

# Energioptimering af kontorbygninger



- 3 Bygningstyper
- 4 Oversigt
- 5 Varmeakkumulering
- 6 Vinduesareal
- 7 Solafskærmning
- 8 Opvarmning
- 9 Ventilation
- 10 Køling
- 11 Belysning og udstyr
- 12 Superoptimering
- 13 Efterskrift

## Introduktion

I projektet "Energioptimering af kontorbyggeri" er undersøgt, hvordan energiforbruget i en kontorbygning varierer med bygningens form og orientering samt udformningen af klimaskærm og installationer. Parallelt hermed er det resulterende termiske indeklima undersøgt. Nærværende pjece indeholder et koncentrat af de resultater og observationer, som beregningerne har afdækket.

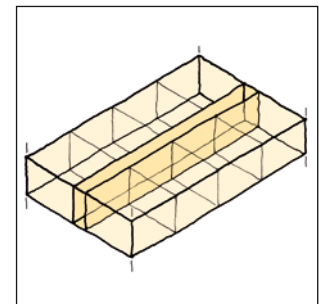
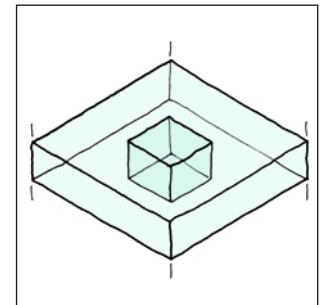
Formålet med pjecen er at give en kort, overskuelig oversigt over projektets resultater, således at de kan indgå i planlægningen og projekteringen af kontorbyggerier, hvor der arbejdes med energibesparelser. Endvidere kan den metodik, der er anvendt i analyserne, tjene som inspiration for, hvordan sådanne analyser kan udføres – også for andre typer bygninger. Navnlig i de indledende faser af en projekteringsproces er det nyttigt at kunne støtte sig til nogle overslagsmæssige "håndregler", således at projektteamet ikke behøver at foretage tidskrævende simuleringer på det tidspunkt.

I projektet er analyseret to hovedtyper af bygninger: *Punkthuset* og *Stanghuset* (se illustrationer til højre). For hver af disse er der udført variationer af følgende parametre:

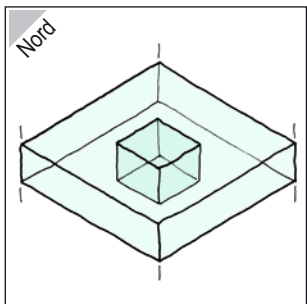
- Bygningens orientering
- Klimaskærmen
- Den termiske akkumulering
- Vinduernes placering og størrelse
- Solafskærmningens type og orientering
- Systemer til ventilation, køling og opvarmning
- Styling af belysning
- Energiforbrug til belysning og udstyr
- Persontæthed

Beregningsresultaterne udtrykkes dels som primærenergiforbruget i kWh/m<sup>2</sup>/år og dels som andelen af arbejdstimer over et år, som ligger i komfortzonen. Komfortzonen er her defineret som operativ temperatur i intervallet 21,5 < t < 24,5 °C. Til beregningerne er anvendt simuleringsprogrammet BSim. Der er i alle tilfælde taget udgangspunkt i en referencebygning. Referencebygningens egenskaber er anført under de respektive emner. Se s. 13 for forudsætninger.

Det skal understreges, at beregningsresultaterne naturligvis ikke kan overføres direkte til projekter, der ikke har samme bygningsudformning og aptering som de undersøgte. Men det er forfatterens vurdering, at de størrelsesordener og tendenser, som er illustreret i pjecen, har en høj grad af generalitet.



# Bygningstyper



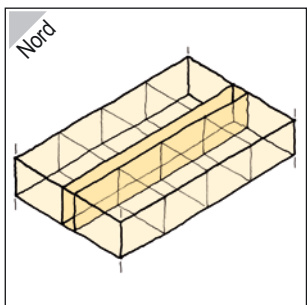
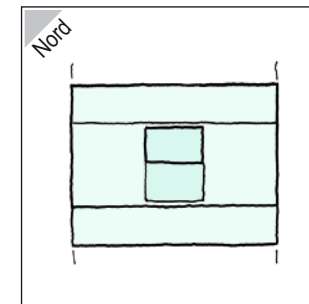
## Punkthus med åben plan orienteret nord-syd

Punkthuset er indrettet med ét storrums kontor pr. etage og en kerne med servicefunktioner i bygningens midte. Bygningens dimensioner er afpasset således, at der kan opstilles skriveborde i 2 rækker langs facaden. Der er regnet med et nettoareal på 10 m<sup>2</sup> pr. person, hvortil kommer kernen samt et gangareal rundt om denne. Hver etage rummer 24 kontorarbejdspladser i referencetilfældet. Dette giver en punktformet (kvadratisk) bygning med:

- En sidelængde på 20 meter
- En bygningskerne med en sidelængde på 7 meter
- En rumhøjde på 2,7 m fra gulv til underside af nedhængt loft.
- Facader orienteret mod henholdsvis N, S, Ø og V.

## Punkthus med åben plan orienteret nordøst-sydvest

Som det nord-syd vendte punktthus, men blot drejet 45° i forhold til verdenshjørnerne. Bygningens hjørner er dermed orienteret mod henholdsvis N, S, Ø og V.



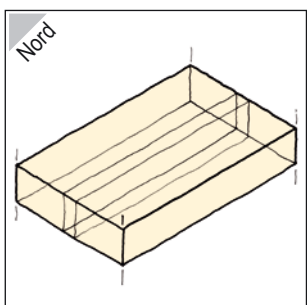
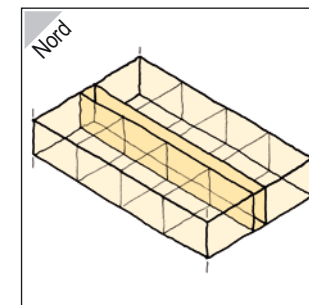
## Stanghus med cellekontorer orienteret nord-syd

Stanghuset er indrettet med cellekontorer og en langsgående midtergang. Bygningens dimensioner er fastlagt ud fra dybden på et typisk cellekontor (4,8 m). Midtergangens bredde er sat til halvdelen af dybden på et kontor, således at bygningsbredden bliver 12 meter. Dette har resulteret i et stanghus med:

- Kontorerne er 2,4 meter brede, med et nettoareal på 11,5 m<sup>2</sup>.
- Rumhøjden er i referencetilfældet 2,7 meter målt fra undersiden af nedhængt loft.
- Der regnes med 1 person pr. kontor.
- Facaderne er orienteret mod henholdsvis N og S, og gavle mod Ø og V.

## Stanghus med cellekontorer orienteret øst-vest

Som det nord-syd vendte stanghus med cellekontorer, men blot drejet 90° i forhold til verdenshjørnerne.

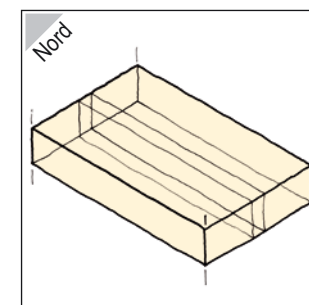


## Stanghus med åben plan orienteret nord-syd

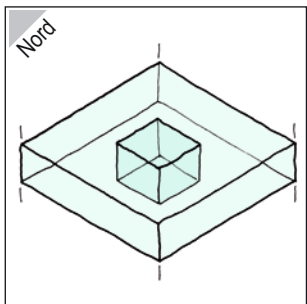
Denne variant af stanghuset er indrettet med ét storrums kontor samt et åbent gangareal (uden skillevægge) gennem midten af bygningen i dennes længderetning. Bygningen har samme bredde og rummer i referencetilfældet samme antal personer som i tilfældet med cellekontorer. Bygningen er orienteret med facader mod henholdsvis N og S, og gavle mod Ø og V.

