I fase 1 yder Københavns Kommune vejledning til bygherrer, der henvender sig med et ønske om at udvikle et område. Vejledningen skal sikre, at udviklingen af et område lever op til relevant lovgivning og til kommunens politik.

Vejledningen munder ud i en aftale mellem bygherren og kommunen om hvilke forhold, der skal være opfyldt for, at projektet kan overgå til fase 2, hvor der arbejdes videre med grundlaget for en lokalplan. I denne fase arbejdes der med arkitektur, sammenhæng med naboer og bæredygtighed samt forskellige sektormyndighedsforhold, som trafik etc. Endelig er borgerdialog et centralt element.

I fase 3 udarbejdes forslag til lokalplan på baggrund af høring af relevante myndigheder og lokaludvalg. I denne fase skal der desuden ske en yderligere kvalificering af de projekter, der tænkes realiseret i forbindelse med udviklingen af området.

LAVENERGI I DE TIDLIGE PLANLÆGNINGSFASER

Kommunen anbefaler, at der i disse tre første faser arbejdes med, hvordan krav om lavenergibyggeri kan opfyldes.

I overvejelserne bør det indgå:

1. Hvilke energiforsyningsmuligheder, der er i området.
2. Om der er adgang til eksisterende energiforsyningsløsninger, fx fjernvarme med både fremløb og returløb.
3. Om der er mulighed for at anvende solceller og passiv solenergi.
4. Om der er arealmæssige vilkår, der muliggør opførelsen af decentrale energianlæg (fx vindmøller, havvand, grundvand, spildevand m.v.), der kan anvendes til at drive pumper til varme/køling.
5. Hvordan den optimale placering af bygningerne bør være af hensyn til solindfald m.m.
6. Om byggeprojektet har demonstrationsværdi.

For at opnå den mest optimale energieffektivitet i driften af byggeriet er det meget vigtigt at gøre disse overvejelser tidligt i planlægningsfasen.

LAVENERGI BYGGERI

BYGGEPROCESSEN

ANBEFALINGER TIL BYGHERRER:

- Involver alle aktører fra start til slut i byggeprocessen
- Inddrag bygningsmyndighederne – Center for Byggeri - tidligt i forløbet
- Skab ejerskab til alle mål hos samtlige aktører, der bliver involveret før, under og efter byggeriets opførelse, (investor, bygherre, rådgiver, håndværker, entreprenør, driftspersonale, bruger og myndigheder).
- Skab mulighed for opfølgning på energiforbruget i driftfasen

TRADITIONEL BYGGEPROCES

Der er flere måder at organisere og udbyde en byggeopgave på. Det er bygherren, der vælger form og principper for gennemførelse af sit projekt, og valget foretages som oftest på baggrund af egen erfaring og opgavens art, evt. i samråd med en bygherrerådgiver. Procesforløbet følger som regel de samme faser uanset organiseringsformen.

Byggeprocessen kan opdeles i faserne før, under og efter opførelsen af byggeriet. Opdelingen skal sikre, at alle de nødvendige beslutninger er truffet, inden byggeriet går i gang. En byggeproces er dog dynamisk, og derfor er opdelingen mellem de forskellige faser ofte ikke stringent. Det mest almindelige procesforløb består af følgende faser: Idé, program, udbud, udførelse og drift.

Tildelingskriterierne for byggeopgaven fremgår af udbudsmaterialet. Normalt er økonomi det vigtigste tildelingskriterium. Der kan også indgå andre parametre i kriterierne, som fx organisation, proces, kvalitet, arkitektur, energi og bæredygtighed - dog oftest med prisen som det afgørende element.

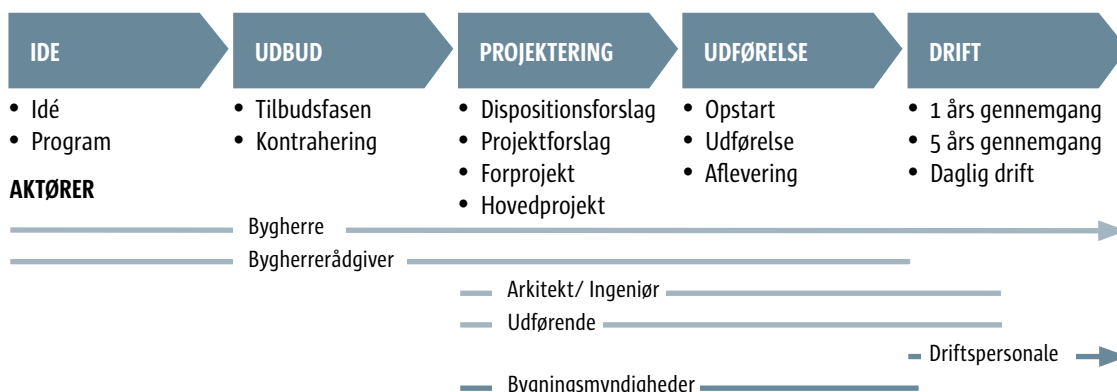
DEN IDEELLE BYGGEPROCES

Da energikravene er komplekse, og da forkerte forudsætninger kan få betydelige negative konsekvenser for energi- og indeklimaforhold, kræver det en god byggeproces at sikre et optimalt byggeri.

Ved at sikre rammerne for en konstruktiv dialog mellem og på tværs af alle byggeprocessens aktører og faser, vil der fra den tidlige designproces blive skabt mulighed for at inddrage alle de kompetencer, der findes i den samlede gruppe af aktører. Samtidig kan en sådan proces være med til at sikre, at bygningen kommer til at leve op til både krav og ønsker fra bygherre, slutbrugere og driftsorganisation samt til nationale og lokale visioner og målsætninger

For at sikre at et byggeri anlægges og kan drives som et lavenergibyggeri, er det vigtigt at have målet om lavenergi for øje hele vejen gennem byggeprocessen. Derfor beskriver vi her en model for en ideel byggeproces, der er baseret på erfaringer fra gennemførte og vellykkede lavenergibyggerier.

TRADITIONEL BYGGEPROCES



Processen indeholder elementer fra kendte organiserings- og udbudsformer, som fx partnering, Offentligt Privat Partnerskab, totalentreprise, teamentreprise mv. Samtidig lægger modellen til grund, at en afgørende forudsætning for en vellykket byggeproces - udover naturligvis et højt fagligt niveau - er indstillingen og engagementet hos alle de involverede parter og aktører hele vejen gennem processen.

Modellen skitserer en organisering af byggeprocessen, der kan bidrage til at sikre, at mål og visioner for byggeriet nås. Desuden skal modellen sikre, at kvaliteten af byggeriet er høj, at rådgivere og udførende kan tjene penge, at bygherren får større værdi for sin investering og, at slutbrugerne oplever et velfungerende og sundt byggeri.

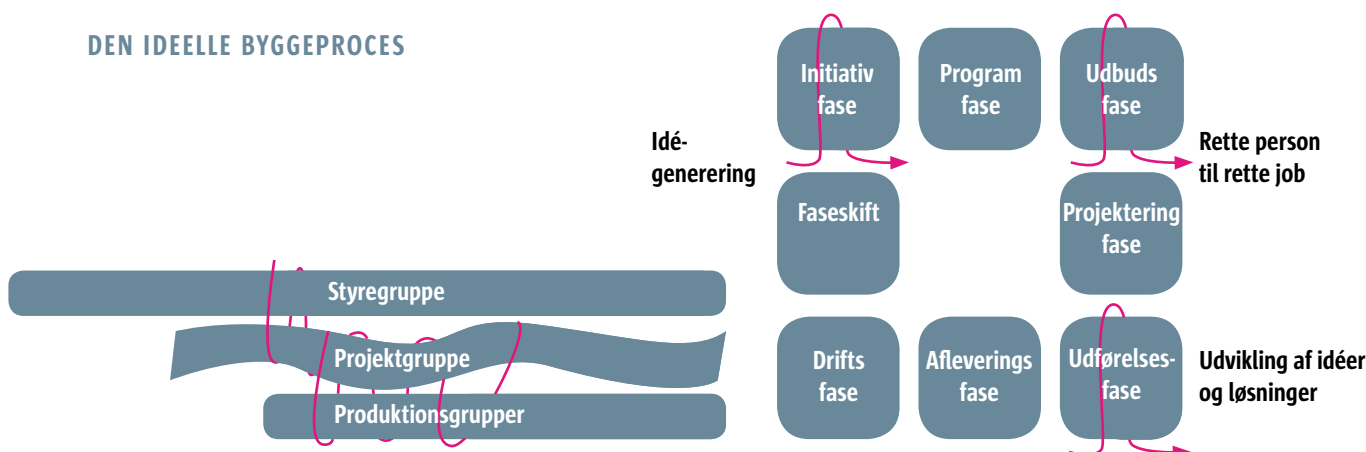
ORGANISERING

Der skal som udgangspunkt etableres en styregruppe bestående af tegningsberettigede repræsentanter for bygherre, rådgivere og entreprenører.

Så tidligt som muligt etableres en projektgruppe, hvor det skal sikres, at "rette person" bliver sat til det "rette job", uanset virksomhedsmæssig tilknytning i øvrigt. Efterfølgende etableres mindre grupper med specifikke faglige ansvarsområder - ligeledes styret af de grundlæggende principper.

Idéer og løsninger skal gennem hele byggeperioden kunne udvikles i et dynamisk og konstruktivt samarbejde, hvor alle byggeprocessens aktører bliver inddraget efter behov og relevans.

DEN IDEELLE BYGGEPROCES



BYGGEPROCESSEN

Modellen skal ses som inspiration til en anderledes måde at anskue byggeprocessen på, hvor vanetænkning og gængse rammer udfordres.

Organisering af processen og udformning og indhold i faserne vil selvfølgelig variere. Den vil derfor skulle tilpasses i forhold til det aktuelle byggeris art, kompleksitet og de rammer lovgivningen afstikker. Modellens grundlæggende principper vil imidlertid i stort omfang kunne fastholdes i de fleste byggeprocesser.