## Stanghus med åben plan orienteret øst-vest

Som det nord-syd vendte stanghus med åben plan, men drejet 90° i forhold til verdenshjørnerne.

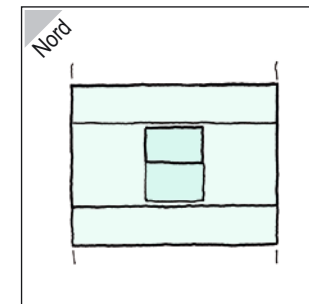
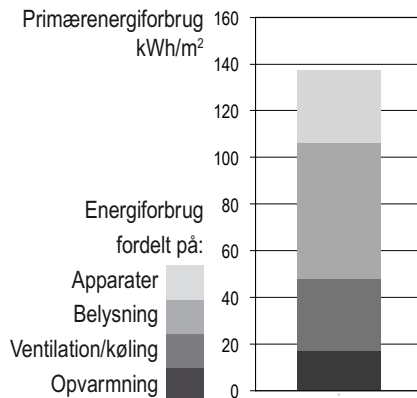
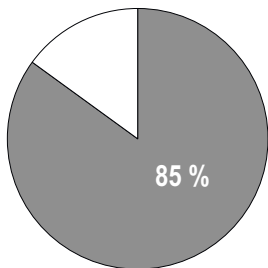


# Oversigt



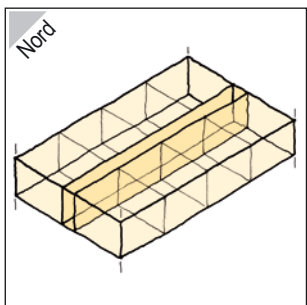
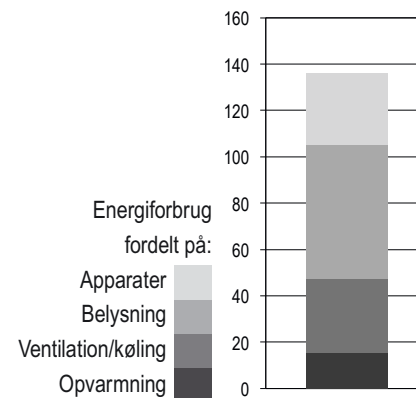
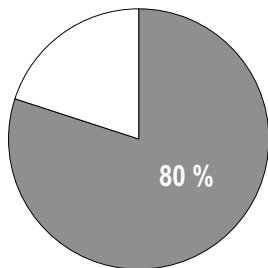
## Punkthus med åben plan orienteret nord-syd

Andel af arbejdstimer over hele året i komfortzonen mellem 21,5 og 24,5 °C



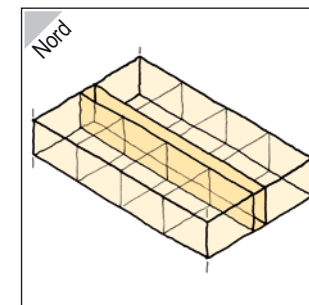
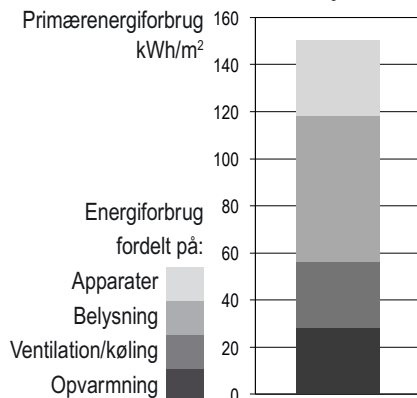
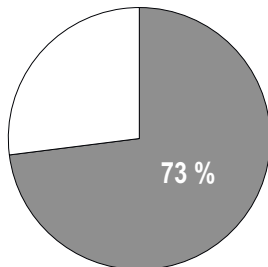
## Punkthus med åben plan orienteret nordøst-sydvest

Andel af arbejdstimer over hele året i komfortzonen mellem 21,5 og 24,5 °C



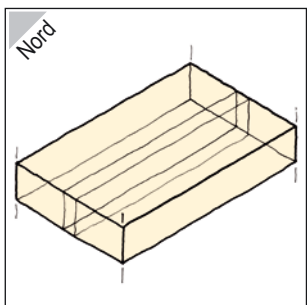
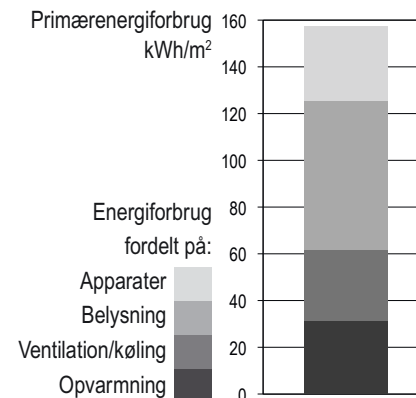
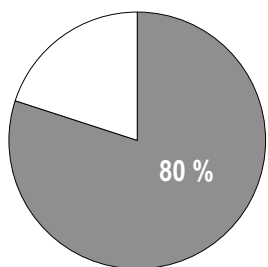
## Stanghus med cellekontorer orienteret nord-syd

Andel af arbejdstimer over hele året i komfortzonen mellem 21,5 og 24,5 °C



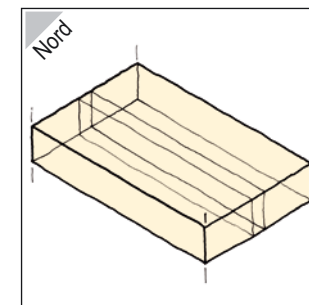
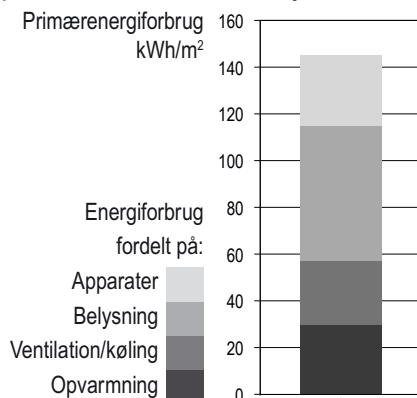
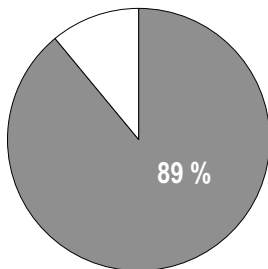
## Stanghus med cellekontorer orienteret øst-vest

Andel af arbejdstimer over hele året i komfortzonen mellem 21,5 og 24,5 °C



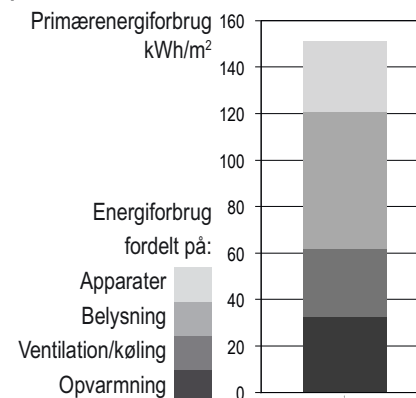
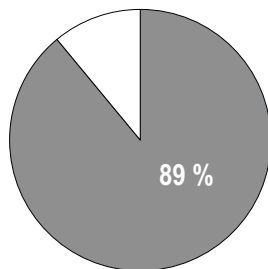
## Stanghus med åben plan orienteret nord-syd

Andel af arbejdstimer over hele året i komfortzonen mellem 21,5 og 24,5 °C



## Stanghus med åben plan orienteret øst-vest

Andel af arbejdstimer over hele året i komfortzonen mellem 21,5 og 24,5 °C



# Varmeakkumulering

Eksposering af indvendige overflader med stor varmekapacitet anses ofte for at være et vigtigt virkemiddel for passiv klimatisering af bygninger. Det gælder særligt under sommerforhold, hvor det er interessant at lade de tunge materialer optage den tilførte varme om dagen – for så om natten at opbygge en kølekapacitet ved at køle materialerne ned med udeluft. Derved kan energiforbruget til mekanisk køling reduceres eller helt elimineres.

Der er foretaget beregninger på typiske fordelinger af varmeakkumulerende elementer i et kontor, dvs. hvor den termiske masse placeres i kontorets loft- og/eller facadekonstruktioner, og hvor omfanget af det nedhængte loft varieres.

## Let facade og Let loft

Bygningen er udstyret med en let facade bestående af et skelet med udfyldning af isolering og pladebeklædning på begge sider. Etagedækkene er udført i beton huldækelementer, og der er et nedhængt loft af mineraluldsplader.

## Tung facade og Let loft (reference)

Her er den lette facade erstattet af en tung facade i form af bærende betonsandwichelementer.

## Tung facade og Delvist tungt loft

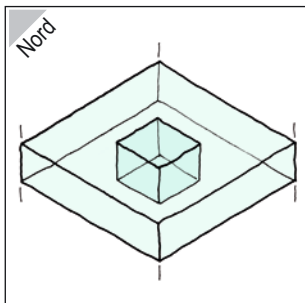
Her bibeholdes betonsandwichfacaden, men det nedhængte loft fjernes over 20 % af loftsarealet, således at undersiden af betondækket bliver eksponeret inden for dette areal.

## Tung facade og Tungt loft

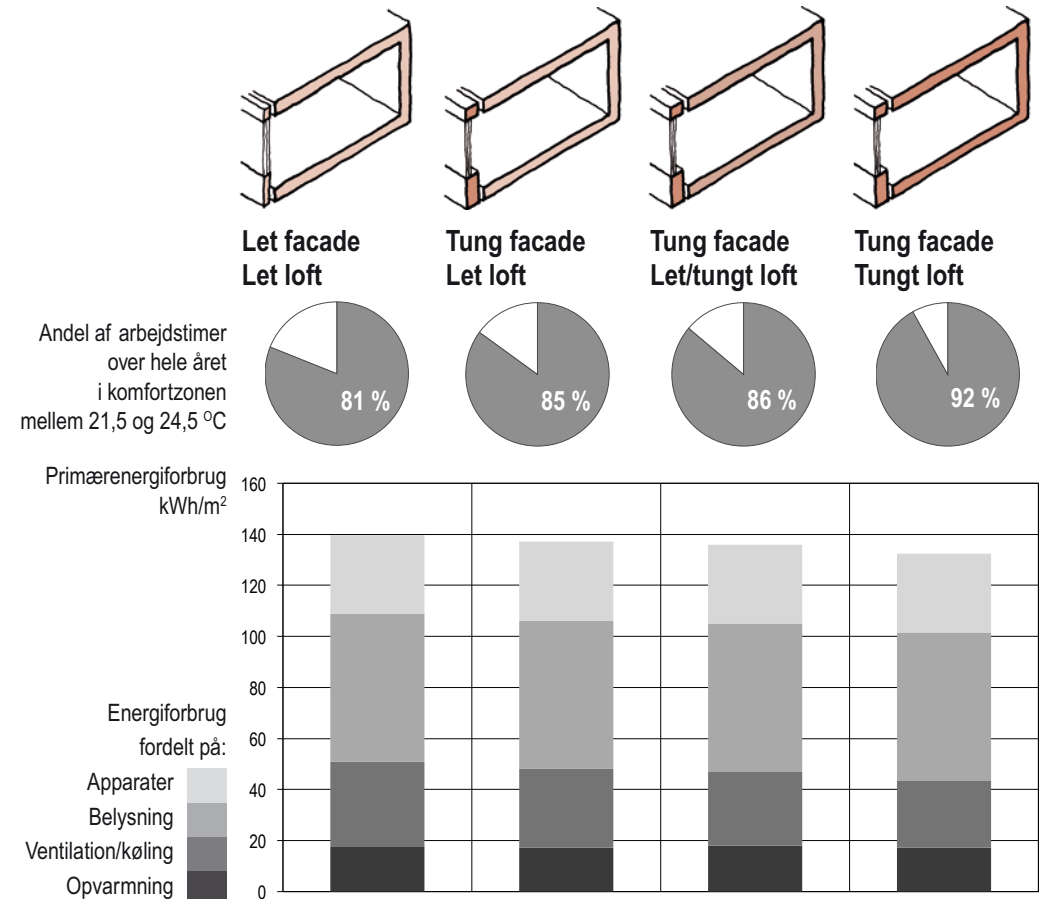
Her fjernes det nedhængte loft fuldstændigt, og hele betondækkets underside bliver eksponeret. Denne løsning kræver nøje overvejelser mht. den resulterende rumakustik.

## Konklusion

Tilgangen til varmeakkumulerende masse har kun en lille indflydelse på det årlige energiforbrug, hvorimod betydningen for rumtemperaturen er langt større – jo mere tilgang til akkumulerende masse, jo flere timer inden for komfortzonen.



Kontor med høj termisk masse  
Pihl & Søn, Lyngby



# Vinduesareal

Vinduernes andel af facadearealet spiller en stor rolle for bygningens energiforbrug. Sammenhængen mellem vinduesareal og energiforbrug er dog ikke altid helt entydig:

- Store vinduer giver stor varmetilførsel af passiv solvarme, men desværre på tidspunkter, hvor der ikke er behov for varmen
- Store vinduer slipper meget dagslys ind, men har også et stort transmissionstab om vinteren

Vinduesarealet giver således nogle modsat rettede effekter, og det kræver en nærmere analyse at beregne det vinduesareal, der er optimalt ud fra en energiteknisk synsvinkel. De følgende scenarier er beregnet med vinduer uden solafskærmning. Det skal bemærkes, at der ikke er regnet med automatisk styring af kunstlyset.

## Små vinduer i facaden

Vinduesarealet udgør her 15 % af etagearealet – hvilket i mange projekter kunne være det mindst mulige vinduesareal under hensyn til daglystilførsel og udsyn.

## Større vinduer i facaden (reference)

Underopdelt vinduesbånd fra 0,8 m over gulv til 0,6 m under nedhængt loft, svarende til 22 % af etagearealet.

## Vinduesbånd med brystning

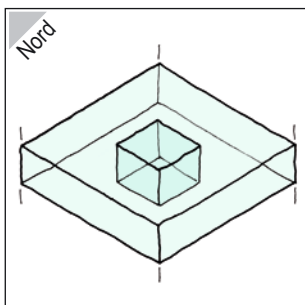
Kontinuerligt vinduesbånd med 0,8 m brystning, men med vinduer helt op til underside af nedhængt loft, svarende til 36 % af etagearealet. Denne variant giver en stor tilførsel af dagslys.