Erfaringer har vist, at videreudvikling af idéer født i fx workshops inden programskrivning kan være meget givtigt. Når implementering af idéerne sker i et dynamisk og innovativt miljø og løbende gennem alle faser i byggeprocessen, kan det skabe nye økonomisk og teknisk optimale løsninger på specifikke udfordringer. En sådan proces vil desuden videreudvikle kompetencer og viden hos alle parter i projektet.

At inddrage den kommunale bygningsmyndighed tidligt i byggeprocessen giver den bedste mulighed for en smidig og hurtig sagsbehandling. Samtidig vil det optimere værdien af den lokale forvaltnings viden og kompetencer i forhold til kommunale planer og vejledninger (fx klimaplaner, miljøplaner mv.). Herved bliver der større sikkerhed for, at bygherrens intentioner og mål for byggeriet kan fastholdes og gennemføres.

VÆRDISKABELSE

At følge modellen for den ideelle byggeproces og holde fokus på de grundlæggende principper kan optimere både processen og slutresultatet betragteligt. Modellen medvirker ikke blot til at fastholde visionerne for lavenergibyggeriet - det færdige produkt bliver også både bedre og billigere. Og endelig sikrer den løbende involvering, at kompetencerne hos alle parter i processen udbygges og styrkes.

GRUNDIDÉER OG BEGREBER

Modellen bygger på følgende grundlæggende principper:

- Byggeprocessen handler om mennesker.
- Det er afgørende for et vellykket byggeri, at den "rette person" er sat til at udføre det "rette job".
- De faglige kvalifikationer er "værktøjer", der sammen med evnen til god og konstruktiv kommunikation, skal sikre, at målet med byggeriet nås.
- De værdier, der findes i den samlede gruppe af aktører i byggeprocessen, fra idé til drift og brug, skal inddrages i projektet så tidligt som muligt.

FASER

Byggeriet faseopdeles. Rækkefølgen af faserne vil være afhængig af bygherrens organisation og projektets karakter. Samtidig skal de enkelte faser ikke nødvendigvis fastlægges fra start af projektet, men kan udvides eller indskrænkes efter behov.

De enkelte entreprenører skal kunne stoppe efter hver fase, fx som følge af utilstrækkelige ressourcer, kompetencer mv. Desuden skal udbedring af fejl som udgangspunkt bæres af entreprenøren selv, bl.a. for at skabe størst mulig ansvarlighed for de produkter han skal levere.

FASESKIFT

Faseskiftene er ikke blot det punkt i processen, hvor flere aktører kommer til og således øger mængden af værdier. Det er også her, hvor konteksten forandres, og rammerne for processen ændres som følge af de nye aktører omkring mødebordet.

UDBUD

Bygherre skal beskrive, hvad han vil have, og hvad han vil betale. Konkurrenceparametrene skal være bygherrens udmelding om dækningsbidrag/administrationsbidrag, og det udslagsgivende for tildeling af opgaven skal være den bydendes evne til at løse den. Balancen mellem størrelsen af dækningsbidrag og prisen for "rette person til rette job" skal findes - det kræver et rimeligt dækningsbidrag at få de bedst kvalificerede personer tilknyttet projektet. Der skal desuden indhentes referencer på den enkelte nøglepersons faglige kompetencer og evne til at samarbejde - hvorimod referencer i forhold til virksomhedens tidligere projekter mv. i denne sammenhæng er af mindre betydning.

FACILITATOR

Der er mange parametre, der spiller ind, når forskellige mennesker skal ende med at have en fælles forståelse for et projekt. Det anbefales derfor at knytte en facilitator til byggeprocessen.

Facilitatoren vil have sit fokus på processen og på de personer, som er en del af den. Facilitatoren skal sikre, at der er fremdrift i processen, og ydermere skal han have blik for uudforskede muligheder, nye veje og initiativer i det daglige arbejde.

Facilitatoren kan benytte sig af forskellige værktøjer i arbejdet og finder sin egen måde at gøre tingene på. En ting er sikkert: Der er penge sparet ved ansættelse af en ekstern person, som opfanger konflikter og finder nye løsninger i samarbejdet.

IDÉGENERERING

Idégenerering er et innovativt forløb bestående af workshops, hvor idéer til overordnet design, indretning, tekniske løsninger mv. skabes og indgår i programlægningen. Ved offentlige byggerier tilrettelægges formlen inden for lovens rammer for dialog mellem offentlige myndigheder og private virksomheder før, under og efter udbud af offentlige kontrakter.

”RETTE PERSON TIL RETTE JOB”

Via udbud og tildelingskriterier skal det sikres, at centrale opgaver i hhv. projektgruppen og gruppen af udførende besættes af personer med de nødvendige faglige kompetencer. Det er samtidig helt afgørende, at disse personer kan indgå i en konstruktiv og positiv dialog med de øvrige aktører i byggeriet gennem hele byggeprocessen. Kan de rette ressourcepersoner ikke findes i kredsen af partnere, må de findes eksternt.

UDVIKLING AF IDÉER OG LØSNINGER

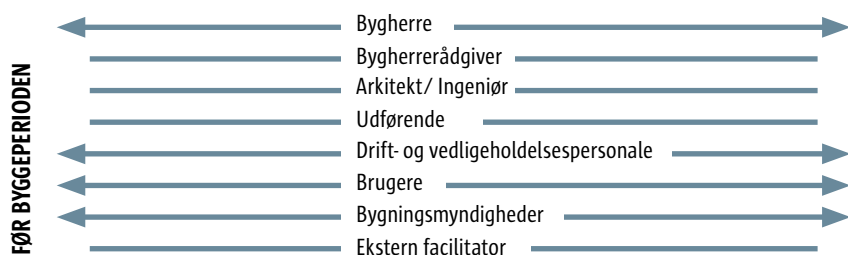
Idéer og løsninger skal udvikles i et innovativt miljø og i en løbende proces på tværs af byggeprocessens faser, hvor relevante kompetencer inddrages efter behov. Der skal således ikke blot hentes løsninger ”ned fra hylderne”.

AKTØRER

Alle aktører skal som hovedregel være repræsenteret fra start til slut. Som vist i nedenstående illustration, er en række af aktørerne defineret, inden de første skridt i byggeprocessen tages. Disse aktører vil ligeledes være aktive efter byggeriet er afleveret og sat i drift.

Aktørerne i byggeprocessen vil typisk være:

- Bygherre (samt evt. investorer, bygherrerådgivere mv.)
- Rådgivere (ingeniører, arkitekter, facilitator)
- Udførende (entreprenører, håndværkere, leverandører mv.)
- Brugere (beboerne, ansatte mv.)
- Driftspersonale
- Bygningsmyndigheder.



Alle aktører skal som hovedregel være repræsenteret fra start til slut

GØR DET LET AT FØLGE ENERGIFORBRUGET I NYBYGGERIET

I dag stilles der ikke krav til bygherre om at følge op på energiforbruget i driftfasen.

Et højere energiforbrug i driftfasen kan dels skyldes, at brugernes adfærd kan give et højere energiforbrug, end beregnet, men tekniske fejl og mangler kan også være årsagen.

Hvis der i byggefasen planlægges at opstille energimålere i byggeriet, vil det efterfølgende være lettere at følge forbruget og lettere at finde årsagerne til et evt øget forbrug, og dermed også blive lettere at foretage efterfølgende indreguleringer og justeringer.

PLAN C

De principper og forslag, der er skitseret i dette kapital, er baseret på de igangværende Plan C, under Gate 21. Gate 21 er et partnerskab mellem en række kommuner, private virksomheder og forskningsinstitutioner, hvor der i et innovativt samarbejde udvikles ambitiøse løsninger på kommunernes klima- og energiudfordringer.



Fritidshjemmet Universet i Meinungsgade har flere energirigtige tiltag: Stor udnyttelse af dagslys, energieffektiv belysning og 42m² solceller/ Foto af Anders Viid

KONSTRUKTION: VALG AF TEKNISKE LØSNINGER

ANBEFALINGER TIL BYGHERRER:

Målsætning:

- Opstil ambitiøse mål for reduktion af energiforbruget i byggeriet - både el, og varme og energi til bygningsdrift.

Energidesign:

- Design bygningen på grundlag af en simulering og beregning af termisk indeklima.

Byggeprocessen:

- Udnyt kompetencer, viden og erfaring hos alle aktører i byggeprocessen.
- Find idéer og løsninger i et innovativt miljø, hvor alle byggeprocessens aktører inddrages.
- Skab rammer for en konstruktiv dialog mellem og på tværs af alle byggeprocessens aktører og faser.

Orientering af bygningen:

- Fastlæg bygningsorientering tidligt i designfasen.

Bygningsdesign:

- Skab mulighed for at lys og luft kan gennemtrænge bygningen.
- Opdel bygningen i funktionsbestemte afsnit og rum for at undgå overophedning.

Indeklima:

- Etablér effektiv solafskærmning og behovsstyring af ventilation.

Klimaskærm:

- Stil store kvalitetskrav til de bygningskomponenter, der indgår i facadeløsningerne.
- Benyt komponenter, der kan udskiftes og renoveres, når slidtage, klima og fremtidens krav gør det nødvendigt.

Tætningssystem:

- Fokuser på projekteringen og de designmæssige forudsætninger for at udføre en tæt bygning.
- Fokuser på den håndværksmæssige kvalitet af de udførte konstruktioner.
- Foretag tæthedstest undervejs under opførelsen.

Vinduer og glaspartier:

- Minimer risikoen for overophedning vha. solafskærmning.
- Udnyt den passive solenergi til at dække en del af bygningens varmebehov.

Tekniske installationer:

- Afstem passive og aktive energiløsninger for at minimere behovet for tekniske løsninger.
- Benyt energibesparende teknologier.

Energiforsyning:

- Udnyt de miljømæssige fordele ved at benytte fjernvarme.

Vedvarende energi:

- Lav en helhedsvurdering af de miljømæssige belastninger ved vedvarende energiteknologier i forhold til fjernvarme
- Følg nøje med i udviklingen af vedvarende energiteknologier

Med bygningsreglementets nye krav til lavenergibyggeri kræver det en ekstra indsats og god planlægning at reducere energiforbruget i bygninger. Jo tættere bygningen er, des mindre energi skal der bruges til opvarmning. For at opnå et lavt energiforbrug, skal der derfor fokuseres på konstruktion og design af bygningen allerede i projekteringsfasen.