## Glasfacade fra gulv til loft

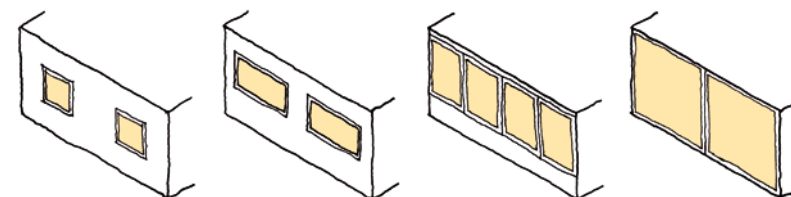
Her dækker vinduerne facaden fra gulv og op til underside af nedhængt loft, svarende til 51 % af etagearealet.

## Konklusion

Det ses på diagrammerne, at der er en klar sammenhæng mellem vinduernes areal og såvel energiforbrug som temperatur: Jo større vinduesareal, jo større energiforbrug og jo højere rumtemperatur. Dette gælder således uanset de modsat rettede effekter, der er omtalt øverst på siden.



Arkitektonisk spil med begrænsede vinduesarealer  
FIH-Bank, København



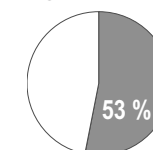
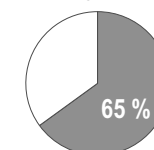
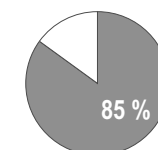
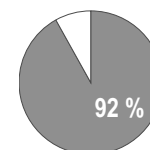
Små vinduer i facaden

Større vinduer i facaden

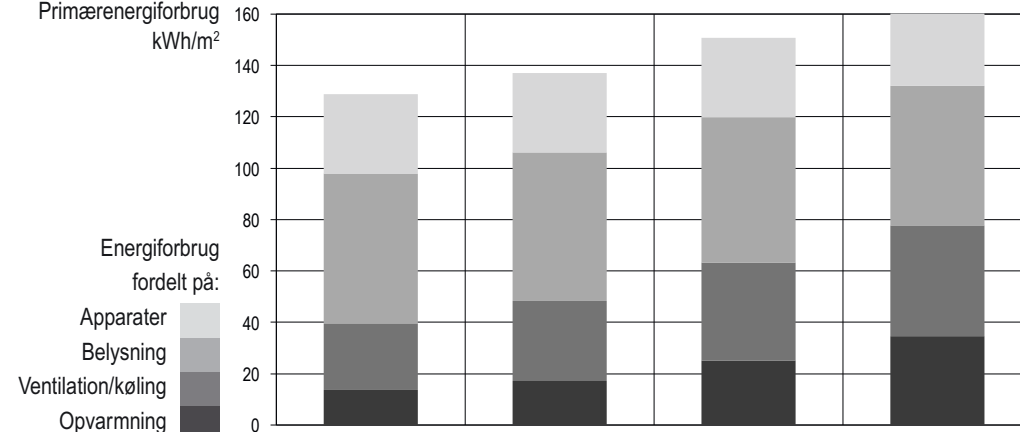
Vinduesbånd med brystning

Glasfacade fra gulv til loft

Andel af arbejdstimer over hele året i komfortzonen mellem 21,5 og 24,5 °C



Primærenergiforbrug kWh/m<sup>2</sup>



# Solafskærmning

Solafskærmning påvirker solindfaldet gennem vinduerne – og dermed både solvarmetilførslen og dagslystillførslen. Bevægelige solafskærmninger udmærker sig frem for faste afskærmninger ved netop at kunne tilpasses efter prioriteringen mellem varmetilførsel og dagslystillførsel.

Det skal bemærkes, at der ikke er regnet med automatisk styring af kunstlyset i nedenstående scenarier. Det betyder, at den kunstige belysning er tændt indenfor kontortiden, året rundt, og er ikke påvirket af mængden af dagslyset.

## Uden afskærmning (reference)

En bygning uden solafskærmning anvendes som reference.

## Vandret fast solafskærmning

Vandret, fast udhæng med en dybde på 0,5 gange vindueshøjden. Når solen står lavt, vil solen skinne på en del af ruden.

## Vandret bevægelig solafskærmning

Udvendig, automatisk virkende persienner med afskærmningsfaktor 0,1. Persienerne aktiveres, når der er direkte sol på den pågældende facade.

## Solafskærmende glas

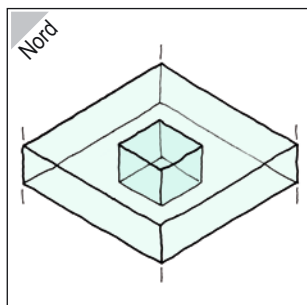
Vinduerne er monteret med solafskærmende glas med en g-værdi på 0,34.

## Konklusion

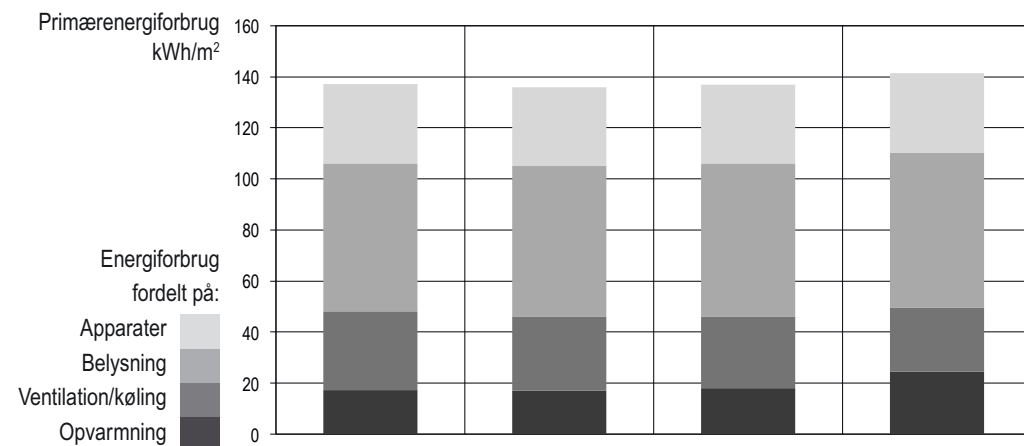
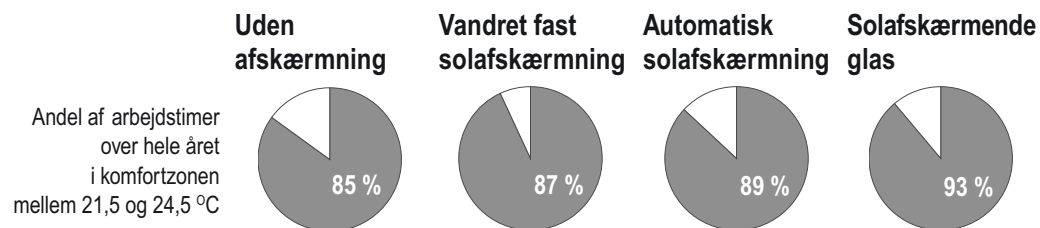
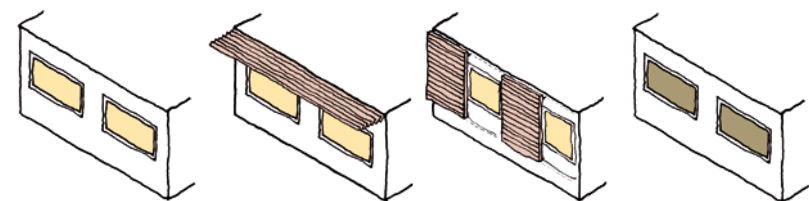
Energiforbruget i de tre første beregningstilfælde er næsten ens. Men antallet af timer inden for temperaturkomfortområdet er svagt stigende med stigende effektivitet af solafskærmningen.

Med solafskærmende glas opnås den højeste andel af arbejdstimer i komfortzonen, men til gengæld en lille stigning i energiforbruget. Dette skyldes, at solvarmetilførslen permanent formindskes i forhold til ruder med almindeligt glas – og dermed også i den kolde del af året, hvor solvarmen kunne have været udnyttet.

Det skal bemærkes, at solafskærmningens betydning for energiforbrug og det termiske indeklima vil stige, hvis vinduesarealet øges.



Automatisk solafskærmning til dagslys- og indeklimastyring CBS, Frederiksberg



# Opvarmning

Den måde, hvorpå varmen tilføres rummene, kan have betydning for både energiforbruget og den termiske komfort.

Gulvvarme vil have en mere træg regulering og derfor have vanskeligere ved at tilpasse ydelsen til det aktuelle behov. Dette problem mindskes dog, når varmebehovet er lavt. I følgende scenarier er opvarmningssystemet kun aktiv i opvarmningssæsonen.

## Kun radiatorer (reference)

Al varmetilførsel sker gennem radiatorer placeret på vinduesbrystningerne.

## Radiatorer og gulvvarme

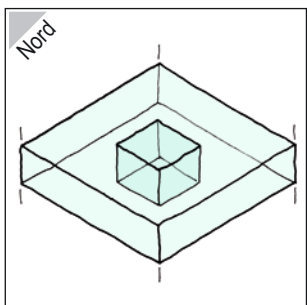
Halvdelen af varmen tilføres i stedet som gulvvarme.

## Kun gulvvarme

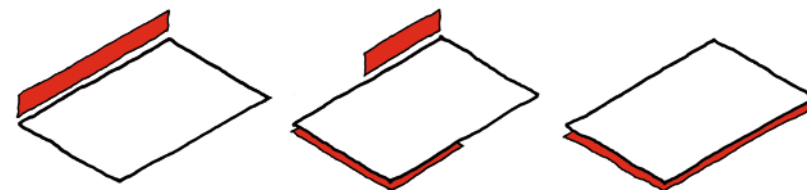
Her tilføres al varmen som gulvvarme.

## Konklusion

Det ses af diagrammerne, at det termiske indeklima er så godt som ens i alle tre scenarier. Energiforbruget viser en faldende tendens med øget brug af gulvvarme. Dette skyldes, at man med stigende andel af gulvvarme kan opretholde den samme operative temperatur med en lavere lufttemperatur.



En effektiv isolering kan minimere opvarmningsbehovet  
Rockwool, Hedehusene

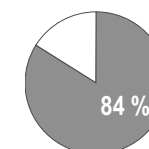
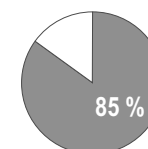
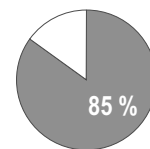


**Kun radiatorer**

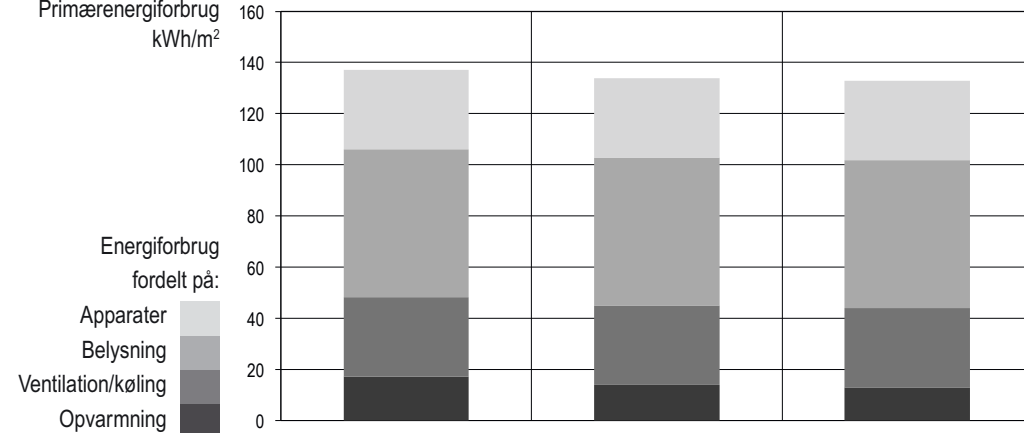
**Radiatorer og gulvvarme**

**Kun gulvvarme**

Andel af arbejdstimer over hele året i komfortzonen mellem 21,5 og 24,5 °C



Primærenergiforbrug kWh/m<sup>2</sup>





# Ventilation

Dimensioneringen, udformningen og styringen af ventilationen er af stor betydning for såvel rumtemperaturen som energiforbruget.

I beregningerne vejer elforbruget til mekanisk ventilation tungt, idet det ganges med 2,5 i beregningen af primærenergiforbruget. Det er derfor interessant at søge elforbruget minimeret ved f.eks. kortere driftstid af den mekaniske ventilation og en bedre elvirkningsgrad på anlæggene. I yderste konsekvens kan elforbruget helt elimineres ved kun at bruge naturlig ventilation. Til gengæld bliver varmemeforbruget væsentligt større pga. manglende varmegenvinding.

## Mekanisk ventilation med varmegenvinding (ref.)

Ventilationssystemet er her VAV uden mekanisk køling – med luftskifte op til ca. 5 gange/time. Ventilationen kører inden for kontortiden og desuden i forbindelse med natkøling i varme perioder.

## Mekanisk om dagen – naturlig ventilation om natten

For at nedbringe elforbruget benyttes naturlig ventilation som natkøling.

## Optimeret mekanisk ventilationsanlæg

Ventilationsanlægget fungerer som i referencescenariet, men er optimeret mht. varmegenvindingsgrad og elvirkningsgrad. Endvidere er luftskiftet om vinteren CO<sub>2</sub>-styret og derfor relativt lavt.

## Naturlig ventilation

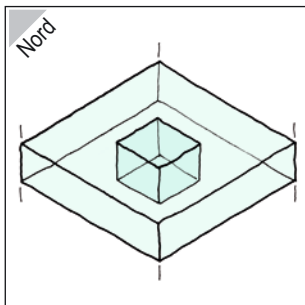
Om vinteren er luftskiftet CO<sub>2</sub>-styret. Om sommeren er luftskiftet desuden styret efter rumtemperaturen, og der er natkøling.

## Konklusion

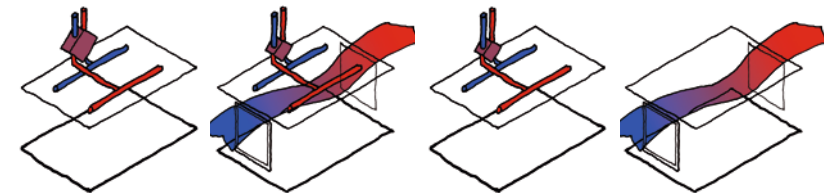
Med naturlig ventilation om natten reduceres energiforbruget en smule og en yderligere reduktion opnås med det optimerede mekaniske ventilationsanlæg uden at rumtemperaturen påvirkes nævneværdigt i nogle af tilfældene.