BYGNINGSKONSTRUKTIONER OG DESIGN

ENERGIFORBRUG

Målsætningen med bygningsreglementets energikrav krav er primært at minimere energiforbruget. Bygninger skal derfor opføres, så unødvendigt energiforbrug til opvarmning, varmt vand, køling, ventilation og belysning undgås. Samtidig er det et af bygningsreglementets grundlæggende krav, at der skal skabes et sundt indeklima. Kravene er udformet, så der er stor frihed til at designe arkitektonisk spændende, attraktive og komfortable bygninger.

I Københavns Kommune er der fastlagt en række retningslinjer, der skal bidrage til at reducere miljøbelastningen fra bl.a. energiforbruget i bygninger. Retningslinjerne er beskrevet i pjecen "Miljø i byggeri og anlæg 2010."

ENERGI-BEREGNINGSPROGRAM

Til dokumentation af, at bygningsreglementets energibestemmelser overholdes, har Statens Byggeforskningsinstitut udviklet SBI-anvisning 213 med et beregningsprogram (Be10). Anvisningen henvender sig til rådgivende ingeniører, arkitekter, entreprenører, andre projekterende og udførende inden for byggeri samt til offentlige myndigheder.

Ved beregning af energibehovet indgår forhold som bygningens klimaskærm, bygningens placering og orientering - herunder dagslys og udeklima, varmeanlæg og varmtvandsforsyning, bygningens varmeakkumulerende egenskaber, solindfald og solafskærmning, naturlig ventilation, eventuelt ventilationsanlæg og køling, og det planlagte indeklima. I beregningen kan der indgå anvendelse af solvarme, solceller, varmepumper, kondenserende kedler, fjernvarme, anvendelse af varmegenvinding samt køling med ventilation om natten. Det er således ikke muligt at eftervise nye bygningers energieffektivitet alene ved at opfylde U-værdikrav eller benytte en varmetabsberegning.

Det er vigtigt at understrege, at beregningsmetoden i SBI 213 ikke kan bruges som et projekteringsværktøj.

ENERGIDESIGN

Bygningens energidesign bør udføres på grundlag af eksempelvis en BSim simulering eller en anden tilsvarende simulering. BSim er et integreret edb-værktøj til analyse af bygninger og installationer. BSim rummer en samling avancerede værktøjer til simulering og beregning af bl.a. termisk

indeklima, energiforbrug, dagslysforhold, fugtsimulering, naturlig ventilation og elektrisk ydelse fra bygningsintegreerede solceller. Værktøjet retter sig primært mod rådgivende ingeniører, arkitekter og andre projekterende, der beskæftiger sig med energidesign af bygninger samt til offentlige myndigheder.

Det er i dag et krav i bygningsreglement, at det termiske indeklima skal dokumenteres på grundlag af en beregning for boliger, institutioner, kontorer mm. i lavenergi klasse 2015 og bygningsklasse 2020.

ORIENTERING AF BYGNINGEN



Da helt op til 50 % af opvarmningsbehovet til lavenergi bygninger kan komme fra passiv solvarme gennem sydvendte vinduer, er det af afgørende betydning, hvordan den er orienteret i forhold til solen, nabobygninger og træer. Orienteringen af den enkelte bygning bør derfor fastlægges tidligt i designfasen.

Nye huse, og især lavenerghuse, kan blive meget varme om sommeren. Derfor er det vigtigt vurdere behovet for en konstruktiv solafskærmning fx i form af et skyggende udhæng eller en udvendig solafskærmning, der kan give afkølede skygge i sommerhalvåret. Samtidig er den rigtige balance af vinduesarealerne mod syd, øst, vest og nord, væsentlig for et godt dagslys i alle rum.

I tæt bymæssig bebyggelse med høje bygninger og lille afstand mellem bygningerne kan der være stor forskel på dagslysniveauet på øverste og nederste etage. De øverste etager har naturligvis et højt dagslysniveau, mens de nederste etager har mindre dagslys. I områder med lavere bebyggelse vil der ikke være væsentlig forskel på dagslysniveauet på de forskellige etager.

BYGNINGSDESIGN

Bygningens design er af afgørende betydning for energiforbruget. Ved lavenergi byggeri er det væsentligt at vælge bygningsform og konstruktioner med høj energimæssig ydeevne. Den mest ideelle bygningsform rent energimæssigt er en rund bygning eller en bygning formet som en iglo. En sådan udformning er imidlertid næppe så funktionel for de fleste brugere. For at sikre det optimale bygningsdesign til projekter med meget høje energiambitioner skal der allerede i den tidlige designfase tilknyttes energi- og miljøspecialister, som kan indgå i et konstruktivt samarbejde med arkitekter og ingeniører i forbindelse med formgivning af bygningen.

Det er vigtigt at designe bygninger og rum, så lys og luft kan gennemtrænge bygningen. Det kan gøres ved at designe slanke bygningsformer, hvor dagslyset kan udnyttes optimalt, og hvor naturlig ventilation begrænser kølebehovet – begge dele bidrager til at minimere det samlede energiforbruget væsentligt.

Der vil normalt være tilstrækkeligt dagslys til placering af arbejdspladser i en afstand fra vinduet svarende til 2 gange vinduets højde målt fra gulvet. For at maksimere etageareal med tilstrækkeligt dagslys, bør lofthøjden derfor være stor, vinduerne flugte med loftet og rumdybden begrænses. Herudover vil skrå lysninger i tykke, velisolerede klimaskærme maksimere indfaldet af dagslys.

Hvis der er behov for større bygningsdybde, kan bygningen med fordel udformes med atrium og ovenlys. På denne måde opnås fordelene ved en slank bygningskrop med gode dagslysforhold og mulighed for naturlig ventilation samtidig med en større udnyttelsesgrad af grunden. Det kan dog være vanskeligt at udnytte etagearealet lige så effektivt som i en slank gennemlyst bygning, fordi dagslysniveauet er mindre i den del af bygningen, der er orienteret mod atriet.

INDEKLIMA

Indeklimaet påvirkes af luftkvalitet, temperatur, dagslys m.m., og et godt indeklima i bygningernes arbejds- og opholdsrum har en positiv indvirkning på brugernes generelle velbefindende og er derfor et vigtigt element i en velfungerende lavenergi bygning.

I lavenergi-byggeriet opnås energireduktionen typisk via en meget tæt klimaskærm, et tykt isoleringslag og udnyttelse af den passive solvarme. Tætte og velisolerede bygninger reducerer indeklimaproblemer som fx kondens og fugt som følge af kuldenedfald og kolde overflader. Men samtidig skal eventuelle problemer som eksempelvis overophedning om sommeren og utilstrækkelig opvarmning om vinteren modvirkes.

Overophedning blive særligt aktuelle i lavenergi-byggerierne, der på grund af den velisolerede klimaskærm hurtigt varmes op af solindfaldet gennem vinduerne. For at minimere risikoen for overophedning er det derfor nødvendigt at etablere en effektiv solafskærmning, især ved større vinduespartier. En udvendig solafskærmning vil i langt de fleste tilfælde være den optimale løsning.

Uanset typen af afskærmning, er det vigtigt, at brugernes behov og ønsker tilgodeses i størst muligt omfang. Muligheden for at overstyre en evt. mekanisk afskærmning i de enkelte rum giver brugerne en oplevelse af medindflydelse og bedre velbefindende, uanset om det er på en arbejdsplads eller i beboelse.

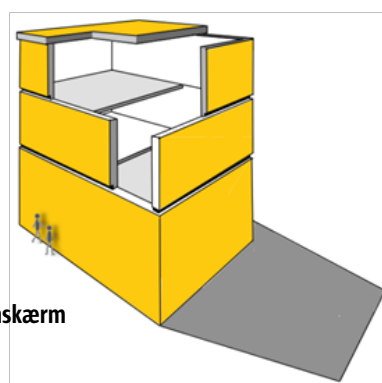
Korrekt ventilation er også afgørende for et godt indeklima, og det er vigtigt, at ventilationen afpasses det konkrete behov i henholdsvis boliger, kontorbygninger, institutioner mv. Hvor det er muligt, bør der etableres behovsstyring af ventilation, så anlægget ikke kører, når bygningen eller de enkelte rum er ubenyttede, eller luftkvaliteten ikke indikerer behov for maksimal ventilation. Erfaringer med behovsstyret ventilation i eksempelvis institutionsbyggerier viser, at der her kan spares ca. 40 pct. af energiforbruget til ventilation.

Det skal nøje klarlægges hvilke parametre, der skal indgå i et konkret behovsstyret anlæg. En afgørende parameter er den oplevede luftkvalitet, som imidlertid ikke er direkte målbar. Derfor relateres luftkvaliteten ofte til en måling af luftens CO₂-indhold, der afhænger af de enkelte lokalers personbelastning.

En anden vigtig parameter ved vurdering af effektiviteten i et ventilationsanlæg er den såkaldte SEL-værdi (Specifikt Elforbrug til Lufttransport), hvor en høj værdi er udtryk for

et ineffektivt og energikrævende anlæg. Tidligt i processen skal der dimensioneres et ventilationsanlæg med en lav SEL-værdi, og desuden bør anlæggets faktiske ydeevne og elforbrug dokumenteres ved afleveringen af byggeriet.