Det rent naturlige ventilationsanlæg opnår et markant lavere energiforbrug end referencetilfældet. Ganske vist øges varmemeforbruget pga. manglende varmegenvinding, men elforbruget mindskes langt mere, fordi der ikke bruges el til drift af ventilatorer. Ydermere giver det naturlige ventilation flere timer inden for komfortområdet, hvilket må tilskrives ventilatorernes opvarmning af indblæsningsluften.

Forskellen i primærenergiforbrug mellem naturlige og mekaniske ventilationsanlæg vil følgelig afhænge af, hvor store varmeafgivelser fra apparater, mennesker mv. der er til stede i bygningen.



Styret naturlig ventilation i lavenergikontor VKR-Holding, Hørsholm



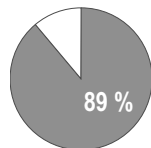
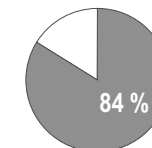
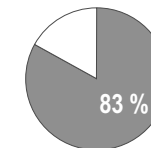
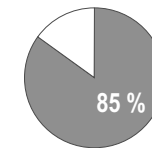
Mekanisk med VGV

Mekanisk (dag) Naturlig (nat)

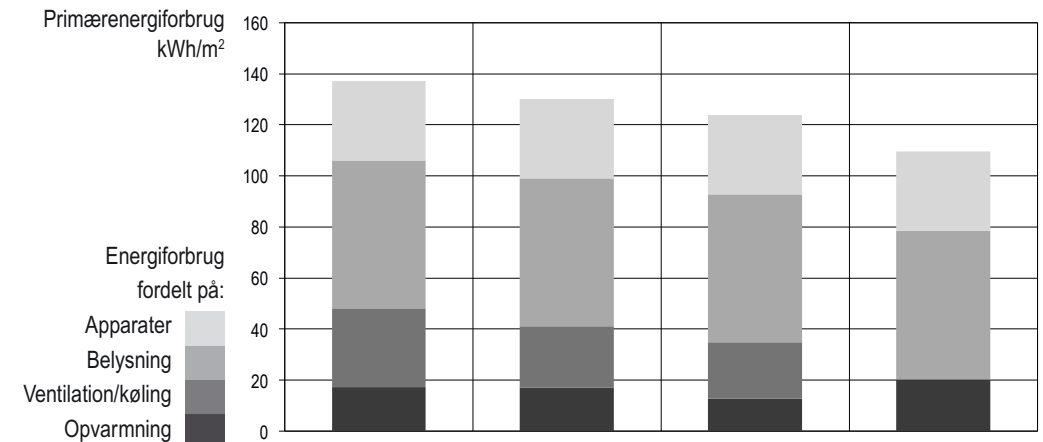
Optimeret mekanisk

Naturlig ventilation

Andel af arbejdstimer over hele året i komfortzonen mellem 21,5 og 24,5 °C



Primærenergiforbrug kWh/m<sup>2</sup>



# Køling

Ingen af de scenarier, der har været analyseret på de foregående sider, har inkluderet mekanisk køling. I en del af scenarierne har det resulteret i, at man ikke har kunnet holde DS 474's anbefalinger vedr. rumtemperatur (max. 100 timer/år over 26 °C og max. 25 timer/år over 27 °C i arbejdstiden).

Mekanisk køling anvendes i mange nyere kontorbygninger på grund af problemer med overophedning, dels fordi der har været en stor vækst i benyttelse af IT-udstyr, og dels fordi der har været en arkitektonisk fokus på anvendelse af store glasfacader. I nedenstående scenarier introduceres derfor mekanisk køling med en tilstrækkelig kapacitet til, at DS 474 anbefalingerne kan overholdes.

## VAV uden køling (reference)

Ventilationssystemet er her VAV uden mekanisk køling – med luftskifte op til ca. 5 gange/time. Ventilationen kører inden for kontortiden og desuden i forbindelse med natkøling i varme perioder.

## VAV med mekanisk køling

Som referencen men suppleret med mekanisk køling som en del af ventilationssystemet.

## CAV med kølebafler

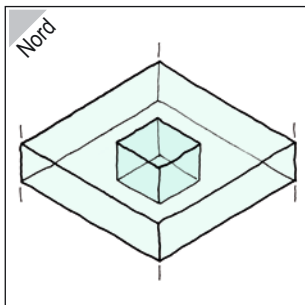
VAV-systemet er her erstattet af et CAV-system med kølebafler og med en luftstrøm svarende til VAV-systemets minimum luftstrøm. Anlægget kører kun i kontortiden, og desuden i forbindelse med natkøling i varme perioder.

## Konklusion

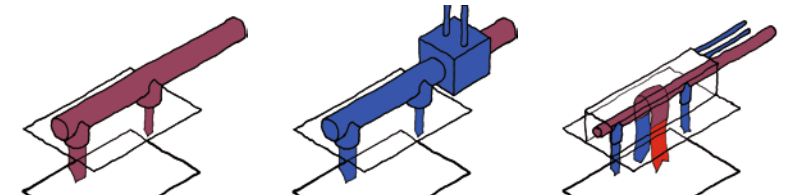
Introduktion af køling i VAV-systemet giver i forhold til reference-scenariet en markant forbedring af rumtemperaturen – og en lille forøgelse af energiforbruget.

Der er yderligere en lille forøgelse af energiforbruget ved CAV, hvilket må tilskrives, at den gennemsnitlige SEL-værdi over året er lavere ved VAV end ved CAV.

Konklusionen er derfor at mekanisk køling resulterer i en forøgelse af primærenergiforbruget. Samlet set giver både VAV med mekanisk køling og CAV med kølebafler næsten samme rumtemperaturer og primærenergiforbrug.



Køling er nødvendigt i mange nyere kontorer  
Vattenfall, Sydhavn

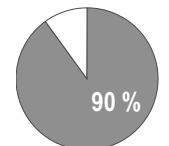
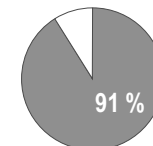
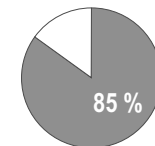


VAV uden køling

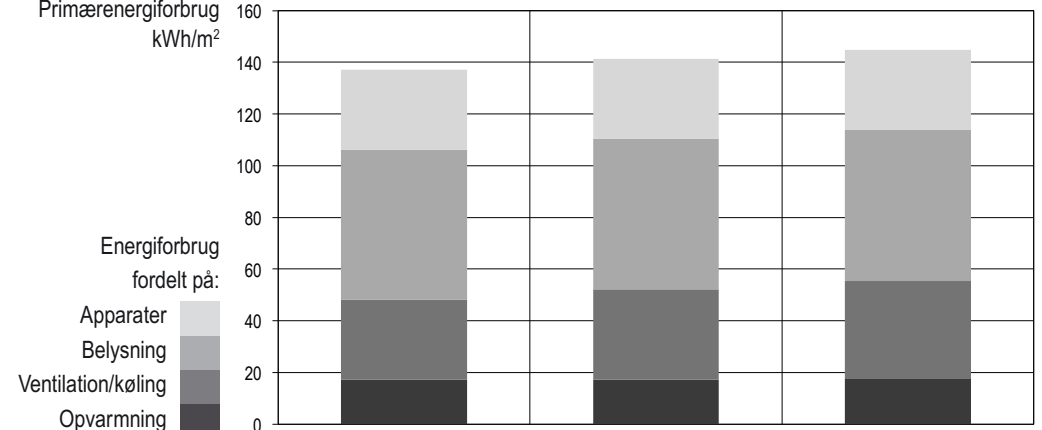
VAV med mekanisk køling

CAV med kølebafler

Andel af arbejdstimer over hele året i komfortzonen mellem 21,5 og 24,5 °C



Primærenergiforbrug kWh/m<sup>2</sup>



# Belysning og udstyr

I alle de hidtidige scenarier har de interne belastninger fra personer, belysning og udstyr været uændrede. En række nyere analyser har vist, at store reduktioner i bygningers samlede primærenergiforbrug kan opnås ved at fokusere på et bredt spektrum af elbesparelser, som er mere omfattende end energibestemmelsernes krav. Derfor analyseres virkningen af at indføre energibesparende belysning og PC'er i nedenstående scenarier.

## Typisk belysning og udstyr (reference)

I referencescenariet er der regnet med, at almenbelysningen er tændt konstant inden for kontortiden, dog afpasset årstiden, således at den afgivne effekt er størst om vinteren og mindst om sommeren. For pc'ernes vedkommende er der regnet med 80 W varmeafgivelse pr. pc, svarende til en stationær PC med fladskærm. Der er regnet med gammeldags skrivebordslamper med 60 W pærer.

## Dagslysstyring og typisk udstyr

Som referencescenariet, men med dagslysstyring af almenbelysningen.

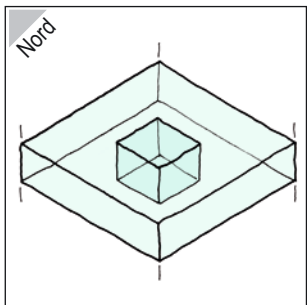
## Dagslysstyring og lavenergiudstyr

Her er der udover dagslysstyring regnet med en varmeafgivelse på 50 W pr. pc, svarende til en bærbart pc med fladskærm. Endvidere er skrivebordslamperne udstyret med lysrør med en effekt på kun 15W og almenbelysningen er gjort mere effektiv.

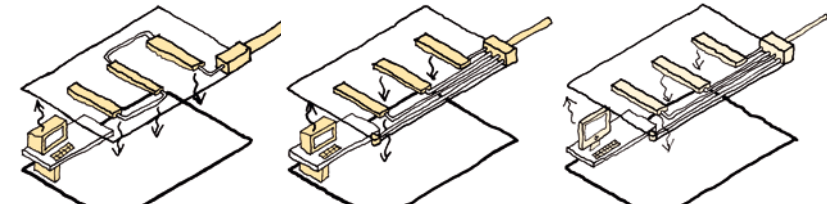
## Konklusion

Af diagrammerne ses, at dagslysstyringen alene ikke rækker ved rumtemperaturen, men der sker en lille formindskelse af energiforbruget på grund af besparelsen i elforbrug. Anvendes derudover pc'er og skrivebordslamper med lav varmeafgivelse, fås en dramatisk forbedring af energiforbruget, men også rumtemperaturen forbedres.

Traditionelle betragtninger om apparaters varmeafgivelser som en gratis tilskudsvarme, der minimerer opvarmningsbehovet, kan derfor ses som problematisk. En indsats rettet mod elbesparelser vil resultere i lavere varmeafgivelser, bedre komfortforhold, et reduceret kølebehov og dermed et mindre primærenergiforbrug som helhed i kontorbygninger.



Kontor med fokus på elbesparende apparater og udstyr  
KfW Banken, Frankfurt

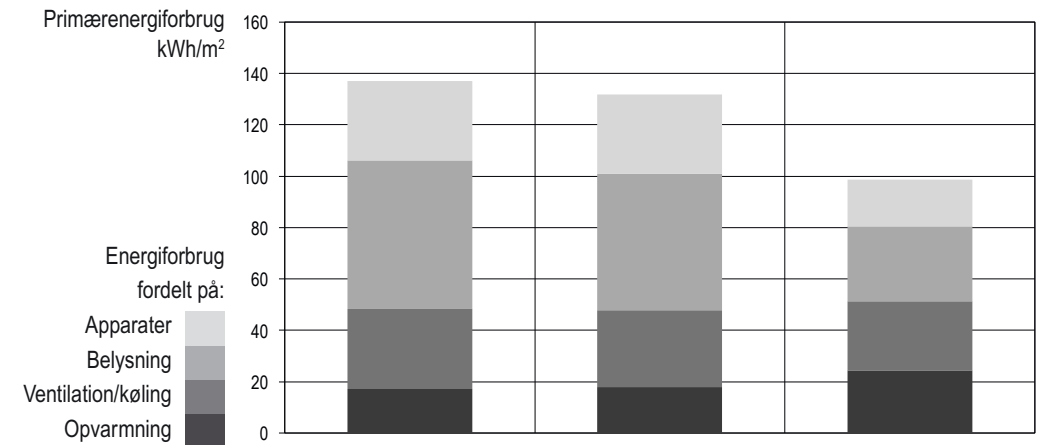
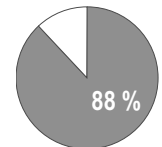
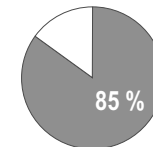
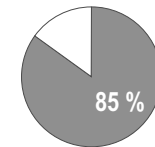


Typisk belysning og udstyr

Dagslysstyring og typisk udstyr

Dagslysstyring og lavenergiudstyr

Andel af arbejdstimer over hele året i komfortzonen mellem 21,5 og 24,5 °C



# Superoptimering

Betydningen af bygningens overordnede udformning og orientering er beskeden, som vist i afsnittet *Oversigt*. Der kan dog aflæses en tendens til, at der med åbne indretninger opnås et lavere energiforbrug og en højere termisk komfort end med cellekontorer. Disse åbne indretninger øger samtidigt fleksibiliteten i bygningen.

Generelt udviser de beregnede eksempler relativt små forskelle i forbruget af primærenergi. Dette hænger bl.a. sammen med, at belysningen kun reguleres i enkelte af eksemplerne. Og da elforbruget til belysning generelt er det største enkeltbidrag til primærenergiforbruget, giver variationen af de øvrige parametre kun anledning til forholdsvis små ændringer af det samlede energiforbrug.

For at sammenfatte resultaterne præsenteres her et superoptimeret lavenergikontor, som er kumulativt beregnet:

## Reference

Bygningen udformet som referencescenariet.

## Dagslysstyring og lavenergiudstyr

Til referencescenariet tilføjes dagslysstyring og lavenergiudstyr.

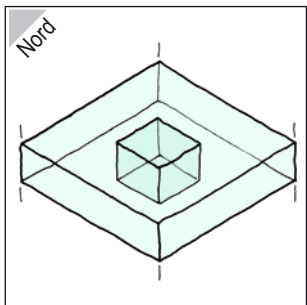
## Naturlig ventilation om sommeren - Mekanisk VGV om vinteren om dagen

Reference-scenariets VAV-anlæg erstattes døgnet rundt udenfor opvarmningssæsonen og udenfor arbejdstiden i opvarmningssæsonen af naturlig ventilation. Den naturlige ventilation er CO<sub>2</sub>-styret om dagen og temperaturstyret om natten. VAV-anlægget bibeholdes i arbejdstiden i opvarmningssæsonen.