KLIMASKÆRM



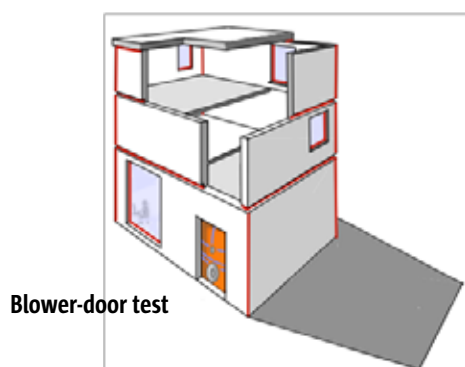
Bygninger har sædvanligvis en meget lang levetid, og derfor er det vigtigt at fremtidssikre klimaskærmen gennem bl.a. design, tæthed og isoleringsevne. Store krav til de bygningskomponenter, der indgår i facadeløsningerne, giver større sikkerhed for, at bygningens faktiske ydeevne i drift kan leve op til de energimæssige målsætninger. Da bygningens robusthed afhænger af, at komponenterne kan udskiftes og renoveres, når slidtage, klima og fremtidens krav gør det nødvendigt, hænger levetiden nøje sammen med materialevelg. Samtidig skal samlinger og detaljer være bestandige og robuste over for det skiftende udeklima, og der skal i størst muligt omfang anvendes mekanisk fastgørelse for at sikre en nemmere adskillelse og vedligeholdelse.

Isoleringskravene til klimaskærmen og dermed tykkelsen af denne er skærpet betydeligt i de senere år. Det vil sige, at klimaskærmens konstruktion og tykkelse skal overvejes nøje i forhold til behovet for indvendigt areal og bygningens funktioner i øvrigt.

Præfabrikerede skeletkonstruktioner af træ eller stål med lette indvendige og udvendige beklædninger giver en kompakt og mindre pladskrævende klimaskærm, hvor isoleringstykkelsen kan maksimeres og kuldebroer minimeres. Det samme gælder konstruktioner af ikke-bærende facader kombineret med søjle/pladeløsninger eller tværgående, bærende skillevægge. På den anden side giver elementer af homogene, lufttætte materialer - som fx armeret beton,

højstyrkebeton eller massive træelementer - mere modstandsdygtige, indvendige overflader og bedre lufttæthed i kraft af færre samlinger.

TÆTNINGSSYSTEM



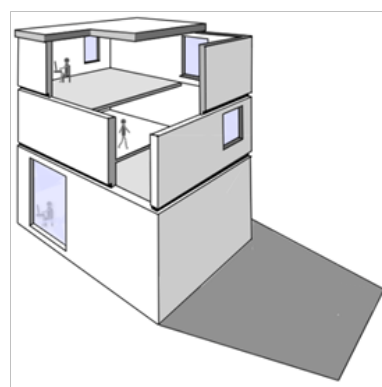
En bygningens tæthed har stor betydning for isoleringstykkelens effekt på energiforbruget. Det er vanskeligt at opnå en høj energimæssig ydeevne for en bygning, hvis klimaskærmen er utæt. Desuden kan utætheder medføre betydelige komfortgener for bygningens brugere.

I Bygningsreglementet er der fastlagt krav til det maksimale luftskifte gennem utætheder i klimaskærmen. Utætheden bestemmes ved hjælp af en blower-door test i den færdige bygning. Prøvningsresultatet kan desuden anvendes ved beregning af energiforbruget for ventilation, hvilket har betydning i forbindelse med effektiv varmegenvinding. I Københavns Kommune stilles der krav om dokumentation af luftskiftet for alle nye bygninger i forbindelse med udstedelse af ibrugtagningstilladelse.

Der kan spares meget energi ved at bygge ekstra tæt. Det kræver imidlertid et stort fokus på projekteringen og de designmæssige forudsætninger for at udføre en tæt bygning. Det kræver også stor opmærksomhed på den håndværksmæssige kvalitet af de udførte konstruktioner, eksempelvis omhyggelig opsætning af dampspærren og grundig udførelse af udvendige samlinger ved vinduer, sokkel, tagudhæng og rørgennemføringer. Samtidig er det nødvendigt med kontrol og kvalitetstests af tætningsssystemet under opførelsen af bygningen. På kritiske tidspunkter i byggeprocessen (fx inden bygningsafsnit færdiggøres med indvendig beklædning) anbefales det at udføre en test af konstruktionernes tæthed. Det kan fx ske vha. blower-door testen og termiske fotografier - både med henblik på vali-

dering af de energimæssige beregninger samt i tilfælde af uforudsete episoder og problemer. En foreløbig afprøvning af konstruktionernes tæthed vil desuden give mulighed for at udbedre utætheder eller om nødvendigt ændre på en konstruktionsdetalje, inden den endelige færdiggørelse af bygningen. At vente med at foretage en tæthedsprøvning til sidst i byggeprocessen kan både være forbundet med store omkostninger til udbedring og kan forsinke afleveringen af byggeriet.

VINDUER / GLASPARTIER



Dagslys medvirker til et godt indeklima, og det påvirker både brugernes koncentrationsevne og humør - via udsynet til omgivelserne kan man følge dagens og årstidernes gang. Der kan bygges både æstetiske og komfortmæssige attraktive bygninger ved at sikre et tilstrækkeligt stort vinduesareal i forhold til beboelsesrum og arbejdsrum.

Udover de komfortmæssige fordele reducerer en effektiv udnyttelse af dagslys ved arbejdspladser og i opholdsrum også elforbruget til kunstig belysning og har dermed en positiv indflydelse på energiregnskabet. Ønsket om gode lysforhold behøver ikke at være en barriere for fleksibilitet i udformning og indretning af en bygning. Man kan eksempelvis godt lave institutionsbyggeri i etageejendomme eller indrette kontorlandskaber i bygninger med en vis rumdybde. Men det fordrer, at der i projekteringen af bygningen gøres en bevidst og målrettet indsats for at sikre det optimale dagslys.

Velbelyste rum kræver glaspazier svarende til 30 til 50 pct. af facadearealet. Desuden vil ovenlysvinduer og vinduer, der flugter med loftet, medvirke til, at dagslyset trænger dybere ind i bygningen og give en mere ensartet fordeling af lysintensiteten. Vinduer orienteret mod solen har et solindfald,

der kan være optimalt om vinteren, men skabe problemer om sommeren. Derfor kan det være nødvendigt med en udvendig solafskærmning, der kan reguleres afhængig af den lysstyrke og mængde solvarme, der ønskes i det enkelte rum eller bygningsafsnit.

Når vinduerne skal fordeles på facaden, er det vigtigt at mindske risikoen for overophedning – både vha. solafskærmning og valg af glastype. Samtidig kan solvarmen gennem vinduerne udnyttes til at dække en del af bygnings varmebehov. Udover et varmetilskud, når solen skinner, giver vinduer i perioder et varmetab. Fra og med BR10 stilles der krav til vinduers energitilskud via en Eref-værdi i stedet for U-værdier. Energitilskuddet er den varme, der i opvarmningssæsonen netto tilføres via vinduet. U-værdier for vinduer viser derimod, hvor meget energi, der går ud gennem vinduet om natten pr. grad temperaturforskel og pr. sek.

	BR10	Lavenergiklasse 2015	Bygningsklasse 2020
Vinduer	-33	-17	+0
Ovenlysvinduer	-10	+0	+10

Krav til vinduers energibalace – energitilskud i opvarmningssæsonen i kWh/m² pr. år:

Ved at opdele en bygning i funktionsbestemte afsnit - hvor det er muligt og relevant - og afstemme vinduer og glaspartiers placering og størrelse til funktionen, kan overophedning begrænses og energiforbruget til køling reduceres. Eksempelvis kan rum, der bruges ofte, rum med en stor personbelastning eller rum, der tilføres meget overskudsvarme fra eksempelvis computere eller andre varmeafgivende apparater, placeres, så vinduerne ikke orienteres direkte mod solen. Samtidig kan den passive solvarme udnyttes ved at placere de rum og bygningsafsnit, hvor varmebehovet er størst, mod solen. Ved placering af vinduer skal der også tages hensyn til bygningens omgivelser, da mængden af dagslys inde i bygningen er meget afhængig af, om den fx er placeret i en tæt høj bebyggelse eller ved høje træer. Uanset de begrænsninger, der kan være for en optimal placering og orientering af bygningen, skal glaspartier placeres med stor omhu, så indfaldet af dagslys er passende året rundt, og energiforholdene er optimale - både sommer og vinter.

TEKNISKE INSTALLATIONER

Energiforbrug og udgifter til tekniske installationer kan minimeres gennem en effektiv integration af arkitektur og teknik. Lavenergibyggeri omfatter ofte mange tekniske installationer til ventilation, varmepumper, solvarmeanlæg og solceller, vand og spildevandsinstallationer, elinstallationer samt IKT- og CTS-systemer. Hvor der er mange tekniske installationer, skal det sikres, at de ikke påvirker hinanden negativt og samlet set medfører et øget energiforbrug og et forringet indeklima.

Mens bygningskonstruktionernes passive egenskaber (som fx konstruktionens isoleringsevne eller varmeakkumuleringsevne) godt kan bringes til at opfylde kravene til et lavt energiforbrug, vil bygningsklasse 2020 kræve yderligere teknologi. Der er derfor behov for at afstemme de passive og aktive energiløsninger (varmepumper mv.) med hinanden for at minimere behovet for tekniske installationer i bygningen.

Energiforbruget kan reduceres ved hjælp af energibesparende teknologier som fx opvarmning med lavtemperatur gulvvarme, ventilation med varmegenvinding og LED belysning. Det er dog vigtigt at vurdere de økonomiske og komfortmæssige fordele og ulemper ved at bruge henholdsvis ét enkelt system til flere ydelser, fx varme, køling og ventilation eller flere systemer, der leverer hver sin ydelse. Eksempelvis kan luftbårne systemer til ventilation, opvarmning og køling give anlægsøkonomiske fordele i forhold til traditionelle vandbårne systemer, men samtidig kan der være komfortmæssige og styringsmæssige ulemper som fx mangelfuld opvarmning.

ENERGIFORSYNING

Udover bygningens klimaskærm og installationer indgår også energiforsyningen af bygningen i energirammeberegningen. For at sikre, at der bygges efter ensartede regler i hele landet, er der i bygningsreglementet fastsat en energiramme, hvori der indregnes en energifaktor for henholdsvis el og fjernvarme, der gælder i hele Danmark. Beregningen af nye bygningers energiforbrug skal derfor både omfatte det årlige forbrug til opvarmning, køling, ventilation, varmt vand og for erhvervsbyggeri også belysning.



Fritidshjemmet i Meinungsgade er opført i lavenergiklasse 1. Det er blandt andet opnået ved at arbejde med vinduernes placering i forhold til sollys – for at sikre gode lysindfald, men samtidig undgå overophedning på varme dage. Det betyder, at vinduerne er fordelt ud over facaden med uregelmæssige mellemrum og på den måde også bliver til en form for udsmykning. De omgivende træer giver også effektiv solafskærmning om sommeren, og når temperaturen falder om vinteren, har træerne tabt deres blade, og solen kan passere uhindret/ Foto af Anders Viid

De fleste bygninger forsynes med flere energiformer, fx el og fjernvarme. For el indgår en del af forbruget direkte i energirammen, nemlig el til drift af ventilatorer, pumper, fyringsanlæg og fast belysning. Derimod indgår øvrigt elforbrug til kaffemaskiner, køleskabe og opvaskemaskiner kun som det varmetilskud, som apparater og udstyr afgiver. Fjernvarmen indregnes i dag med en energifaktor på 0,8 for en lavenergibygningsklasse 2015, og med en faktor på 0,6 for bygningsklasse 2020.

Når det gælder fjernvarme, er der dog betydelige forskelle i CO₂-emissionen fra forskellige fjernvarmeværker alt efter brændselsformer, effektivitet og ledningstab.

I København udgør den CO₂-neutrale del af brændslet til fjernvarme ca. 32 pct., og andelen bliver til stadighed forøget. Samtidig med de miljømæssige fordele er det både privat- og samfundsøkonomisk fornuftigt at forsyne nye bygninger i København med fjernvarme. Desuden er brugerinstallationer til fjernvarme enkle og robuste med et begrænset behov for vedligeholdelse, hvilket for mange bygningsejere vil være et væsentligt incitament til at vælge fjernvarme.

VEDVARENDE ENERGI

Med indførelsen af bygningsklasse 2020 er der sket en samlet reduktion af energiforbruget på 75 pct. i forhold til 2006-niveauet. Og selv med de skærpede krav til basisbygningen og efter indregning af energiforsyningen vil der være en manko i forhold til at opfylde energirammen. Den enkelte bygherre kan selv vælge, hvordan denne manko skal dækkes. Det kan eksempelvis ske ved at optimere klimaskærm og installationer yderligere via byggetekniske tiltag. Med de nuværende byggetekniske muligheder kan disse tiltag imidlertid få forholdsvis høje samfundsøkonomiske og privatøkonomiske omkostninger. Samtidig kan tiltagene påvirke bygningens arkitektoniske udtryk negativt.

På nuværende tidspunkt kan det derfor være fornuftigt i stedet at dække mankoen gennem en VE-forsyning. I takt med at energibesparende byggeprodukter og komponenter udvikles og bliver billigere, vil det økonomiske regnestykke sandsynligvis ændre sig



Miljøbygget er et lavenergi-byggeri i Trondheim, hvor det via tæt samarbejde mellem alle faggrupper gennem hele byggeprocessen er lykkedes at opnå meget ambitiøse energimålsætninger. F.eks. kan hver persienne være lukket i den nederste del, så brugerne ikke får sollys direkte i ansigtet. Samtidig kan persiennen være åben i den øverste del. Dermed slippes sollyset ind, og der er mindre behov for elektrisk belysning
/KLP Eiendom, Norge

EKSEMPLER PÅ ENERGIRIGTIGT BYGGERI

Der findes mange eksempler på energirigtigt byggeri. De fleste eksempler er - ud over at indeholde gode løsninger til inspiration og efterfølgelse - kendetegnet ved, at der er anvendt vedvarende energiløsninger - enten for at leve op til lavenergikravene eller for at demonstrere muligheder. Energiforsyningsløsningerne er ikke i alle tilfælde de mest optimale i områder med kollektiv energiforsyning, men vi har alligevel valgt at fremhæve disse eksempler, da øvrige energitiltag kan tjene som inspiration.



I et kontorbyggeri i Trondheim i Norge er det lykkedes at bringe energiforbruget et godt stykke under de krav, som blev opstillet som mål for byggeriet. I dag er det samlede energiforbrug til el og varme 99,6 kWh/m²/år / **KLP Eiendom, Norge**

EKSEMPEL 1: MILJØBYGGET I TRONDHEIM

I miljøbygget i Trondheim er der brugt ekstra tid på at skabe ejerskab til de ambitiøse miljømål og på at tilrettelægge bæredygtige og energireducerende løsninger i projekteringsfasen. Resultatet er, at målet for samlet energiforbrug er mere end nået - og holder i driftsfasen.

Miljøbygget er et erhvervsbyggeri i Teknobyen i Trondheim. Byggeriet er på 16.400 etagemeter og består af to fløje på henholdsvis 4 og 6 etager i U-form, der indrammer et nyt glasoverdækket torv. Miljøbygget stod færdigt og blev taget i brug i efteråret 2009.

Bygherren, KLP Eiendom, begrundede byggeriet med, at lavenergibyggeri er vigtigt af hensyn til miljøet samtidig med, at både teknologien og markedet er til stede for denne type byggeri. Bygherren har fået mange positive tilbagemeldinger på byggeriet. (kilde: <http://www.bygg.no/id/47325>)

KLP Eiendom ønskede et moderne, fleksibelt kontorbyggeri med fokus på energieffektivitet. Byggeriet indeholder stor fleksibilitet, og lokalerne kan tilpasses lejernes behov. Her er meget lys og luft, og avancerede systemer til alt fra indeklima til valg af miljørigtige materialer bidrager til det lave energiforbrug.

Kravet til byggeriets samlede energiforbrug var oprindeligt maksimalt 150 kWh/m²/ år, men målet blev skærpet til 115 kWh/m²/ år i byggeperioden. Resultatet er, et temperaturkorrigeret årsforbrug i 2011 på 99,4 kWh/m²/år.

INVOLVERENDE PROJEKTUDVIKLING

Det lave energiforbrug er opnået ved hjælp af en involverende planlægningsmetode indført af Veidekke Entreprenører A/S. Arbejdsmetoden har omfattet både bygherren, de projekterende og de udførende gennem projekteringsfasen og gennemførelsesfasen af byggeprojektet. Ved at bruge



NØGLETAL FOR MILJØBYGGET:

Byggeriets størrelse: 16.400 etagemeter

Ibrugtaget: 2009

Byggeomkostninger: 235 mio. Nkr.

Meromkostninger: 1342 Nkr/ m², svarende til 3-4 pct. af de samlede udgifter

Energikilde: Fjernvarme

Energiforbrug, samlet: 99,4 kWh/m²/år (Faktisk målt 2011)

Opvarmning af rum og ventilation: 8,6 kWh/m²/år

Varmepumper: 11,9 kWh/m²/år

Belysning: 25,1 kWh/m²/år

Varmt brugsvand: 5,0 kWh/m²/år

Teknisk udstyr: 34,5 kWh/m²/år

Køling: 8,2 kWh/m²/år

Aktører i byggeprocessen:

Bygherre: KLP Eiendom Trondheim AS

Byggherreombud: OPAK AS

Arkitekt: PKA Arkitekter AS

Rådgivere: Civ.ing. P.O. Danielsen A/S, Sweco Norge A/S, NEAS Brannconsult A/S, Rambøll Norge A/S og COWI A/S

Totalentreprenør: Veidekke Entreprenør A/S

den involverende metode blev der skabt ejerskab hos alle involverede - og dermed er det også lykkedes at levere et bedre produkt end det, der blev efterspurgt i udgangspunktet.

Der blev eksempelvis oprettet en forbedringsgruppe for hhv. tømmer og beton. For tømmer var det en gruppe håndværkere, som sammen fandt forbedringsmuligheder, hvad angår tæthed, vinduesmontering og bygning af ydervægge. De udarbejdede tjeklister for at sikre kvaliteten og sikre, at udgiftsniveauet ikke blev overskredet.

Undervejs i byggeprocessen blev der desuden gennemført udgiftsvurderinger for at finde besparelser, der kunne øge bygherrens indtjening.

PLANLÆGNING OG PROJEKTERING AF BYGGERIET

Allerede fra starten af planlægningsfasen var der fokus på et lavt energiforbrug og en lille miljøbelastning.

De vigtigste energitiltag i byggeriet er:

- Genvinding af varme ved brug af varmpumper. Her hentes gratis varme fra ventilationsluften og computercentraler.

- Superisolerende glas – U-værdi på 0,8.
- Behovsstyring af varme og ventilation - og dagslysstyring af belysning pr kontormodul (2,40 m facade).
- Frikøling af betonflader.
- Udnyttelse af kondensatorvarme fra servere og computere.
- Lavenergibelysning med dagslysstyring.
- Eksponering af beton i loftet – beton er varmeakkumulerende.
- Måleprogram der kontinuerligt måler mere end 60 steder i byggeriet for at styre energiforbruget mest effektivt.
- Bygningen forsynes med fjernvarme og varmegenvinding med virkningsgrad på 80 pct.

INTENSIV OPFØLGNING PÅ FORBRUGET

Det er monteret 60 målere på strøm og 8 på VVS- installationerne, hvilket gør det muligt meget nøjagtigt at følge, hvor der bruges energi samt at efterprøve beregningerne for det forventede energiforbrug. Resultaterne viser, som nævnt ovenfor, et faktisk temperaturkorrigeret årsforbrug 2011 på 99,4 kWh/m² år. Alt energiforbrug, også til computercentraler og udvendig ismelteanlæg er medregnet.

Yderligere oplysninger: <http://www.arkitektur.no/?nid=208872&lcid=1044&pid=151806www.tu.no/bygg/article227061>.
ece



I Solengen i Hillerød er der opnået et godt indeklima samtidig med, at bygningerne er meget tætte og har et lavt energiforbrug/ Foto Jimmy Rahim fra firmaet Massarde

EKSEMPEL 2: SOLENGEN I HILLERØD

NØGLE TAL FOR SOLENGEN:

Byggeriets størrelse: 17 boliger à ca. 100 m² plus fælleshus

Opførelsesår: 2005

Byggeomkostninger: 19,8 mio. kr. (enterprisesum)

Elforbrug: 36 kWh/m² pr. år (aflæst) inkl. vaskemaskine og tørretumbler

Vandforbrug: 77 liter pr. dag pr. person, varmtvandsforbruget vurderes til 12 kWh/m²

Opvarmning af rum: 758 m³ gas pr. år svarende til 75 kWh/m²

Omsættes forbruget til en gennemsnitstemperatur på 20 °C, giver det et varmeforbrug på ca. 61 kWh/m²/år, dvs. meget tæt på lavenergiklasse 2 som målt resultat (2005-tal)

Ventilation: Foregår med varmegenvinding (22 cm tykke EcoVent ventilationsenheder).

Teknisk udstyr: Byggeriet er klargjort til solceller. Det er pt. kun byggeriets fælleshus, der har solceller. Disse er integreret i bygningen, Unisolar tyndfilm solceller, som er svejset ind i tagfolien (Sanarfil med en forventet levetid på 40 til 60 år).

Energikilder: Kondenserende gaskedel

Aktører: Bygherre: Domea

Arkitekt: Nielsen & Rubow



Andelsboligbyggeriet Solengen i Hillerød fremhæves pga. af det dokumenterede lave energiforbrug og det meget enkle koncept. Boligerne er tætnet meget omhyggeligt samtidig med, at det ifølge beboerne er lykkedes at skabe et godt indeklima. Bebyggelsen fungerer som et seniorfællesskab og omfatter desuden et fælleshus. Det er firmaet Scandi Byg, der i 2005 byggede Solengens 17 lavenergiboliger. Projektet blev til i et samarbejde mellem arkitektfirmaet Nielsen & Rubow og bygherren Domea.

Byggeriet er præfabrikeret, hvilket har medført store energibesparelser, bl.a. fordi det har givet mulighed for at fokusere på tætte samlinger.

PLANLÆGNING OG PROJEKTERING AF BYGGERIET

Det særlige ved dette byggeri er den gode lufttæthed. Den er blevet dokumenteret ved hjælp af blower door testen, der er udført i forbindelse med færdiggørelsen af den første lejlighed samt ved en efterfølgende kontrol. Tætheden blev opnået via gennemprøvede detailløsninger udført på fabrik, hvor tapening og fugning var vigtige elementer. Der er

endvidere foretaget checkmålinger af yderligere tre færdige boliger, hvor kravene til lufttæthed var overholdt ved alle målinger.

Byggeriet er isoleret med 250 mm i gulv, 300-350 mm i vægge samt 350 mm i tag. Der er monteret genvex-anlæg til styring af ventilationen, og herudover blev der etableret solceller på fælleshuset. Ventilationen er placeret bag en skillevæg mellem entré og badeværelse. Luften suges ud fra køkken og bad, herefter blæses den ind to forskellige steder i boligen. Der er en centralvarmeforsynet eftervarmefflade i indblæsningsluften.

ENERGIFORSYNING

Byggeriet forsynes med energi via et kondenserende gasfyr i hver bolig, idet det pågældende område er udlagt til naturgas. Hvis en tilsvarende bebyggelse var opført i København, ville den været forsynet med fjernvarme.

Yderligere oplysninger: <http://www.scandibyg.dk/dk/segmenter/boliger/solengen.aspx>



Green Lighthouse har form som en cylinder, hvilket skaber det bedste forhold mellem overflade og maksimal volumen/ Foto Adam Mørk

EKSEMPEL 3: GREEN LIGHTHOUSE – KØBENHAVN N

Green Lighthouse er hjemsted for det Naturvidenskabelige Fakultets studentservice og har adresse på Tagensvej på Nørrebro. Green Lighthouse er en fritliggende rund, grøn bygning på 950 m² i tre etager.

Huset tager udgangspunkt i en helhedsbetragtning om balance mellem arkitektur, lys, sundt indeklima og et ekstremt lavt energiforbrug. Lyset er det centrale designelement, og bygningen er organiseret med udgangspunkt i lysets skiftende karakter både i løbet af dagen, året og i forhold til forskellige vejsituationer. Green Lighthouse er blevet til på baggrund af et tæt samarbejde mellem Københavns Universitet, Videnskabsministeriet, Københavns Kommune, VELUX og VELFAC.

ENERGIKONCEPT

Et formål med Green Lighthouse har været at skabe en CO₂-neutral bygning. Energi konceptet er helt nyt og består af

en kombination af fjernvarme, solceller, solvarme og køling samt lagring af overskydende solenergi fra sommermånederne, som kan bruges om vinteren. Taget er eksempelvis vippet mod syd for at udnytte solen som en væsentlig energikilde til husets drift. Solenergien udnyttes både til køling af bygningen om sommeren og til at forbedre effektiviteten af varmepumpen om vinteren.

PLANLÆGNING OG PROJEKTERING AF BYGGERIET

Green Lighthouse er et eksperimentielt byggeri med demonstrationsværdi, og der er derfor ikke foretaget samfundsøkonomiske beregninger på byggeriet. Bygningen blev indviet under klimatopmødet i København i december 2009.

De miljømæssige aspekter har været integreret i udviklingen af projektet fra starten, og konkurrence-programmet var formuleret sådan, at de energimæssige parametre blev vægtet med 30 pct. i bedømmelsen.



NØGLETAL FOR GREEN LIGHTHOUSE:

Byggeriets størrelse: 950 m²

Opført: 2008-2009

Antal arbejdspladser: 20

Byggeomkostninger: 37 mio. dkr.

Meromkostninger ift. traditionelt byggeri: 3 % ekstra

Energiforbrug (beregnet): 30 kWh/m²/år heraf:

- solfangere på taget og lagring af solvarme i jorden: 35 %
- fjernvarme: 65 %

Elforbrug:

Belysning 2,6 kWh/m²/år (5W/m² til almen belysning)

Mekanisk ventilation: 1,2 kWh/m²/år

Aktører:

Bygherre: Videnskabsministeriet

Arkitekt: Christensen & Co Arkitekter A/S

Ingeniør: COWI

ENERGIFORSYNING OG MINIMERING

- Bygningens form er cylindrisk, hvilket skaber det bedste forhold mellem minimal overflade og maksimal volumen.
- Solen er den dominerende energikilde i huset.
- Køling sker som udgangspunkt med naturlig ventilation (suppleres om vinteren med mekanisk ventilation) og via betongulve, der opsuger varmen.
- Den øverste del af vinduerne åbner automatisk for at sende frisk luft ind i huset.
- Tætte konstruktioner og højisolerede vægge og tag minimerer behovet for opvarmning.
- Betongulve, der opsuger varme, sikrer, at huset holder på varmen om natten.
- Effektive vinduer med højisolerede karme og differentierede termoglas minimerer varmetabet og sikrer, at solen varmer huset op om vinteren.
- Automatiske persiener foran vinduerne er udformet, så de reflekterer sollyset dybt ind i bygningen.
- Til forskel fra traditionelt byggeri med en tung ydermur og lette indervægge er Green Lighthouse opført med en let og optimalt varmeisolerende facadevæg. Den stabiliserende tunge betonkonstruktion er flyttet lidt ind i huset.

Vedvarende energikilder:

- Taget er sydvendt for at bruge solen som primær kilde. Tagfladen er beklædt med solceller og solvarmepaneller.
- Solcellerne producerer strøm til drift af diverse pumper og grundbelysning i huset.
- Solpanelerne producerer varmt brugsvand og varme til bygningen.
- Om sommeren ledes overskydende solenergi til et lager under huset, der kan bruges om vinteren.

ENERGIBEHOV

Det beregnede energiforbrug for Green Lighthouse lever op til de miljøkrav, der først vil blive stillet til byggeri i 2020.

Energibehovet i Green Lighthouse er beregnet til at være 30 kWh/m²/år, hvoraf:

- 35 pct. kommer fra 30,8 m² solfangere på taget og lagring af solvarme i jorden via en varmepumpe.
- 65 pct. kommer fra miljøvenlig fjernvarme med en andel af vedvarende energi på ca. 32 pct. En varmepumpe øger udnyttelsen af fjernvarme med ca. 30 pct.

76 m² solceller på taget bidrager til den el, som anvendes til belysning, ventilation og pumper. Husets elbaserede belysning er LED med lang levetid og ekstremt lavt energiforbrug, og al lysstyring foregår med bevægelsesfølere, der afbryder lyset, når man forlader rummet.

OPFØLGNING

Brugerne tilfredshed med at opholde sig i bygningen er blevet kortlagt via interviews. Den første opfølgning viser, at brugernes adfærd og behov er helt afgørende for bæredygtigheden i bygningen. Huset er blevet brugt af flere mennesker end forventet, og brugerne har behov for en højere temperatur end de 20 grader, der forudsættes i BR 06. Opfølgningen har også vist, at det tager længere tid end forudsat at lære at styre huset, da det fungerer meget anderledes end et konventionelt hus. Endelig har brugerne oplevet problemer med svingdøren ved hovedindgangen, da varmen blev suget ud af bygningen og forårsagede træk ved de nærmeste arbejdspladser. Der er efterfølgende bygget et vindfang i tilknytning til svingdøren.

Flere brugere og længere læringsproces mht. at styre huset har betydet et højere energiforbrug end forventet. I det første år var energiforbruget mere end dobbelt så højt som antaget i de oprindelige beregninger.

Brugerne er meget glade for det høje niveau af dagslys og for den gode, friske luft i Green Lighthouse. Konstant overvågning af energisystemet betyder, at der hurtigt kan gribes ind, hvis der konstateres store udsving. En væsentlig erfaring fra byggeriet er, at der skal tænkes både tid og proces ind, når helt nye teknologier skal i brug – herunder også tid til brugernes læringsproces mht. at styre husets teknologi. (kilde: Velfacs hjemmeside, <http://www.velfac.dk/>)

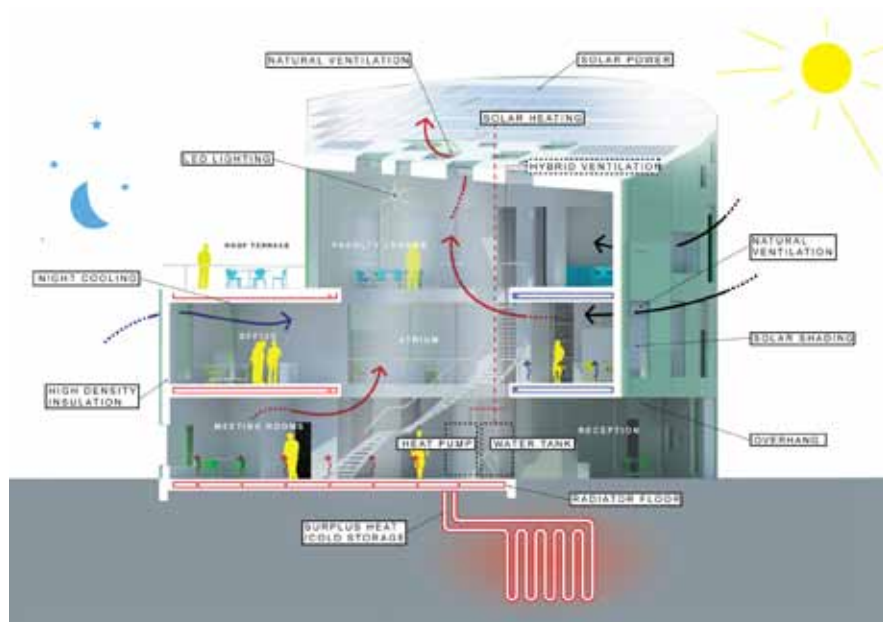


Illustration af energiprincippet i Green Lighthouse. Kilde Christensen & Co Arkitekter A/S





BRUGERADFÆRD OG TEKNOLOGIVALG ER TÆT FORBUNDNE

ANBEFALINGER TIL BYGHERRER:

- Tag højde for brugernes adfærd allerede i planlægningsfasen, så bygningen kommer til at tillade en fornuftig adfærd ift energiforbrug
- Stil krav til rådgiverne om at lave let forståelige brugervejledninger til de tekniske installationer.
- Gør det muligt løbende at følge energiforbruget i bygningen – opsæt målere.
- Følg energiforbruget og iværksæt løbende energisparekampagner, hvis der konstateres stigninger i energiforbruget.

I planlægningen af byggeriet er de kommende brugeres adfærd både i bolig- og erhvervsbyggeri helt centralt. Brugernes adfærd har stor betydning for det faktiske energiforbrug, og forbruget kan variere betydeligt. I lyset af, at kommunen ønsker at reducere varmekonsumet i bygninger i København med 20 %, elforbruget i handels- og serviceerhverv med 20% og elforbruget i alle boliger i København med 10% frem mod 2025, er det vigtigt, at bygherrer og bygningsejere har fokus på, hvordan energiforbruget kan holdes på et lavt niveau, når bygningerne er i drift.

Brugeradfærd

- Inddrag beboerne og brugere i målsætningen for energiforbrug. De kommende brugere skal så vidt muligt inddrages ved beregning af forventet energibehov, da det ofte er dem, der har den største viden om den faktiske drift. Anvendelse af korrekte forudsætninger – herunder driftstider, ønskede temperaturer mv. - er helt afgørende for, at beregningerne giver et brugbart resultat.
- Ud over let tilgængelige brugervejledninger til lavenergi-huse er det vigtigt at installere robuste og brugervenlige installationer, som brugerne fra dag ét kan styre uden kurser og komplicerede manualer.
- Etabler et informationscentrum – fysisk eller i cyberspace - og informer brugerne om anvendelsen af bygningen, fx i forhold til solindfald og ventilation.
- Lav en indeklimasimulering inden opførelse af bygningen, når konstruktion og placeringen på grunden kendes.

- Gør energiforbruget synligt - og giv information og feedback på det faktiske forbrug.
- Etabler målere og uddan driftspersonale i at følge op på energiforbruget generelt og i at justere tekniske anlæg, så energiforbruget kan holdes på et lavt niveau. Installation af simpelt måleudstyr kan medvirke til, at energisystemer løbende kan kontrolleres og reguleres, så fejl minimeres.
- Tjek løbende afkølingen.
Det er vigtigt at sikre korrekt/god afkøling. Afkølingen er den temperaturforskel, der er på vandet, når det bliver sendt frem til din bolig, og når det bliver sendt retur til værket igen. Hvis returvandet er kølet godt af, betyder det, at varmen er udnyttet optimalt i hjemmet. Faktisk er det en god idé at tjekke og regulere på anlægget mange gange om året i takt med, at årstiderne skifter og udetemperaturerne ligeså. En hyppig årsag til dårlig afkøling er f.eks. tildækning af radiator, kun at anvende en radiator, selv om der findes to i rummet eller hyppigt at skrue op for varmen for lidt efter at skrue ned igen. Hvis der er en god afkøling, skal det termometer, der viser returvandets temperatur, altid være under 45-50°C afhængig af anlæggets alder. Endelig er det vigtigt at indregulere selve anlægget ordentligt. Det er vist i de følgende links:

For større ejendomme: http://www.ke.dk/portal/page/portal/Erhverv/Varme/fod_paa_fjernvarmen?page=980

For parcelhuse: http://www.ke.dk/portal/page/portal/Privat/nyt_fra_koebenhavns_energi_oktober_2010/varmefilm?page=860

- Installer synlige målere på de mest energiforbrugende apparater, så delforbruget kan aflæses. Gør synligheden af energiforbruget så detaljeret som muligt, fordelt på fx
 - Rum
 - Anvendelse
 - Apparater
 - Tid
- Gør det muligt og let for beboerne at skifte mellem forskellige boligstørrelser, så arealerne udnyttes optimalt.
- Gør det muligt at fjernstarte maskiner (med f.eks. smartphones). Hvis elforbrugende installationer og apparater kører om natten, opnås en miljøfordel, idet elforbruget generelt er lavt om natten.
- Lav behovsstyret ventilation på rumniveau i samspil med emhætte og naturlig ventilation.

Placering og indretning af bygninger

- Overvej placering og orientering af bygningen. Der skal kunne komme dagslys ind i bygningen fra syd, øst og vest. Undgå skygger fra beplantning, andre huse og bygningen selv. Jo højere vinduerne er placeret i facaden, des længere trænger dagslyset ind i bygningen, og jo mere ensartet bliver dagslyset. For særligt dybe rum kan ovenlys og lysskakte bidrage til gode dagslysforhold.

- Indtænk temperaturzoner i bygningen, så rum med samme temperaturniveau ligger ved siden af hinanden.
- Etabler udendørs solafskærmning på syd- og østsiden. Det bidrager til et tilfredsstillende indeklima om sommeren og fungerer som isolering af bygningen i vinterhalvåret.
- Overalt bør der installeres bevægelsesstyret belysning, som minimerer driftstiden. Dette bør ske i opdelt zoner. I rum med dagslys kombineres med dagslysstyring.

Teknologisk Institut har udarbejdet rapporten: "Bygherrens muligheder for at indtænke og påvirke brugeradfærd i energivenlig retning i lavenergibyggeri i Københavns Kommune," (2011).

Rapporten indeholder en lang række anbefalinger til bygherrer, hvoraf de væsentligste er blevet gengivet her. Følges disse anbefalinger – og tages der højde for dem tidligt i planlægningsprocessen - vil det få afgørende betydning for byggeriets energiforbrug i driftsfasen.

De valg der træffes tidligt – dvs. i planprocessen for et helt byudviklingsområde og i projekteringen af et enkelt byggeri - kan få stor betydning for det fremtidige energiforbrug i de enkelte bygninger.

Grundlæggende anbefales det, at adfærd og livsstil bør tænkes ind i planprocessen for at opnå energibesparelser og, at nyopført byggeri skal sikre, at påvirkningen fra brugernes adfærd mindskes.

ENERGIFORBRUG TIL EL OG VARME I 2011

70 pct. af energiforbruget i en bolig udgøres af elforbrug, som ikke er omfattet af energibestemmelserne i bygningsreglementet, mens varmemeforbruget udgør 30 pct. Der skal derfor i meget høj grad også fokuseres på elforbruget i forbindelse med reduktion af det samlede energiforbrug. Med de kommende stramninger af energirammen vil andelen af energi til hhv. el og opvarmning blive endnu mere markant, da andelen for el vil stige yderligere ift. varmeandelen.

Stadig mere energi bruges til køling, mens forbruget til varme falder som følge af stramningen i krav i bygningsreglementet. En stadig større del af energiforbruget til varme bruges til varmt vand. For kontorbyggeri er elforbruget steget med en faktor 2,5 siden 1975, mens varmemeforbruget stort set er uændret.

Blandt andet har de enkelte brugeres adfærd stor betydning for det faktiske energiforbrug i boliger og på arbejdspladser. Ved valg af energibesparende teknikker i byggeriet er det derfor vigtigt at tage højde for, at det skal være let for brugeren at anvende teknikken rigtigt, så man opnår den maksimale besparelseeffekt.

Erfaringerne fra en række bebyggelser i Sverige, USA, Tyskland og Danmark viser, at energiforbruget i ens huse kan variere med flere hundrede procent pga. brugernes adfærd og livsstil. I lavenergibyggeri kan variationen i brugeradfærd få relativt større betydning for byggeriets energiforbrug i driftsfasen ift. et standardbyggeri. Er der ikke taget tilstrækkelig højde for brugernes adfærd, kan energiforbruget let blive større end forudsat i energirammeberegningerne. Bygherren skal derfor allerede i planlægningens og projekterings tidlige fase tage alle de forholdsregler, der har betydning for energiforbruget, i betragtning.

BYGHERRENS FORDELE AF ENERGIHENSYN

Hvis der allerede i planlægningsfasen af byggeriet tages højde for de kommende brugeres adfærd, kan det være til fordel for bygherren på flere måder:

- Etablering af godt et samarbejde med brugere allerede i planlægningsfasen og årlige gennemgange af byggeriet i driftsfasen giver bygherren værdifulde erfaringer, der kan overføres til nye projekter og byggerier.
- Bygherrer kan i forbindelse med markedsføring af lavenergibyggeri slå på, at de samlede huslejeomkostninger for brugerne er lavere.

FOR UDDYBNING SE:

- TI- rapport: Bygherrens muligheder for at indtænke og påvirke brugeradfærd i energivenlig retning i lavenergibyggeri i Københavns Kommune, TI 2011.
- SBI- rapport: Virkemiddelrapport om adfærd og forbrug, udredningsprojekt om udvikling af CO₂- neutral bydel, november 2009 http://www.kk.dk/sitecore/content/Subsites/Klima/SubsiteFrontpage/KoebenhavnsKommunesIndsatser/BaeredygtigByudvikling/AmagerFaelledBykvarter/~/_media/12B88D7D64604193BECE6308256BA57D.ashx

ORDLISTE

Aktive / passive energiløsninger (s. 36): Aktive energiløsninger i bygninger henviser til energiproduktion lokalt i bygningen f.eks. solceller eller solvarmeanlæg på bygningens tag, mens passive løsninger indgår i bygningens konstruktion f.eks. udnyttelse af solindfald til opvarmning af bygningen.

Blokvarmecentral (s. 8): Lokale varmeanlæg, der etableres i bygninger (etageejendomme) til styring og distribution af fjernvarme (mindste effektstørrelse for en central er 250 kW.)

Blower-door test (s. 35): En test der udføres for at måle bygningskonstruktionens tæthed med henblik på at undgå varmetab.

Boost-løsninger (s. 13): Løsninger, der 'booster' dvs. øger fjernvarmevandet's temperatur. Det er især relevant i forbindelse med varmt brugsvand med henblik på at reducere udviklingen af legionella bakterier.

CO₂-neutralitet (s. 5 m.fl.): Københavns Kommunes målsætning om CO₂-neutralitet indebærer at kommunens energiforbrug inden for el, varme og transport baseres på energikilder, der ikke udleder CO₂. CO₂-neutralitet defineres som 100% CO₂-neutral over året. Det vil sige, at energiforbrug, der evt. fortsat baseres på fossile brændsler, kan opvejes ved at øge produktionen af vedvarende energi. Københavns Kommune planlægger derfor i samarbejde med KE at opstille mere end 120 store vindmøller på vej mod 2025.

CTS-anlæg (s. 36): Central, Tilstandskontrol -og Styringsanlæg, anvendes typisk til at styre ventilations anlæg samt varme -og køleanlæg - primært i større erhvervsbygninger eller offentlige bygninger.

Eftervarmeplade (s. 43): En eftervarmeplade indbygges typisk i ventilationskanaler med henblik på at hæve temperaturen yderligere, inden luften blæses ind i opholdsrum. Pladen opvarmes enten med el eller varmt vand.

EID – integreret energidesign (s. 21): En proces, hvor sammenhængen mellem form, funktion, arkitektur, energibehov og indeklima sikres. Med metoden udnyttes synergien mellem aktørerne i en tidlig og systematisk dialog, så der fastholdes en helhedsbetragtning og skabes de bedste løsninger for sund, fleksibel og ressourcebevidst arkitektur i såvel anlægs- som driftsfasen. Hermed kan man opnå CO₂-neutralt byggeri af høj arkitektonisk kvalitet.

Energifaktor (s. 36+38): En faktor, der ganges på bygningens energiforbrug af hhv. el og varme ved beregningen af en bygnings energiramme. Faktoren afspejler, hvor effektiv produktionen af den pågældende energiform er. F.eks. skal der anvendes en større mængde brændsel til at producere el end til at producere fjernvarme, og derfor ganges en højere faktor på elforbrug til bygningsdrift end på fjernvarmeforbruget.

Eref-værdi (s. 36): Energitilskuddet (Eref) er udtryk for, hvor meget et vindue bidrager med et varmetilskud til bygningen ved at lade sollys passere.

Frikøling (s. 41): Frikøling indebærer, at man anvender en varmepumpe til at udnytte naturlige kilder til at producere koldt vand med f.eks. havvand, grundvand eller om vinteren kold luft. Dermed opnås et 'gratis' energitilskud til en given køleforsyningsløsning. Det er samme princip, der anvendes for varmepumper i forbindelse med opvarmning, hvor varmepumpen enten udnytter varmen fra luften eller fra jorden.

IKT (s. 36): Informations- og KommunikationsTeknologi

Jordvarmepumpe (s.11 m.fl.): En varmepumpe, der udnytter det 'gratis' varmetilskud, der kan opnås ved at udnytte varmen i de øverste jordlag, der holder sig frostfri året rundt.

Klimaskærm (s. 15 m.fl.): Alle de bygningsdele der skærmer en bygning mod vejr og vind.

Lavtemperaturfjernvarme (s. 7 m.fl.): Lavtemperaturvarme kan defineres bredt som drift af et fjernvarmenet, hvor fremløbstemperaturen sænkes i forhold til et tidligere niveau. Det er derfor en relativ definition, der afhænger af, hvad det er for et fjernvarmesystem, der anvendes som reference. I Københavns Kommune er fjernvarmens maksimale fremløbstemperatur på omkring 90 C. I forbindelse med byudviklingen af Nordhavn etableres lavtemperaturfjernvarme med en maksimal fremløbstemperatur på kun 70 C.

Ledningstab (s. 38): Det energitab, der sker ved distribution af energi i ledninger f.eks. varmetab fra fjernvarmens ledninger, som ikke kan undgås helt, selv om rørene er isolerede.

Luft-til-vand varmepumpe (s. 11): En varmepumpe, der udnytter luftens indhold af energi (varme) til at opvarmning af vand.

Passiv solenergi (s. 24): Passiv solenergi henviser til solens opvarmning gennem facader og vinduer, der medvirker til opvarmning af en bygning.

Reflektanter (s. 21): Reflektanter henviser til den evne, materialer til bygningsfacader har, til at reflektere solens lys og dermed bidrage til enten at opvarme eller nedkøle bygningen.

U-værdi (s. 32+36+41): U-værdien angiver, hvor stor en energimængde (målt i Wh), der i løbet af en time passerer gennem 1 m² af konstruktionen, når temperaturforskellen mellem den indvendige og udvendige flade er 1°C. U-værdien er tykkelsesafhængig og inkluderer alle materialer i konstruktionen.

Varmegenvinding (s. 15+32+35): Proces, hvor husets spildvarme (typisk fra luften) via en varmeveksler genanvendes til opvarmning. Processen bruges fx i forbindelse med ventilationsluft og afløbsvand.

VE-forsyning/anlæg (s. 24+38): Vedvarende energiforsyning dækker forsyningsløsninger, der er baseret på vedvarende energikilder som sol, vind og biomasse - energikilder, der i modsætning til fossile brændsler er fornybare.

Virkningsgrad (s. 41): Virkningsgraden angiver et energiproducerende anlægs brændselseffektivitet, dvs. hvor meget brændsel, der skal anvendes for at producere en bestemt energimængde. Hvis en varmepumpe f.eks. har en virkningsgrad på 3, svarer det til, at pumpen producerer 3 gange så meget varmeenergi, som den forbruger.

LITTERATURLISTE

"Arkitektur og energi" – mod en 2020 lavenergi strategi (2011) Statens Byggeforskningsinstitut
www.sbi.dk/arkitektur/beredygtighed/arkitektur-og-energi-mod-en-2020-lavenergi-strategi/

"Arkitektur og energi" (2006) Statens Byggeforskningsinstitut
http://www.dtu.dk/upload/centre/lave/rapporter/rap_arkitekturogenergi_sbi_2006.pdf

"Energi og Arkitektur" (2011) Udgivet af Solar City Copenhagens Forlag.
www.solarcitycopenhagen.dk

"Guide – Når energioptimering skal lykkes" (2012) Udgivet af Videncenter for energibesparelser i bygninger.
www.byggerioenergi.dk/_root/media/47809_energioptimering.pdf

Virkemiddelrapport om adfærd og forbrug, udredningsprojekt om udvikling af CO₂- neutral bydel (2009)
Udarbejdet af SBI
<http://www.kk.dk/sitecore/content/Subsites/Klima/SubsiteFrontpage/KoebenhavnsKommunesIndsatser/BaeredygtigByudvikling/AmagerFaelledBykvarter/~media/12B88D7D64604193BECE6308256BA57D.ashx>

EnergiØresund
www.energioresund.org

DELTAGERE

Styregruppen:

Inge Nilsson, (formand for styregruppen) Teknik- og Miljøforvaltningen
Claus Bjørn Billehøj, Økonomiforvaltningen
Magnus Foged, Københavns Energi

Projektgruppen:

Annette Egetoft, (projektleder) Teknik- og Miljøforvaltningen
Hanne Christensen, Teknik- og Miljøforvaltningen
Annelise Sørensen, Teknik- og Miljøforvaltningen
Dan Birkemose, Teknik- og Miljøforvaltningen
Erna Nyvang, Københavns Energi
Sannah Grüner, Københavns Energi
Catrine Biering, Økonomiforvaltningen
Søren Povlsen, Økonomiforvaltningen

Layout:

TMF Grafisk Design

YDERLIGERE OPLYSNINGER

Inspirationskataloget kan downloades fra Københavns Kommunes hjemmeside: www.kk.dk/lavenergi

Yderligere oplysninger fås ved henvendelse til:

Københavns Kommune, Teknik- og Miljøforvaltningen, tlf. 33 66 33 66

Center for Miljø:

- generelt om inspirationskataloget og om myndighed ift varmeplanlægning

Center for Byggeri:

- om kommunens myndighedsbehandling af lavenergibyggeri

Center for Bydesign:

- om planprocessen i Københavns Kommune

Københavns Kommune, Økonomiforvaltningen tlf. 33 66 33 66

- om kommunal planlægning

Københavns Energi, tlf. 33 95 33 95

- om energiforsyning i Københavns Kommune



ENERGIØRESUND



DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Fond for Regionaludvikling

EnergiØresund – et energisamarbejde på tværs af Øresund