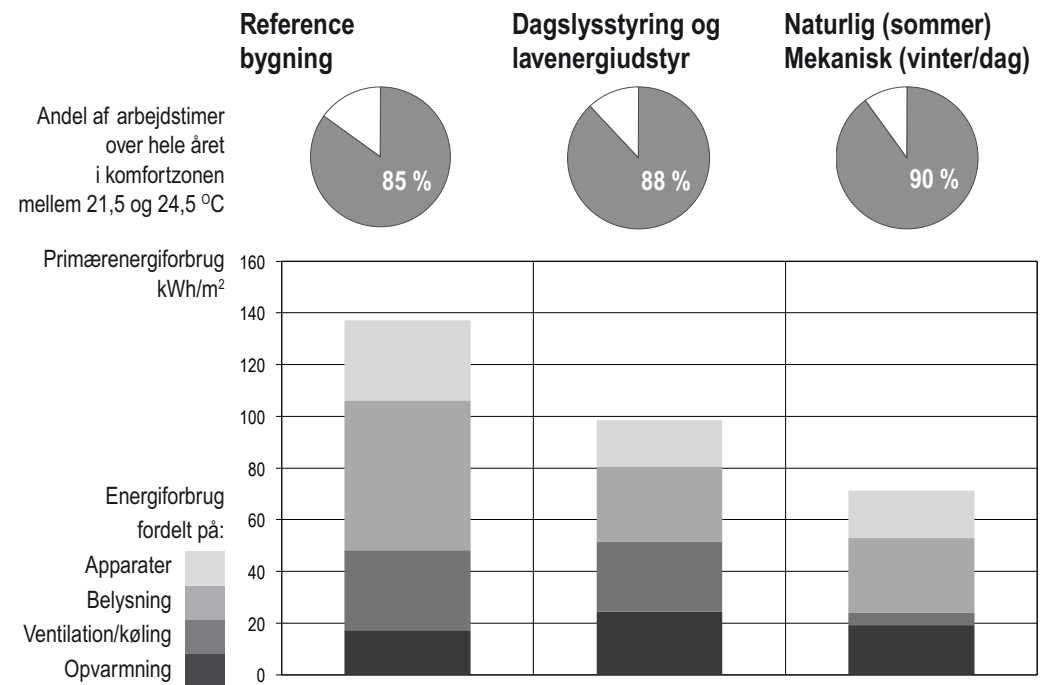
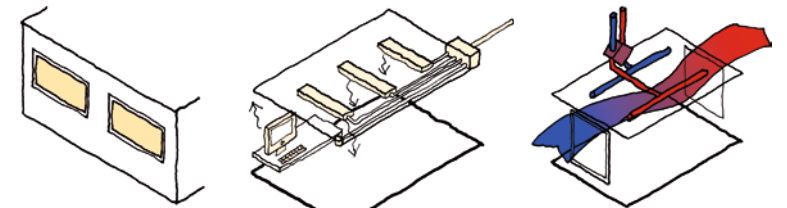
## Konklusion

Resultaterne viser at reduktioner af elforbruget til belysning og udstyr nedsætter det samlede primærenergiforbrug væsentligt – som vist i afsnittet "Belysning og udstyr".

En anden foranstaltning med et stort energibesparelspotentiale er anvendelsen af naturlig ventilation. Selv om der optimeres kraftigt på et mekanisk ventilationsanlæg med samme luftydelse, bliver primærenergiforbruget større end ved naturlig ventilation. Også her ligger besparelspotentialet i reduktionen af elforbruget, der ved omsætning til primærenergiforbrug med en faktor 2,5 får en stor vægt i beregningen.



Lavenergiløsninger i helhedsperspektiv  
EnergiAkademi,  
Samsø



# Bilag

## Fleksibilitet

Bygninger skal kunne fungere godt i mange år efter at de er opført. Anvendelsen kan ændre sig med tiden – f.eks. færre/flere medarbejdere, færre/flere brugere, andre funktioner. Bygningen bør være fleksibel og dermed fremtidsikret. Dette giver sig bl.a. udtryk i:

- Adgang til bygningen - et fælles indgangsparti gør det muligt at ændre antal brugere.
- Adgang til kontorer m.m. - kan bygningen fungere med ændringer i antal brugere.
- Fælles faciliteter f.eks. kantine - gør det muligt at variere antal brugere og man kan udnytte samtidighedsfaktoren til at optimere arealerne.
- Flexibel disponering af etagerne - ved anvendelse af åbne gulvarealer med få faste kerner (toiletter, trapper m.m.) kan der nemt ændres fra cellekontorer til storrumskontorer/møderum/andet eller omvendt.
- Modulopdelte installationer - det giver mulighed for at opstille skillevægge. Varmeanlægget kan zoneopdeles med radiatorer på brystningerne i hvert facademodul f.eks. á 3 meter.
- Overdimensionerede ventilationsanlæg - det bør være muligt at øge luftmængderne nemt, hvis der skulle blive behov for det. Det gælder selvfølgelig især kanalsystemerne - og især i de yderste ender.
- Storrumskontorer - er mindre følsomme for koncentrerede varmebelastninger.
- Møderum - placeres ofte inde i bygningen. Der vil optræde kortere, kraftige varmebelastninger. Det bør overvejes hvordan dette problem løses uden at det påvirker resten af anlæggene.
- Bimålere (varme, vand og el) på de større forbrug - ventilation, server og kantine samt forbruget i kontorområderne. I kontorområderne kan elforsyningen sektionsopdeles og der måles på hhv. edb, lys og almindelige stikkontakter m.m.
- Tomgangstab— det er vigtigt i projekteringsfasen at se på tomgangstabene. Ved ændring af antal personer i bygningen skal energiforbruget ændre sig.
- Lavt energiforbrug - så er man bedre sikret mod de højere energipriser, der må forventes at komme.

## Samlet elforbrug

De simuleringer, der ligger bag pjecen, omhandler kun omkring halvdelen af det samlede elforbrug i et typisk kontorbyggeri. Det er udelukkende forbruget i kontorarealerne, der indgår.

Herudover er der elforbrug i fælles installationer - mange med konstante forbrug (servere og tilhørende installationer, krydsfelter, elevatorer m.m.) og fællesarealer (især køkken). For at opnå et lavt "indbygget" elforbrug er det vigtigt, at man er opmærksom på forbrugene her.

## Projektrapport

En redegørelse for projektet og dets resultater, inklusiv en mere detaljeret beskrivelse af beregningsmodellen og de bygningszoner som er beregnet, findes i projektrapporten:

*Energioptimering af kontorbyggeri. SBI 2011:16.*  
Statens Byggeforskningsinstitut (2011).

Titel	Energioptimering af kontorbygninger
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2011
Forfattere	Jørn Trelidal, Niels Henrik Radisch, Ernst Jan De Place Hansen & Kim B. Wittchen
Sprog	Dansk
Sidetæl	14
Emneord	Bygninger, kontorbyggeri, energiforbrug, energibesparelser
ISBN	978-87-563-1545-6
Layout og redigering	Rob Marsh
Fotos & illustrationer	Rob Marsh
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet Dr. Neergaards Vej 15, DK-2970, Hørsholm E-Post <a href="mailto:sbi@sbi.dk">sbi@sbi.dk</a> <a href="http://www.sbi.dk">www.sbi.dk</a>

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven