

APP. 1 METODE

Afsnittet "metode" har til formål at klarlægge hvilken form for projektstyring der anvendes i projektet. Metoden er til for at styre projektets proces og ende ud med et resultat der er gennemarbejdet og har en udvikling gennem designprocessen.

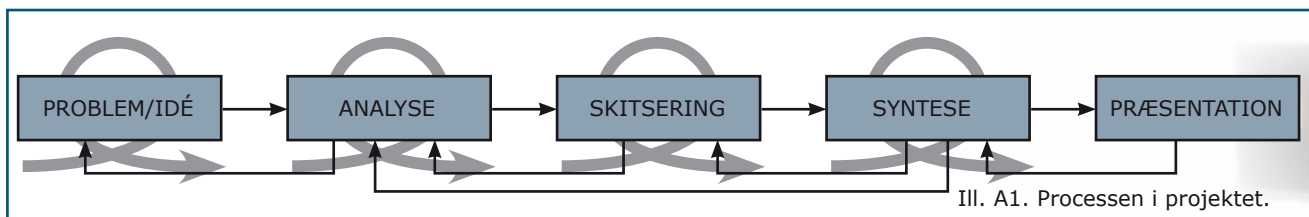
Metoden der anvendes er den "Integrerede Design Metode" (Botin, et.al, 2005). Denne metode er udviklet og anvendt til integreret bygningsdesign på Arkitektur specialet, Arkitektur og Design i Aalborg. Metoden er integreret i den problem-baserede læringsmetode (PBL), som er metoden der dagligt anvendes på Aalborg Universitet.

Hovedformålet med metoden den "Integrerede Design Metode" er at integrere det arkitektoniske, formgivningsmæssige, funktionelle, energi- og klimatekniske og det konstruktionsmæssige, så projektet går op i en højere enhed (Botin, et. al, 2005).

Projektet inddeles i 5 faser:

- Problemformulering / projektidé
- Analysefase
- Skitseringsfase
- Syntesefase
- Præsentationsfase

Processen og sammenhængen mellem disse forskellige faser, er en kompleks mental proces, da man hele tiden går tilbage til tidligere faser og dermed integrere det udførte arbejde løbende i processen. En forenkling af processen er vist på ill. A2.



PROBLEMFORMULERING / PROJEKTIDÉ

Projektidéen fastlægges, samt problemet der ønskes bearbejdet. I dette tilfælde er projektet, at skabe energioptimeret boliger til en grund, hvor der er en klar forestilling om stemningen af området.

ANALYSEFASE

Analysefasen omfatter analyser af alle de forudsætninger der er for at projektet kan udformes. Dette er området, grunden, klimaet, energiforhold og forbrug, adgangsforhold, målgruppen, størrelse, formsprog og meget mere (Ill. 3, side 7). Analyserne skal danne grundlag for en skitseringsfase, så bygningsdesignet bliver en integreret del af området og som er udformet i forhold til en bestemt målgruppe. Denne fase omfatter med andre ord programmet for projektet.

SKITSERINGSFASE

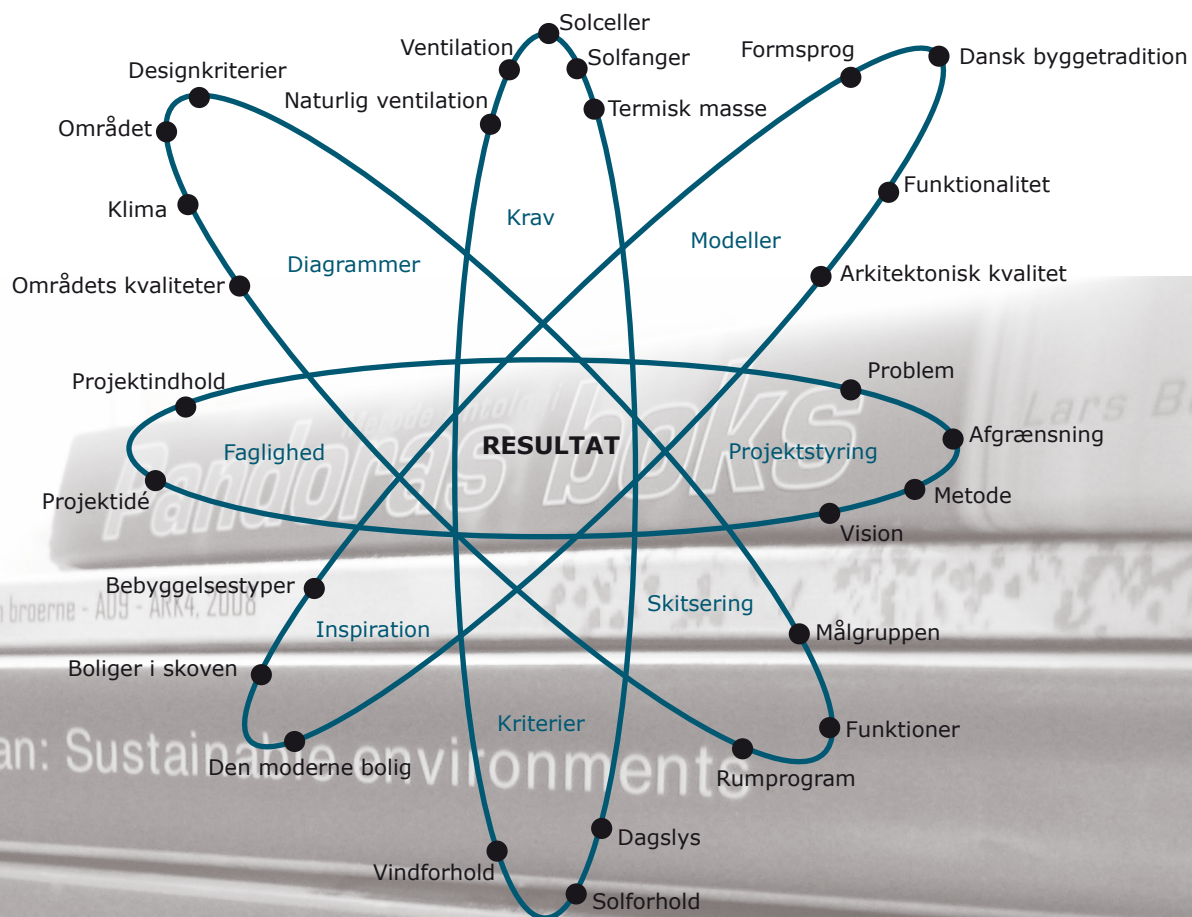
I denne fase skal den arkitektfaglige og ingeniørfaglige viden kombineres. Alle analyserne i forrige fase skal omformuleres til en bygning. Der arbejdes her med både skitsering og fysiske modeller, for at finde et design der lever op til de krav der er opstillet i analysefasen.

SYNTSEFASEN

I denne fase finder bygningen sin endelige udformning. Det vil sige at alle opstillet krav, ønsker og kriterier er opfyldt og bygningen går op i en højere enhed. Beregninger og dokumentering af projektet skal her forekomme.

PRÆSENTATIONSFASE

Denne fase omfatter præsentationen af det endelige produkt. Fasen er meget vigtig, da den omhandler formidlingen af hele projektet. Eksamen indgår også i denne fase, da denne er en vigtig del af præsentationen af projektet. Evnen til at formidle er essensen af denne fase og dermed en afslutning af projektet.



III. A2. Den Integrerede Design Metode illustreret med de fagligheder der ønskes medtaget i projektet.

Der er forskellige måde at gribe en proces an på. I skitseringsfasen og i syntesefasen for projektet, er der blevet arbejdet meget systematisk, for at finde frem til det bedste resultat indenfor projektets muligheder.

Ved hver beslutning eller hver proces, er der udarbejdet en lang række forslag, inden for det område der skal tages beslutning indenfor, hvorefter disse muligheder er sat op imod hinanden og vurderet ud fra analyserne for projektet (ill. A3).

På denne måde udvælges forskellige forslag med forskellige kvaliteter, på samme niveau, som hvis der havde været flere gruppemedlemmer, og en diskussion omkring mulighederne kunne forekomme.



Følgende afsnit har til formål at præsentere hvilke værktøjer der anvendes i projektet, hvad disse værktøjer kan, samt hvordan de anvendes i projektet. Værktøjerne er computerprogrammer og regneark der kan anvendes i designprocessen og til at eftervise forskellige problemstillinger i projektet.

APPENDIKS 2: VÆRKTØJER OG TEORI

Programmerne der anvendes er følgende:

- BE06
- BuildDisk
- Dial Europe
- Månedsmiddel
- Ventilation

Ved præsentationen af hvert værktøj, vil følgende spørgsmål bliver besvaret:

- Hvad er baggrunden for programmet?
- Hvad bruges programmet til?
- Hvad kan programmet?
- Hvordan anvendes programmet i projektet?

Et projekt af Arkitektfirmaet KUBEN vil blive anvendt som eksempel i gennemgangen af beregningerne og programmerne. Projektet er et en-familie passiv hus, som hedder "KOMFORT HUS SKIBET", efterfølgende omtalt som "SKIBET" (se side 65).

Det er et moderne en-familiehus på ca. 132,9 m². Boligen er opbygget omtrent som et kvadrat med en åben grundplan. De lukkede og mere private rum er placeret imod nord, med små vinduer i facaden. Imod syd er opholdsrummet, køkken og alrummet placeret, i åben forbindelse med hinanden. I midten af det åbne rum er en bygningens kerne placeret, som indeholder to badeværelser og bryggers, hvori teknikrummet er placeret. Med denne centrale placering af teknikrum, køkken og badeværelser, vil der i boligen være en kort rørføring, både i forhold til ventilation, men også i forhold til afløb og vandtilførsel. Bygningen er meget kompakt opbygget, hvilket gør at unødigt overfladeareal undgås.

Boligen er opført med fladt tag, som igen minimerer overfladearealet. Taget er ført ud over bygningen i sydsiden, hvilket skaber skygge om sommeren, så bygningen ikke overophedes i de varme måneder. Vægge er opbygget med en stor mængde isolering, de fremstår pudsede og får bygningen til at fremstå lys og moderne.



III. A6. Plantegning "SKIBET", ikke målfast.

APP. 2.1 BE06

HVAD ER BAGGRUNDEN FOR PROGRAMMET?

Be06 er et program udviklet af SBI til eftervisning om en given bygning overholder bygningsreglementets energibestemmelser. Programmet er bygget op omkring bygningsreglementerne BR95 og BR98. Programmet kan stadig anvendes i dag, men resultatet skal efterfølgende vurderes ud fra BR08.

HVAD BRUGES PROGRAMMET TIL?

Programmet anvendes som beskrevet til beregning af en given bygnings energiforbrug. Ved alle nybyggerier skal der sammen med byggeansøgningen vedlægges en energiberegning for bygningen. Denne skal overholde bygningsreglementets energibestemmelser. Efterfølgende skal bygningen energimærkes, før den må tages i brug. Be06 er godkendt program til beregning af bygningens energiforbrug.

HVAD KAN PROGRAMMET?

Programmet er bygget op, med skemaer der detaljeret skal udfyldes, hvorefter energiforbruget kan aflæses. En anden måde at undersøge energiforbruget er, ved at anvende programmet PHPP.

PHPP eller Passive House Planning Package 2007, er et program udarbejdet af "The Passive House Institute", som er grundlagt i 1996 i Tyskland. PHPP er et værktøj til eftervisning om en given bygning opfylder energikravene for en bygning certificeret som et "Passiv hus".

Den væsentligste forskel der er på disse to programmer er at PHPP beregner energiforbruget pr. m² nettoareal, mens Be06 beregner på bruttoarealet, som foreskrives i det danske bygningsreglement. Dette kan betyde at resultatet af beregningerne i Be06 kan blive op til 20 % højere end resultaterne i PHPP.

Der anvendes forskellige temperaturer i de forskellige programmer. PHPP er mere præcis her, idet temperaturen varierer over året og i Be06 er denne konstant. Be06 anvendes i Danmark til dokumentering af bygningers energiforbrug, hvorfor denne også anvendes i projektet.

Be06 kan derfor med fordel anvendes tidlig i processen. Beregningsmetoden er baseret på europæiske standarder og beregningerne udføres på månedsbasis.

Et vigtigt parameter i bygninger med fokus på energi, er bygningens konstruktion i forhold til varmetabet. Kuldebroer er en af de emner der er vigtig at berøre, når der tales lavenergi. Derfor er dette på følgende sider beskrevet.

HVORDAN ANVENDES PROGRAMMET I PROJEKTET?

Programmet vil blive anvendt i processen til vurderingsværktøj, hvis der drages tvivl om de designede konstruktioner er tilstrækkelige, samt som eftervisningsredskab.

APP. 2.2 KULDEBROER

Undgåelse af kuldebroer er en væsentlig del af det at bygge energirigtigt, for at minimere unødigt varmetab gennem bygningen.

Skal bygningen certificeres som passivhus, skal bygningens lufttæthed opfylde en "air leakage test" som opfylder normen "DIN EN 13829" Testen må ikke overskride $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$, ved brug af 50 Pa overtryk og undertryk tests. Områder hvor der er kuldebroer, kan mindske lufttætheden af bygningen.

En kuldebro er et område som er mindre godt isoleret, i forhold til områderne omkring. Der er størst risiko for kuldebroer ved samlinger (III. A7) og ved vinduer og døre.

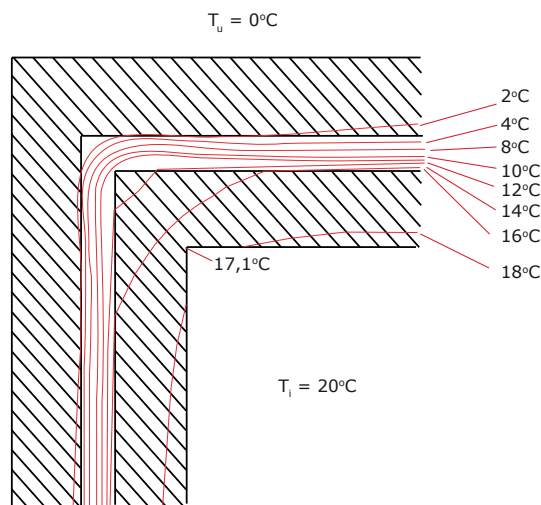
Tidligere byggerier er ikke opbygget med henblik på at undgå kuldebroer, hvorfor disse ofte har et stort varmetab. III. A8 viser en samling mellem mur og vindue, som den tidligere typisk var opbygget. Der opstår en kuldebro, fordi stenene ikke er afbrudt af isolering. Gennemgående materialer fra ydermur til indermur skal derfor undgås. III. A9 viser hvordan kuldebroen kan brydes. Jo bredere, eller jo flere lag glas der er jo bredere kan isoleringen være, og jo mindre varmetab forekommer gennem kuldebroen.

Grunden til at kuldebroen opstår, er på grund af materialets varmeledningsevne [Lambda-værdi]. En rød standard mursten fra Randers tegl har en Lambda-værdi på $0,78 \text{ W/(mK)}$, imens isolering fra ISOVER har en lambda-værdi på $0,037 \text{ W/(mK)}$. Det vil sige at jo højere Lambda-værdi, jo mere varmetab gennem konstruktionen.

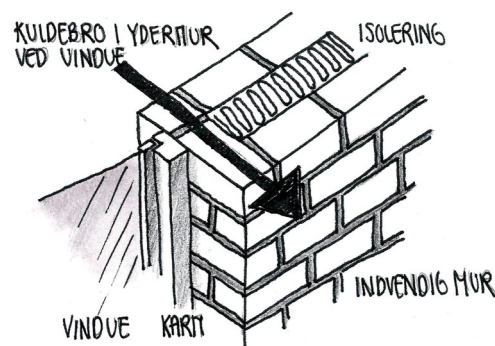
En kuldebro kan opleves som et sted med træk, og kan i nogle tilfælde skabe kondens i bygningen, hvilket kan forårsage fugt og skimmelsvamp i bygningen. Det er derfor vigtigt at undgå kuldebroer.

Der vil altid være en smule varmetab med et vindue, da denne ikke er så godt isoleret som en væg. Men varmetabet kan minimeres, ved at vælge energivinduer, med flere lag glas, så glasset isolere bedre, samt vælge karme der er fremstillet med isolering. Metalrammer skal helst undgås, da disse har en højere varmeledningsevne end eksempelvis træ.

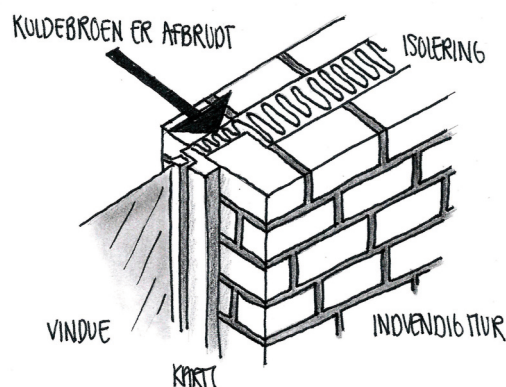
Linietalet gennem kuldebroer skal stadig beregnes, selvom man kalder konstruktionsdetaljerne for "kuldebro-frie". Dette beregnes i meter og er omkring yder- og kælderfundamenter, samt samlinger omkring vinduer og døre. Altså områder som er dårligere isoleret. Linietafsko-efficienten sættes til at være $0,01 \text{ W/mK}$ i beregningerne, som er forudsat at samlingerne er godt udført.



III. A7. Temperaturen er lavere i væggen hjørne, da denne er udsat fra to sider. Kilde: Delvis Roaf et.al, 2003



III. A8. Kuldebro ved vindue.



III. A9. Kuldebro afbrudt med isolering.

APP. 2.3 VINDUER

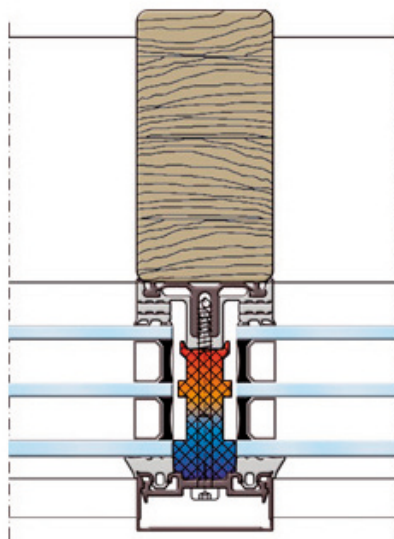
Vinduerne der er valgt i "SKIBET" er Esco - FWT 50-1 HA E-plus (Ill. A10). Rammen på disse har en U-værdi på 0,73 W/m²K, og glasset en U-værdi på 0,49 W/m²K hvilket er meget lavt. Vinduerne er produceret i Tyskland, som er førende indenfor lavenergivinduer. Den har en bredde af 48 mm med tre lag glas og træramme. Den er certificeret af Passive House Institut, hvilket indikerer at den er af høj standard.

Derudover er der ikke noget der synligt adskiller dette vindue fra et almindeligt vindue. Det er et krav at vinduers U-værdi skal ligge under 0,8 W/m²K, for at samlet kunne opfylde passiv hus kravene.

Derudover skal vinduerne have en g-værdi, der sikre at tilstrækkelig dagslys/sollys kan trænge ind gennem vinduet. De valgte vinduer har en g-værdi på 0,47. G-værdien er en solfaktor der beskriver hvor meget sol der kan trænge gennem glasset. Jo højere værdien er, jo mere sol kan trænge ind i rummet (Ill. A12) Denne værdi er derfor meget lav.

Som Ill. A12 viser, er der en sammenhæng mellem glassets tykkelse, g-værdi og temperaturen på indersiden af glasset. Selvom Tre-lags energivinduet har den laveste g-værdi, vil denne stadig være at foretrække, da temperaturen indvendig er højere, samt U-værdie lavere og der forekommer derfor mindre varmetab i bygningen.

Der kommer hele tiden nye vinduer på markedet, som er bedre og varmere, men prisen er ofte også derefter. Prisen i forhold til vinduets kvalitet og funktion skal derfor overvejes.



Ill. A10. Et snit af vinduet valgt i "SKIBET". Kilde: <http://www.esco-online.de/en/frontpage/profile-system/facade-systems/passive-house-facade.html>



Ill. A11. "SKIBET".

Glastype	U-værdi	g-værdi	Indvendig overflade temperatur
Et-lags standard vindue	5,6 W/m ² K	0,92	-1,8 °C
To-lags standard vindue	2,8 W/m ² K	0,80	9,1 °C
To-lags energivindue	1,2 W/m ² K	0,62	15,3 °C
Tre-lags energivindue	0,65 W/m ² K	0,48	17,5 °C

Ill. A12. Værdier der beskriver glassets evner.

APP. 2.4 BUILDDESK

HVAD ER BAGGRUNDEN FOR PROGRAMMET?

BuildDisk er udarbejdet af Rockwool, som producerer isolering og er et anerkendt firma i Danmark. Firmaet er verdens største producent af stenuld med fabrikker og salgskontorer over hele verden. På baggrund af firmaets viden, har denne udarbejdet et program til beregning af konstruktioners evner i forhold til isolering.

HVAD BRUGES PROGRAMMET TIL?

Programmet anvendes til til beregning af U-værdier og til at kontrollere bygningens konstruktioner. BuildDisk, som er et gratis beregningsprogram, der kan findes på www.rockwool.com.

HVAD KAN PROGRAMMET?

Ill. A13 viser skærbilledet for programmet. I venstre side af skærmen, findes en masse standardvægge, som er opbygget i programmet. Disse kan anvendes til, at se hvordan man tidligere har opbygget vægge. Til højre findes en masse forskellige typer materialer, fra forskellige firmaer. Trykker man på et materiale, vises materialets evner i form af materialets isoleringsevne, varmekapacitet, desitet med mere. Materialerne kan herefter sammensættes, så de tilsammen skaber en konstruktionsopbygning.

Opbygges en konstruktion i programmet, ses konstruktionens U-værdi og tykkelse (ill. A13)

The screenshot displays the BuildDesk U 3.3 software interface. The main window is titled 'Løstret konstruktion - Ny ydervæg' and shows a cross-section of a wall assembly. The assembly consists of several layers, with the outermost layer being 'A/S Randers Tegl RT 441 (indv.) Rosa'. The inner layers are labeled 'R1a' and 'R1b'. The software calculates the U-value (U) and thermal resistance (R) for the assembly. The U-value is 0.108 W/m²K, and the thermal resistance is 0.23/0.06 m²K/W. The software also displays the material properties for the selected material, including its density (ρ = 1.0 kJ/kgK) and thermal conductivity (λ = 0.88 W/mK). The interface includes a left sidebar with a 'Bibliotek med opbyggede konstruktioner' (Library of built constructions) and a right sidebar with a 'Bibliotek af materialer, der kan anvendes' (Library of materials that can be used). The bottom of the window shows a 'Sammensætningen af valgte konstruktion' (Assembly of selected construction) section.

Bibliotek med opbyggede konstruktioner

Beskrivelse af materialets egenskaber

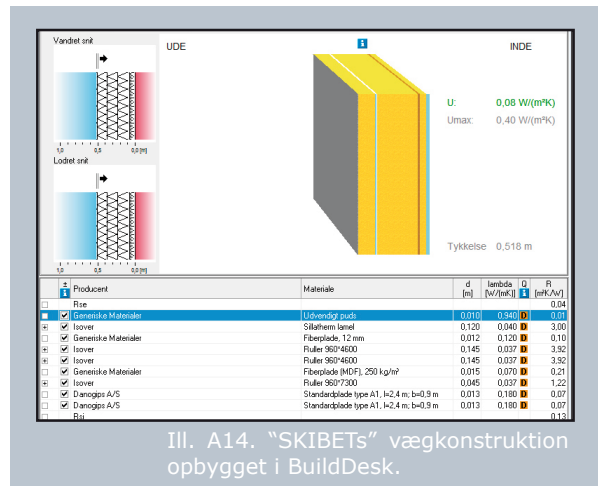
Bibliotek af materialer, der kan anvendes.

Beskrivelse af valgte materialer

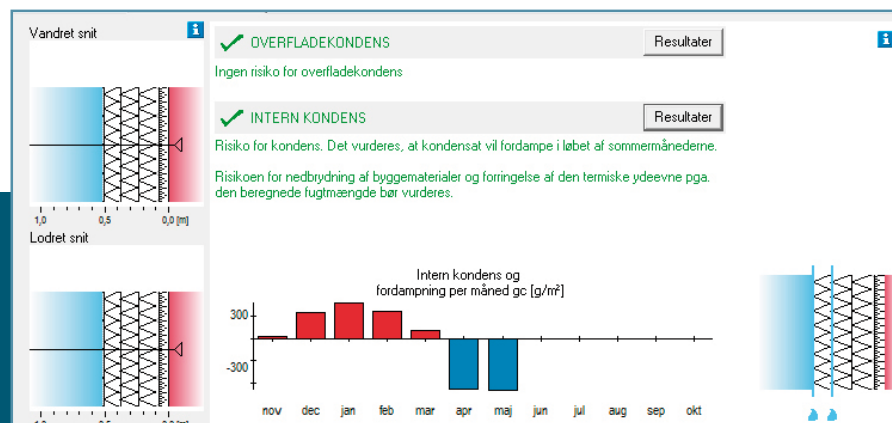
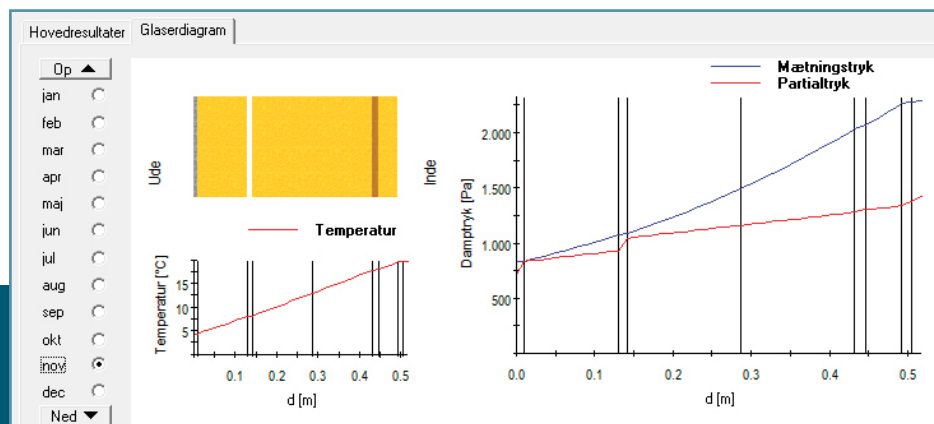
Sammensætningen af valgte konstruktion.

170

Ill. A13. BuildDesk vinduet.



Informationer der kan opnås i programmet er desuden hvordan temperaturen er igen-
nem konstruktionen i de forskellige måneder af året, på ill. A15 er november måned
vist. Derudover kan det aflæses om konstruktionen er tilstrækkelig isolerende, om
der dannes kondens i konstruktionen o.s.v. Programmet er derfor et godt værktøj, når
bygningens konstruktioner skal designes.



HVORDAN ANVENDES PROGRAMMET I PROJEKTET?

Programmet vil løbende blive anvendt, i forbindelse med designet af bygningens konstruktioner. Målet er at skabe en bygning med et meget lavt varmetab gennem konstruktioner, derfor vil programmet blive anvendt i designet af klimaskærmen for bygningen.

APP. 2.5 U-VÆRDIER

Teorien bag BuildDesk er primært teorien omkring U-værdier og U-værdiberegning. På følgende sider vil beregningerne bag U-værdier blive beskrevet.

U-VÆRDIER

U-værdier er altså noget af det vigtigste ved en bygnings konstruktion. En U-værdi er en måde at beskrive en konstruktions isoleringsevne.

En U-værdi er transmissionskoefficienten, det vil sige en betegnelse for den varmemængde der i løbet af en time strømmer igennem en konstruktion på 1 m² (ill. A18, side XX). Jo lavere denne værdi er, jo bedre isolerer konstruktionen.

Komfort Hus "SKIBET" er opbygget med ydervægge af:

Dekorationspuds eller filtpuds fra ISOVER.

ISOVER klæbe- og armeringsmørtel samt ISOVER armeringsnet.

120 mm ISOVER Silatherm Lamel klæbet på fibergips med ISOVER specialklæber til træunderlag.

15 mm diffusionsåben fibergipsplade som Fermacell.

Kerto Finnforest I-bjælke 58/300 pr. 813 mm.

2 stk. 145 mm ISOVER ruller, kl. 37.

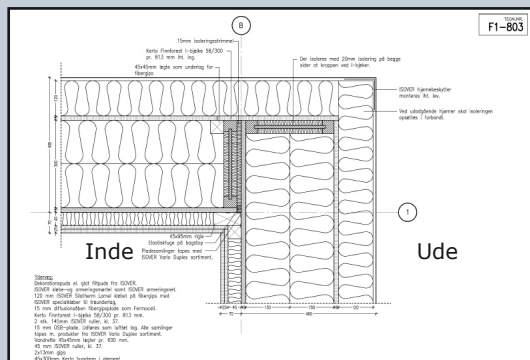
15 mm OSB-plade. Udføres som lufttæt lag. Alle samlinger tapes med produkter fra ISOVER Vario Duplex sortiment.

Vandrette 45 x 45 mm lægter pr. 600 mm.

45 mm ISOVER ruller, kl. 37.

2 x 13 mm gips.

Der findes flere forskellige måder, hvorpå man kan beregne U-værdier. De kan også beregnes i hånden. I projektet anvendes BuildDesk til beregning af U-værdier i designfasen, men for at få en forståelse af hvad U-værdier er, vil der på følgende side, laves en manuel beregning.



Ill. A17. Detailtegning over væggenes opbygning. Tegningen er ikke målfast.

U-værdien for denne konstruktion er beregnet til 0,08 W/m²K, som er et godt stykke under den anbefalede U-værdi for passiv huse, som ligger på 0,15 W/m²K, men bygningens vægge er også forholdsvis tykke.

Et aspekt der skal tages hensyn til, når der beregnes U-værdier imod jorden, er at U-værdier under jorden beregnes lidt anderledes end over jorden, da jorden ikke har nogen varmetransport. Derfor er $R_u = 0$.

U-værdier beregnes således:

$U\text{-værdi} = 1 / (R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_u)$, hvor

R_i = indvendig isolans = $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$

R_u = udvendig isolans = $0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$

$R = d/\text{Lambda}$

d = materialets tykkelse

Labda = materialets varmeledningsevne

Ved manuel beregning af væggenes U-værdier skal vi kende hvert materiales tykkelse, samt varmeledningsevne.

$\text{Labda} = (\text{Mængden af varme } [Q] / \text{Overført pr. tidsenhed } [t]) \times (\text{Afstanden } [L] / (\text{tværsnitsarealet } [A] \times \text{Temperaturforskellen } [\Delta T]))$ (www.wikipedia.org).

Jo lavere varmeledningsevne, jo bedre er konstruktionen. Ved valget af materialer, kan labda-værdien for materialet findes. Derfor kan U-værdien for konstruktionen let beregnes ved:

$$U = 1 / (R_i + R_{\text{puds}} + R_{\text{ISOVER}} + R_{\text{gen.mat.}} + R_{\text{ISOVER}} + R_{\text{ISOVER}} + R_{\text{gen.mat.}} + R_{\text{ISOVER}} + R_{\text{Dangips}} + R_{\text{Dangips}} + R_u)$$

$$R_{\text{puds}} = d/\text{labda} = 0,010/0,940 = 0,0106$$

$$R_{\text{ISOVER}} = 0,120/0,040 = 3,0000$$

$$R_{\text{gen.mat.}} = 0,012/0,120 = 0,1000$$

$$R_{\text{ISOVER}} = 0,145/0,037 = 3,9189$$

$$R_{\text{ISOVER}} = 0,145/0,037 = 3,9189$$

$$R_{\text{gen.mat.}} = 0,015/0,070 = 0,2143$$

$$R_{\text{ISOVER}} = 0,045/0,037 = 1,2162$$

$$R_{\text{Dangips}} = 0,013/0,180 = 0,0722$$

$$R_{\text{Dangips}} = 0,013/0,180 = 0,0722$$

$$U = 1 / 0,13 + 11,5233 + 0,04$$

$$U = 1 / 11,6933$$

$$U = 0,086 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Hvis beregningerne havde anvendt mere afrundede tal, ville resultatet være blevet $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$ og dermed det samme resultat som beregningerne på side xxx.

På samme måde kan U-værdien for vinduer findes. Denne beregning er dog mere kompliceret, da et vindue, er en sammensætning af mange flere forskellige elementer. Beregningsmodellen for vinduets U-værdi lyder som følgende:

$$U = (A_g U_g + L_g Y_g + A_p U_p + A_f U_f + L_k Y_k) / (A_g + A_p + A_f)$$

Hvor

A_g = Glasarealet

U_g = U-værdi for glasareal

L_g = Omkreds på glas

Y_g = Linietab for glasareal

A_p = Fyldningsarealet

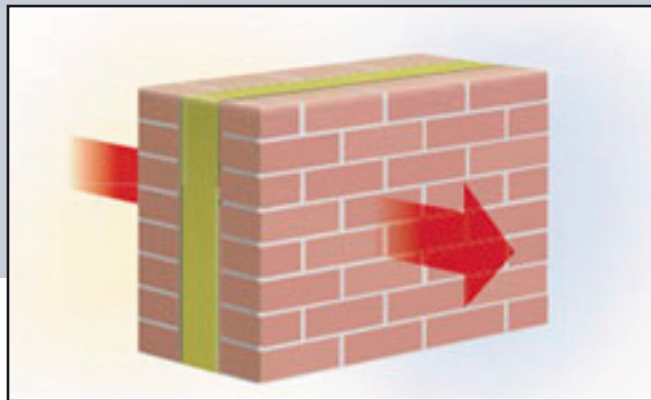
U_p = U-værdi for fyldningsareal

A_f = Karmareal

U_f = U-værdi for karmareal

L_k = Kuldebros længde

Y_k = Linietabet for karmen



Ill. A18. Varmemængden der i løbet af en time, strømmer igennem en konstruktion på 1 m^2 , kaldes for en U-værdi.

APP. 2.6 DIAL EUROPE

HVAD ER BAGGRUNDEN FOR PROGRAMMET?

Dial Europe er et resultat af et forskningsprojekt afsluttet i 2003. Det er en videreudvikling af et program kaldet "Swiss" tool LesoDIAL, som er udviklet i 1999. Programmet blev udviklet til arkitektens design af lys i bygningen.

HVAD BRUGES PROGRAMMET TIL?

Programmet anvendes til bestemmelse af dagslysniveauet i et rum. Programmet er simpelt opbygget, og guider brugeren igennem alle emner der skal udfyldes, på et let og overskuelig måde. Programmet kan derfor med fordel anvendes i designprocessen, da hvert rum hurtigt kan simuleres i forhold til dets lysforhold.

HVAD KAN PROGRAMMET?

I programmet opbygger man det enkelte rum der ønskes undersøgt. Hele bygningen kan ikke modelleres, og rummet der undersøges skal simplificeres til en firkant.

I Dial Europe skal klimaet vælges, samt hvilken type rum man ønsker at simulere, med det ønskede LUX-niveau.

Vinduerne i rummet placeres med de rigtige orienteringer, størrelser, glastyper og karmtyper. Der skal besluttet om der forekommer nogen afskærmning af nogen art. Derefter bestemmes omgivelserne, om der eventuelt forekommer skygger, som kan forhindre dagslyset at nå rummet.

Herefter simuleres dagslysniveauer for det modellerede rum. Et soveværelse i boligen "SKIBET" er modelleret op i programmet og resultatet ses på ill. A20, s. XXX.

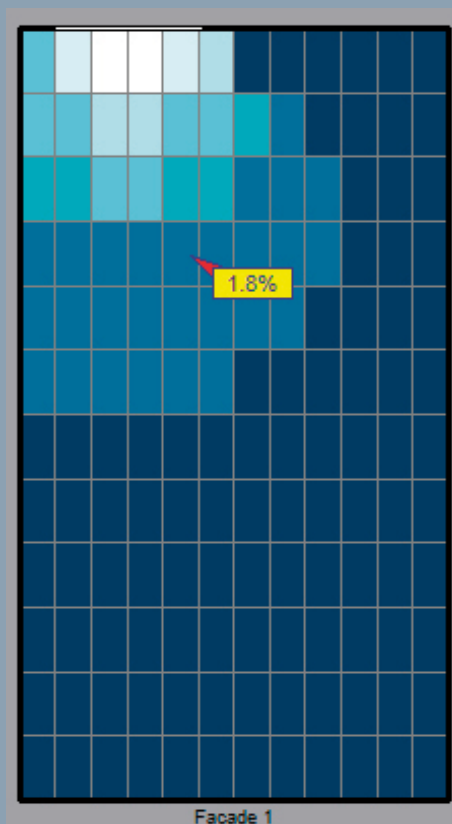
Rummet har en dimension på 2,5 m x 4,5 m, med et vindue på 0,9 m x 1,5 m. Vinduet er placeret i nordlig retning, hvilket medføre et meget lavt dagslysniveau. Et soveværelse har ikke så stort behov for dagslys, som opholdstuen eksempelvis har. Derfor har KUBEN valgt et lille vinduesareal imod nord, for på den måde at spare på varmetabet af bygningen.

Det bedste resultat opnås, når der forekommer et meget jævnt fordelt lys i rummet, alt efter hvad rummet benyttes til. Til hvert simuleret rum, giver programmet eksempler på hvordan dette vil se ud i virkeligheden (Ill. A21, s. XXX).

Til slut foreslår programmet ændringer til rummet, for at forbedre dets dagslysfordeling. Desuden kan programmet simulere kunstig belysning også, hvis dette er relevant for bygningsdesignet.

HVORDAN ANVENDES PROGRAMMET I PROJEKTET?

I projektet vil programmet blive anvendt løbende til bestemmelse af vindues størrelser og placeringer i hvert enkelt rum. Derudover vil programmet til sidst blive anvendt som eftervisningsredskab.



Room Description

Room Height: 2.70, Room Width: 2.5, Room Depth: 4.50, Facade Orientation: 100

Wall Thickness: 0.5, Window Width: 0.90, Window Height: 1.50, Glazing Transmittance: 0.75, Glazing U-Value: 1.7, Glazing g-Value: 0.69, Frame Area: 15

Overhang/Fins Reflectance: 0.6, Overhang Length: 0, Distance to Left Wall: 1.41, Left F-in Depth: 0, Right F-in Depth: 0, Shading Type: No Protection, Summer Shading g-Value: 0, Winter Shading g-Value: 0, Shading Position: Outside

Evaluate / Compare

III. A19. Overblik over indtastede værdier

III. A20. 1,8 %, svare til en LUX-værdi på 180, hvilket ikke er en ret høj værdi. Dagslysniveauet i rummet er ikke specielt godt, dette er også grundet rummets store dybde.

CASE 6

General information

Side Lighting
Single Window

Dimensions

Area (m²):	15
Depth (m):	4.5
Width (m):	3
Height (m):	3
Opening index (%):	9.6
Overhang Depth (m):	-
Overhang Height (m):	-

Photometry (%)

Reflection factor floor:	30
Reflection factor wall:	50
Reflection factor ceiling:	70

Diffuse light
Direct light in summer

Typology Room Comparison

III. A21. Eksempel på et tilsvarende rum.

Programmet er baseret på dagslysberegning, som kan foretages på forskellige måder. Følgende afsnit vil forklare beregningerne bag programmet, for på den måde at få en forståelse for hvad der har indflydelse på dagslysniveauet i boligen. Til afsnittet er "Beregning af dagslys i bygninger" af Christoffersen, J. et al. (2002) anvendt.

APP. 2.7 DIAL EUROPE TEORI

Målet for at arbejde med bevidst dagslyspjektering, er at sikre tilstrækkelig dagslys til boligen i brugstiden, så brugeren kan udføre det planlagte arbejde, uden at anvende kunstig belysning.

Til beregningerne anvendes et vandret punkt i rummet. Det er ikke lige meget hvor i rummet der måles, da dagslysniveauet er aftagende, jo længere væk fra vinduet punktet befinder sig. Et typisk forløb af belysningsniveauet ses på ill. A22. Et punkt i rummet vælges vilkårligt i beregningerne.

Til beregning skal følgende være kendt:

- Lysforhold ude
- Vinduets transmissionsegenskaber (g-værdi)
- Lokalets geometri
- Overfladernes reflekterende egenskaber
- Omgivelsernes karakter

Til Beregningerne på følgende sider anvendes en skabelon, til aflæsning af forskellige værdier (Ill. A23).

Dagslysfaktoren [DF] Beregnes som:

$$DF = SC + ERC + IRC \times (K_1 \times K_2 \times K_3)$$

Hvor

DF = Dagslysfaktoren

SC = Himmelkomponenten

ERC = Udvendig reflekterende komponenter

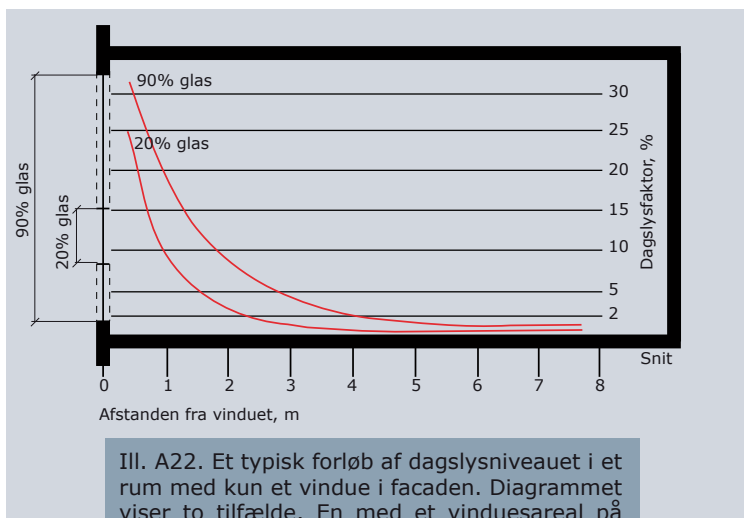
IRC = Indvendig reflekterende komponenter

$K_{1,2,3}$ = Korrektionsfaktor som senere vil blive beskrevet

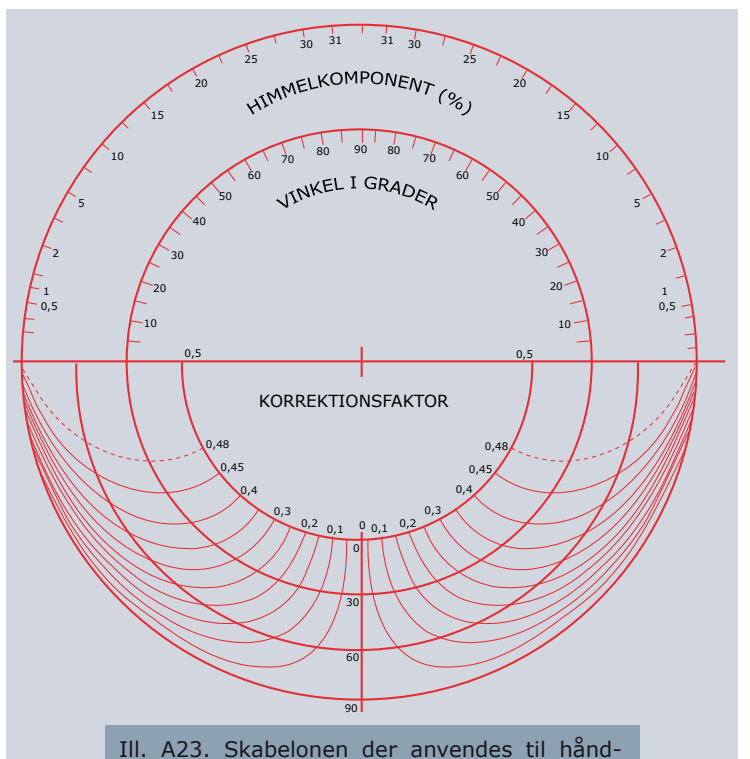
For at finde himmelkomponenten [SC], lægges skabelonen på en snittegning af det rum der beregnes, med centrum af skabelonen i det punkt der ønskes målt (Ill. A24, side 77).

Grunden til at det er himmelkomponenten der er vigtig i beregningerne er, at det er fra himlen langt det meste lys kommer fra. Det vil sige jo tættere et punkt er på vinduet, jo mere himmel bliver synligt fra punktet, og dermed bliver det lysere i punktet.

Udvendigt kan lysstyrken variere meget over både døgnet og året, men også fra det ene øjeblik til det andet. Fra 100.000 Lux om sommeren på en klar dag, til 7.500 på en mørk og overskyet vinterdag. Til beregningerne anvendes en almindelig skyet dag med ca. 10.000 LUX.

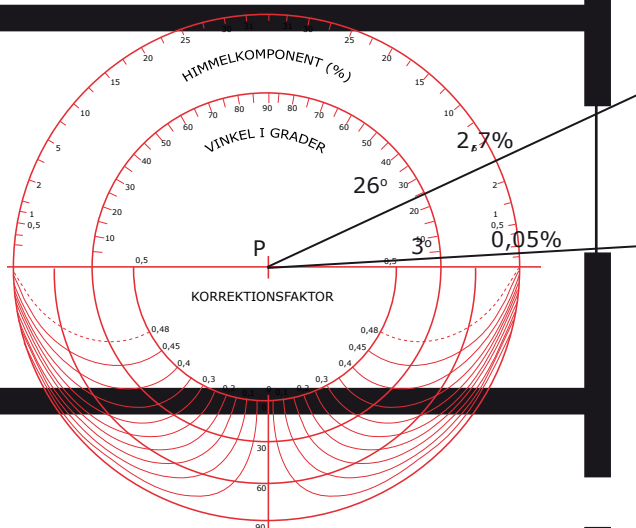


Ill. A22. Et typisk forløb af dagslysniveauet i et rum med kun et vindue i facaden. Diagrammet viser to tilfælde. En med et vinduesareal på 20 % af facadens indvendige areal og en med 90 % vinduesareal. (Kilde: delvis Beregning af dagslys i bygninger...)



Ill. A23. Skabelonen der anvendes til håndberegningerne.

III. A24. Snit



Himmelkomponenten for der lodrette vindue aflæses til 2,7% - 0,05% = 2,65 %. Herefter indsættes skabelonen i planet, for at få himmelkomponenten for det vandrette vindue (III. A29). Her aflæses himmelkomponenten til 0,32% + 0,18% = 0,5%. Den samlede himmelkomponent [SC] er:

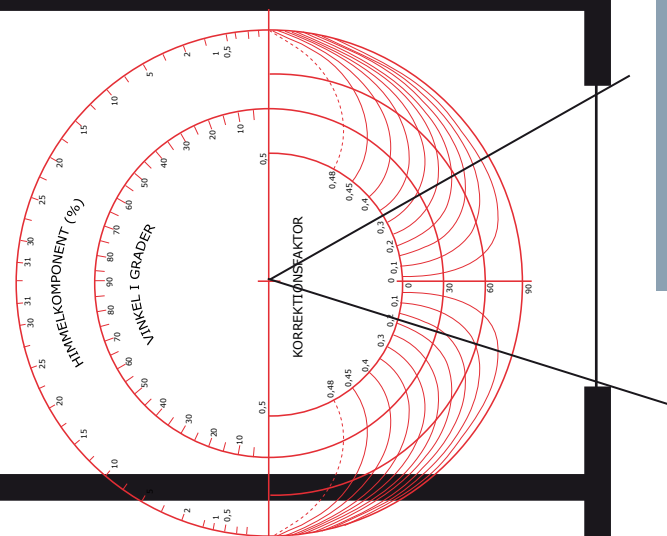
$$SC = 2,65 \times 0,5 = 1,3\%$$

Hvis der er udhæng på bygningen, tegnes sigtelinien herunder.

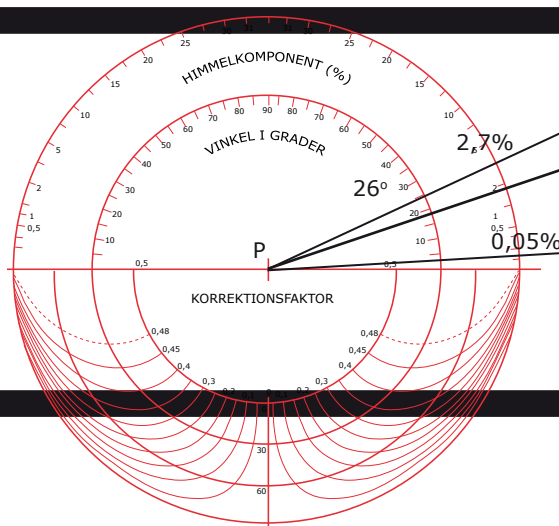
Nu skal området omkring bygningen tages i betragtning (ERC) og trækkes fra himmelkomponenten, hvis der er andre objekter der skygger for himlen (III. A30). Hvis der ikke findes skyggende objekter sættes ERC til 0. Vi forudsætter at der i dette tilfælde ikke er nogen skygger:

$$ERC = 0$$

III. A25. Plan



III. A26. Snit



Nu skal de indvendige reflekterende overflader tages i betragtning (IRC):

$$IRC = ((0,85 \times W) / (A \times (1-R))) \times (C_1 \times R_{fw} + C_2 \times R_{cw}) \%, \text{ hvor}$$

0,85 = Transmittansen for diffust lys gennem en et-lagsrude

W = Vinduets netto glasareal i m²

A = Arealet af rummets flader inkl. vinduesflader i m²

R = Reflektansen af alle rummers overflader

R_{fw}, R_{cw} = Reflektansen for områder med direkte lys

C₁ = konstant for belysningsstyrken fra himlen (opslag)

C₂ = Konstant for belysningsstyrken fra jorden (opslag)

R er som beskrevet middelværdien af reflektanserne (se side XXX) for alle rummets overflader inkl. vinduesareal og beregnes således (Eller slås op i skema):

$$R = \frac{(A_{w1} \times R_{w1} + \dots + A_{wn} \times R_{wn} + A_c \times R_c + A_f \times R_f + A_g \times R_g)}{A_{\text{total}}} \quad \text{Samlet areal}$$

Areal og Reflektans
Areal og Reflektans loft
Areal og Reflektans glas
Areal og Reflektans gulv

IRC Bliver samlet:

$$IRC = ((0,85 \times 6,29) / (175,2 \times (1-0,488))) \times (39 \times 0,337 + 5 \times 0,696) = 1,0 \%$$

Til slut har vi korrektionsfaktorerne, som skal medregnes, for at gøre resultatet mere præcist.

K₁ = Korrektionsfaktor for glassets transmittans (g-værdi)

K₂ = Korrektionsfaktor for sprosser og karm

K₃ = Korrektionsfaktor for snavs

K₁ findes ved opslag (nedenfor).

Glastype	g-værdi
1-lags glas	1,0
2-lags glas	0,92
3-lags glas	0,82
2-lags energiglas	0,80 - 0,88
3-lags energiglas	0,73 - 0,79
Solafskærmende glas	0,30 - 0,70

og indsættes herefter i formelen:

$$K_1 = (0,9 \times g\text{-værdi}) / 0,85.$$

K₁ vælges som 3-lags energirude

K₂ findes ved at finde arealet for sprosser og karm

$$K_2 = (W - W_s) / W, \text{ hvor}$$

W = Arealet af vinduesåbningen

W_s = Arealet af ikke gennemskindeligt areal

Denne sættes til 0,75.

K₃ er korrektionsfaktor for snavs, hvis vinduet ofte bliver pudset er denne lig med 1, men ofte sættes den til 0,9.

Nu kan dagslysfaktoren findes i punktet P:

$$DF = SC + ERC + IRC \times (K_1 \times K_2 \times K_3)$$

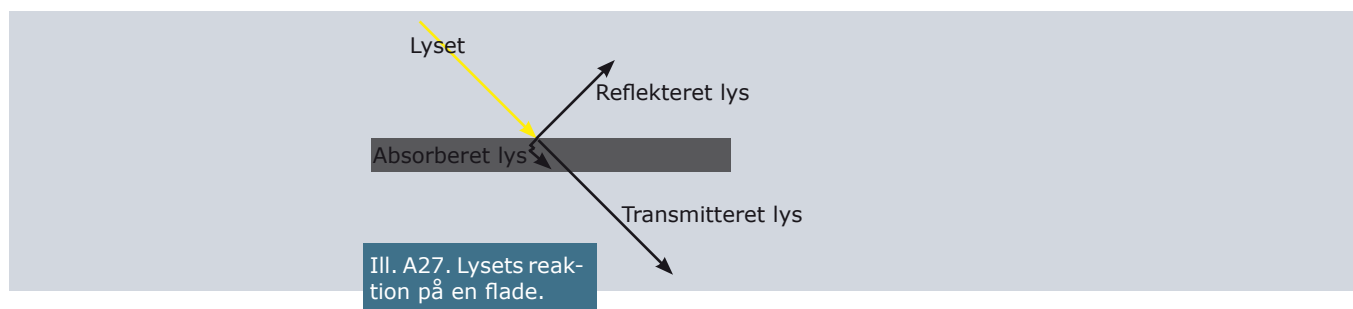
$$DF = 1,3 + 0 + 1,0 \times (0,73 \times 0,75 \times 1,0)$$

$$DF = 1,26 \%$$

Svarende til en LUX-værdi på 126 i punktet P, hvilket ikke er ret meget, i forhold til hvis der skal arbejdes med præcision i punktet. Der kan laves et utal af målinger inde i rummet. Derfor er det smart at have et program der gør disse beregninger automatisk. Håndberegningerne vil derfor ikke blive anvendt i designprocessen, men som tidligere beskrevet vil dialeurope anvendes i processen.

REFLEKTANSEN

Reflektansen R er en værdi der beskriver materialets evne til at reflektere lys. Når lys rammer en overflade, vil lyset blive opdelt i tre (Ill. A27).



En del af lyset vil reflekteres til omgivelserne, en del vil blive absorberet af materialet og en del vil transmitteres igennem materialet, hvis materialet har transparante egenskaber.

En mat flade vil reflektere lyset til alle sider, og vil derfor se ens ud, fra hvilken som helst vinkel. En mere blank overflade, vil se anderledes ud fra forskellige vinkler, da lyset bliver reflekteret anderledes end en mat flade.

Når de indvendige flader på bygningen designes, kan der derfor tages hensyn til dette, for at få det ønskede lys i rummene.

Skemaet (Ill. A28) viser forskellige materials reflektans egenskaber. Jo højere reflektansen er, jo mere lys bliver reflekteret tilbage til rummet, eller til omgivelserne.

Materiale	Reflektans
Ren hvid gips	0,85
Hvid cementpuds	0,75
Kalkpuds, lys	0,40-0,45
Puds, hvidtet, ny	0,70-0,80
Puds, hvidtet, gammel	0,50
Gennemsnit for almindelige lofter	0,60
Alm. cementpuds	0,25-0,45
Beskidt cementpuds	0,05
Hvide fliser	0,80-0,85
Hvid marmor	0,60-0,65
Gule mursten	0,25-0,35
Røde mursten	0,25
1-lags glas	0,08
Linolium, lysegrå	0,15
2-lags glas	0,15
3-lags glas	0,20

Ill. A28. Eksempler på materials reflektionsevne.

Det kan både være en fordel, men også en ulempe med en høj reflektans på en overflade. Hvis man ønsker at trække lys lang ind i et rum, vil det være en fordel at have gode reflekterende materialer omkring vinduet. Det reflekterende lys kan også have den modsatte virkning og virke blændende, hvis lyset reflekteres uheldigt.

I designprocessen vil forskellige materialer blive vurderet og afprøvet, inden disse vælges.

APP. 2.8 ECO-FACTOR

HVAD ER BAGGRUNDEN FOR PROGRAMMET?

ECO-FACTOR er et excel regneark udarbejdet til en samlet vurdering af indeklimate og energi i bygninger. Programmet er udarbejdet til ingeniører og arkitekter til design af bygninger, hvor man søger at integrere både indeklimatiske og energimæssige løsninger. Programmet er udviklet af Aalborg Universitet i samarbejde med Sveriges Provning.

HVAD BRUGES PROGRAMMET TIL?

Programmet kan give en samlet vurdering af bygningens energiforbrug sammenlignet med indeklimate kvaliteten.

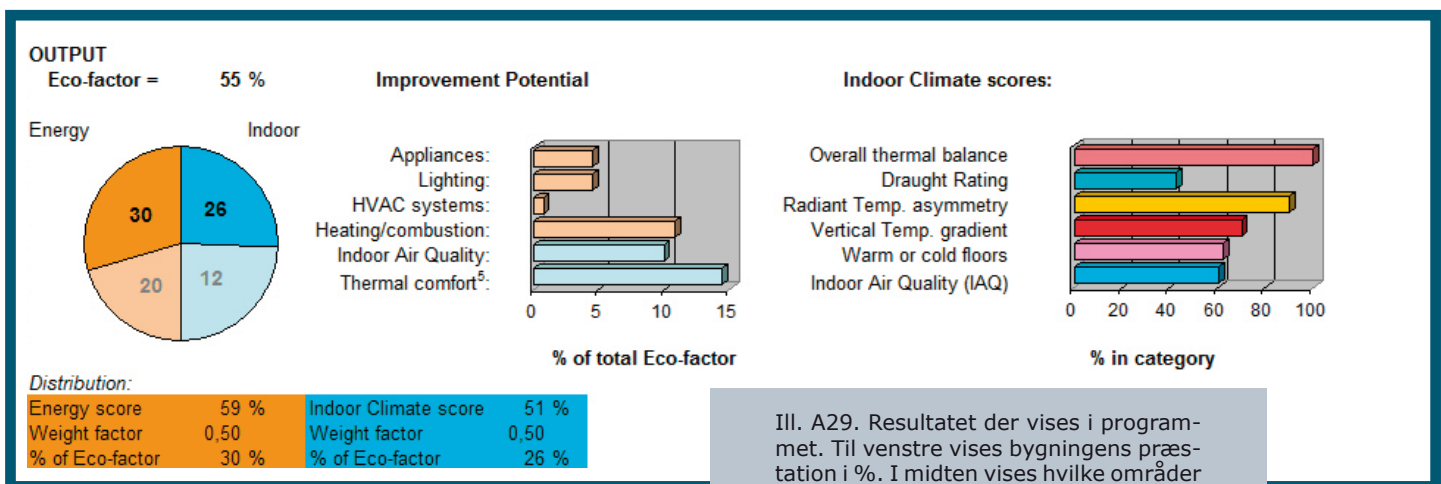
HVAD KAN PROGRAMMET?

Programmet viser bygningens præstation fordelt på procentvis score af energi og indeklimate. Der kan højest opnås en score på 50% på henholdsvis energi og på indeklimate. Fås et resultat der siger 30% energi og 20% indeklimate, betyder det at bygningens samlede score er 50% ud af 100% (ill. A29). Programmet er opbygget på en måde, så den kommer med forslag til hvad der skal ændres i bygningsdesignet, så en højere score kan opnås (ill. A29). Ved ændringer af bygningen kan man hurtigt se hvilke konsekvenser det har. Det vil sige hvis eksempelvis vinduesarealet ændres, vil indeklimaet forbedres i forhold til lysforhold, men energiforbruget vil forringes, idét der forekommer mere varmetab i bygningen. Programmet kan derfor med fordel anvendes, hvis bygningen ønskes optimeret i forhold til energiforbrug og indeklimate, set i forhold til hinanden.

Programmet kan desuden fortælle hvor mange PPD der er i forhold til løsningen der er opnået. Altså hvor stor forventet procentdel utilfredse personer, hvilket er en god indikator for indeklimakvaliteten. Det forventes at komme under 10-15% utilfredse.

HVORDAN ANVENDES PROGRAMMET I PROJEKTET?

I projektet vil programmet blive anvendt i designprocessen, for at finde en god løsning i forhold til energiforbrug og indeklimate.



APP. 3 BEREGNING AF NØDVENDIG LUFTSKIFTE

Til beregning af nødvendigt luftskifte i boligen, er olf-metoden anvendt. Beregningerne er udført ud fra antagelser omkring antal af beboer, aktivitetsniveau og boligens størrelse.

Olf-beregningsmetoden, tager hensyn til forurening fra personer og inventar i boligen, i forhold til CO₂-metoden, som kun tager personer og den personlige aktivitetsniveau i betragtning.

Beregningerne er regnet ud fra, at boligen er et stort volumen. Der kan også beregnes ud fra hvert enkelt rum. I følgende beregninger er der lavet forsøg med en fiktiv bolig, for at finde ud af om rumhøjden af boligen har betydning for boligens luftskifte.

Beregning nr. 1

Antal personer (p) = 5 pers.
Areal af boligen (A) = 150 m²
Volumen af boligen (V) = 450 m³

Forurening fra møbler (olf_{møbler}) = 0,10 olf
Forurening fra personer (olf_{pers.}) = 1,0 olf
(pr. person med 0% ryger)

OPLEVET LUFTKVALITET

Indeluft med 15 % utilfredse (C_{inde}) = 1,0 dp
Udeluft i byområde (C_{ude}) = 0,1

TOTAL LUFTFORURENING

Olf_{pers.} (1,0 x 5 pers) = 5,0 olf
Olf_{møbler} = 0,1 olf/m²
I alt pr. m² = 5,1 olf/m²
I alt (5+(0,1x150)) = 20 olf

NØDVENDIGT LUFTSKIFTE

$Q = 10 \times (q / (C_{inde} - C_{ude}))$
 $Q = 10 \times (20 / (1,0 - 0,1))$
Q = 222 l/s

222 l/s omregnes til gange i timen:

Q = (222/1000)
Q = 0,22 m³/s

Q = (0,22 x 3600 s)
Q = 792 m³/h

Q = (792 / 450 m³)
Q = 1,76 h⁻¹

Beregning 1 af luftskifte i boligen (Dansk standard, 1993).

Det vil sige at det nødvendige luftskifte i boligen er 1,76 gange i timen, i forhold til boligens størrelse. Bygningsreglementet siger 0,5 gange i timen, der er dog behov for lidt mere end dette i boligen. Hvis volumen af boligen holdes konstant og arealet af boligen forøges til 225 m², så vil resultatet se ud som s. 83

Beregning 2 af luftskifte i boligen (Dansk standard, 1993).

Beregning 2 af luftskifte i boligen (Dansk standard, 1993).

Beregning nr. 2

Areal af boligen (A) = 225 m²
Volumen af boligen (V) = 450 m³

NØDVENDIGT LUFTSKIFTE

$$Q = 10 \times (q / (C_{\text{inde}} - C_{\text{ude}}))$$

$$Q = 2,5 \text{ h}^{-1}$$

Det vil sige at hvis arealet af boligen forøges og volumen forbliver konstant, altså hvis rumhøjden mindskes, så vil rummet have behov for et større luftskifte. Nu laves et forsøg med mindre areal og den samme volumen, altså med en forøgelse af rumhøjden i forhold til arealet (ill. A36).

Beregning nr. 3

Areal af boligen (A) = 100 m²
Volumen af boligen (V) = 450 m³

NØDVENDIGT LUFTSKIFTE

$$Q = 10 \times (q / (C_{\text{inde}} - C_{\text{ude}}))$$

$$Q = 1,3 \text{ h}^{-1}$$

Resultatet er et lavere luftskifte, som forventet. Konklusionen er derfor at en høj rumhøjde i boligen, er godt i forhold til luftskiftet i boligen.

Beregning af AKTUEL luftskifte i boligen (Dansk standard, 1993).

KONKLUSION

Behovet for luftskiftet, er lidt højere end hvad bygningsreglementet foreskriver, da bygningsreglementets krav er det mindste luftskifte der må forekomme i boligen, og dette siger ikke noget om den termiske komfort, men omhandler primært sundheden i boligen.

Derfor gør det ikke noget at det beregnet nødvendige luftskifte er højere end bygningsreglementet, det betyder bare at behovet er større, hvis den termiske komfort skal opretholdes.

Antal personer (p) = 5 pers.
Areal af boligen (A) = 158,7 m²
Volumen af boligen (V) = 420 m³

Forurening fra møbler (olf_{møbler}) = 0,10 olf
Forurening fra personer (olf_{pers.}) = 1,0 olf
(pr. person med 0% ryger)

OPLEVET LUFTKVALITET

Indeluft med 15 % utilfredse (C_{inde}) = 1,0 dp
Udeluft i naturområde (C_{ude}) = 0,01

TOTAL LUFTFORURENING

Olf_{pers.} (1,0 x 5 pers) = 5
Olf_{møbler} = 0,1 olf/m²
I alt pr. m² = 5,1 olf/m²
(q) I alt (5+(0,01x158,7)) = 6,6 olf

NØDVENDIGT LUFTSKIFTE

$$Q = 10 \times (q / (C_{\text{inde}} - C_{\text{ude}}))$$

$$Q = 10 \times (6,6 / (1,0 - 0,01))$$

$$Q = 66,7 \text{ l/s}$$

$$Q = 0,6 \text{ h}^{-1}$$

APP. 4. BEREGNING AF VENTILATION

Når man kender det nødvendige luftskifte i boligen, er det interessant at se på om dette luftskifte kan opnås ved naturlig ventilation om sommeren, med det ønskede design. Eller om bygningsdesignet skal tilpades, for at opnå nødvendigt luftskifte.

Til denne beregning anvendes et excel regneark (Ill. A30), som har nettop dette formål. Med komplekse former skal bygningen simplificeres, da programmet er opbygget ret simpelt. Det er eksempelvis kun muligt at indtaste vinduer i retningerne stik nord, syd, øst og vest. Resultaten angiver hvor stort et luftskifte der forekommer i bygningen, hvis alle vinduerne er åbne.

Ventilationen måles på 3 forskellige måder: Luftskifte i forhold til den termiske opdrift der forekommer og luftskifte i forhold til vindforholdene på en given dag, samt et samlede luftskifte i boligen.

I følgende beregningerne s. xxx, skal der opnås et nødvendigt luftskifte på $0,6 \text{ h}^{-1}$. Fra april til oktober skal der anvendes naturlig ventilation i bygningen (se s. xxx, for beregning af hvilke perioder der skal anvendes naturlig ventilation), Derfor er det relevant at undersøge om det er muligt at naturlig ventilerer bygningen.

Vindtrykkoefficienten findes ved opslag i SBI (2002). Bygningen er fastsat med et rektangulært grundplan, med omkringliggende bygninger i samme højde og med et saddeltag under 10° .

Vindhastigheden sættes til $4,8 \text{ m/s}$, som er gennemsnitshastigheden for Aalborg lufthavn.

Opslag i SBI 202

Vindfaktor= 0.35 x h (Bygningshøjden)^{0,25}

Opslag i SBI 202

Bygningens volumen

Pressure Coefficient		Windfactor		Pwind					
Windward	-0,49	Vmeteo	0,56	Pmin	4,5 pa				
Leeward	-0,49	Vref	4,8 m/s	Pmax	-2,3 pa				
roof	-0,5		2,688 m/s		-2,2 pa				
Location of neutral plan, Ho		Buildingvol.		420 m ³					
0,3 m		Volume		m ³ /section/floor					
Outdoor temperature									
20 C									
Zone temperature									
22 C									
Discharge coefficient		Internal pressure		pa					
0,7		pa		-1,90					
Air density		Skal ikke ændres		-1,90					
1,25 kg/m ³		Skal ikke ændres							
Area	Eff. Area	Height	Thermal Buoyancy	AFR (thermal)	Pres Coefficient	Wind pressure	AFR Wind)	Wind pressure	AFR total
m ²	m ²	m	pa	m ³ /s		pa	m ³ /s	pa	m ³ /s
Nord	1	0,500	0,6	-0,025	-0,10	-0,3	0,548	0,468	0,549
Syd	1	0,000	0,6	-0,025	0,00	0,06	2,174	0,000	2,175
Øst	0	0,000	0	0,025	0,00	-0,3	0,548	0,000	0,549
Vest	0	0,500	0	0,025	0,10	-0,3	0,548	0,468	0,549
Massebalance				0,00	Massebalance				0,94
				-0,23					
Air change rate				0,86	4,013				4,016218759

Vinduesarealet

Vindueshøjden

Effektiviteten af vinduet

Termisk opdrift

Opslag i SBI 202

Vind

Samlet luftskifte

III. A31. Luftsiftet i boligen, med forskellige vinduesstørrelser og orientering, samt vindretninger.

Vindretning	Åbningsorientering	Åbningsareal [m ²]	Eff. Areal [m ²]	Luftsifte i alt [h ⁻¹]
Syd	Nord	1,4	0,7	1,6
Syd	Syd	1,4	0,7	5,8
Syd	Øst	1,4	0,7	1,6
Syd	Vest	1,4	0,7	1,6
Vindretning	Åbningsorientering	Åbningsareal [m ²]	Eff. Areal [m ²]	Luftsifte i alt [h ⁻¹]
Sydvest	Nord	1,4	0,7	3,5
Sydvest	Syd	1,4	0,7	4,7
Sydvest	Øst	1,4	0,7	2,4
Sydvest	Vest	1,4	0,7	4,5
Vindretning	Åbningsorientering	Åbningsareal [m ²]	Eff. Areal [m ²]	Luftsifte i alt [h ⁻¹]
Vest	Nord	1,4	0,7	1,6
Vest	Syd	1,4	0,7	1,6
Vest	Øst	1,4	0,7	1,6
Vest	Vest	1,4	0,7	5,8

Når vinden kommer fra syd, er luftsiftet i boligen den samme, hvis vinden kommer fra henholdsvis nord, øst og vest, da disse ligger i læsiden i forhold til vindretningen. Det samme gør sig gældende når vinden kommer fra vest, så vil luftsiftet med åbninger imod nord, syd og øst være den samme.

Da der beregnes med samme vindhastighed for alle beregningerne, vil beregningerne med en vindretning fra syd og vest være identiske, blot med orienteringen til forskel. Det bliver derimod interessant hvad der sker med lufthastigheden, når orienteringen ændres til eksempelvis sydvest. Vindhastigheden bliver lidt lavere imod syd og vest, da vinden ikke kommer direkte ind på vinduesåbningen.

Det nødvendige luftsifte i boligen lå på 0,6 h⁻¹, hvilket er opnået ved blot at åbne et vindue i en facade, når vindens hastighed ligger på gennemsnittet. Størrelsen af vinduet og orienteringen i forhold til vindretningen er afgørende for luftsiftet i boligen. Vinduerne effektivitet er sat til 50%, og alle beregningerne er ensidet ventilerede rum.

Anvendes krydsventilation vil luftsiftet i boligen stige, hvilket vil være effektivt, på dage med lave vindhastigheder på grunden.

APP. 5. SOLCELLER

Et eksempel hvor solcellerne er integrerede i taget og dermed bliver næsten "usynlige" er rækkehusbebyggelsen Panta Rhei i Nieuwland lidt uden for Amersfoort i Holland (Ill. A33 - A5, s. 49). Det ligger i et nyt område, med mange bygninger der har integrerede solceller. Ca. 500 huse i området har solcelleanlæg integreret i en del af klimaskærmen.

Panta Rhei består af 50 rækkehuse i to etager, som ligger i to rækker på hver sin side af en gade. Husene har et moderne udtryk med hvide ydervægge, kubiske former og klart afgrænsede vinduesfelter. I gadeniveau ser husene ud til at være fritliggende, men det sammenhængende tag kæder husene sammen og giver bebyggelsen et markant horisontalt element (Wittchen & Svensson, 2002).

Rækkehusene har énsidige tagflader med en lav hældning, hvorpå solcellerne er placeret. Integrationen af solcellerne er udtryksmæssigt ret vellykket, da solcellerne næsten er usynlige fra gadeniveau. Hen over vejen som deler de to husrækker, er der opført to portaler af stål med solceller på taget. Her bemærker man i højere grad, at der er tale om en speciel overdækning, fordi portalerne har semi-transparente solcellepaneler, som lader ca. 30% af dagslyset skinne igennem.

Man kunne forestille sig at produktionen af solcellerne ville mindske miljørigtigheden af solcellerne, ved et stort energiforbrug i fremstilling, men dette er ikke altid tilfældet. Solar-Fabrikken i Freiburg i Tyskland (ill. A36 - A38), får hele sit energiforbrug dækket af vedvarende energi, hvilket gør fabrikken til Europas første CO₂-neutrale producent af solceller. Fabrikkens klimaskærm er udformet af fire forskellige typer bygningsintegrerede solceller (ill. 36-A38, s. 49).

1. Den udkragede tagvinge.
2. I sydfacadens solafskærmning
3. Som moduler integreret i glasfacaden
4. i et fritstående felt i forlængelse med facadens vestlige ende.

Solcellerne dækker et samlet areal på 575 m². Der er til alle fire anvendt monokrystallinske solceller. Solcellerne alene kan dog ikke klare fabrikens energiforsyning, hvorfor der må suppleres med varme fra et anlæg, som kører på naturlig rapsolie (Wittchen & Svensson, 2002).

Mont-Cenis Centret i Herne i Tyskland (ill. A39 - A41, s. 49), er et andet projekt der anvender af vedvarende energi. Solcellerne er integrerede i glastaget og syd-vestvæggen og giver en elproduktion der er dobbelt så stor som bygningens behov. Solcellerne udgør ca. halvdelen af det samlede glasareal på 20.640 m² og har en væsentlig betydning for solafskærmningen og dermed for kontrollen af indeklimaet. Derudover er denne bygning interessant, fordi den opsamler og genbruger regnvandet på den store tagflade. Dette anvendes til automatisk rengøring af tagfladen, til toiletskyl og vanding af planter i hallen. Overskydende vand ledes ud til en kanal foran bygningen, som har forbindelse med områdets flodsystem.

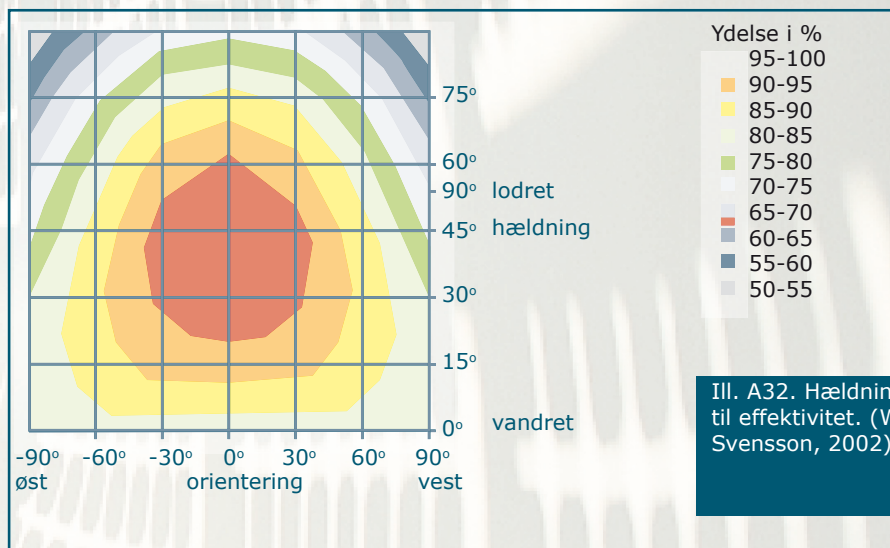
Et dansk projekt der er spændende er Lærkelængen i Albertslund (Ill. A42 - A43, s. 49). Det er en skolebygning med solceller indbygget i to høje ovale ovenlysrum. Derudover er der monteret et større solcellepanel på et skråtstillet stativ på taget af et skur. Desuden leverer et lille solcellepanel lige over indgangen el, til vandpumpen i et regnvandsbassin foran bygningen. Solcellerne i ovenlysvinduerne giver ikke det optimale energitilskud, da de på grund af skyggevirkningen afskærmer mindst lige så meget energi, som de tilfører i form af elektricitet, men formålet med at integrere solceller i ruderne har da heller ikke alene været at opnå et energitilskud. Solcellerne virker også som skyggegivere og som et dekorativt element i husets fællesrum.

SOLCELLER GENERELT

Solcellen og de elektriske kontakter er beskyttet mod vejret ved at være lamineret mellem to glaslag eller andre transparente materialer.

Den enekle solcelle varierer i størrelse med en kantlængde fra 10-15 cm. Hver celle producere 1-2 Watt ved en jævnspænding på ca. 0,5 volt. Effekten forøges ved at sammenkoble flere solceller i moduler. Der kan opbygges solcelleanlæg der imødekommer næsten ethvert elbehov. Solceller er normalt tilsluttet det offentlige elnet, med mindre man er placeret på afsides områder. De nettilsluttede solcelleanlæg leverer strøm til el-nettet i perioder, hvor solcellerne producerer mere strøm, end der forbruges i bygningen. Elnettet bruges på den måde som "lager" for overskudsstrømmen og boligen forsynes med en tovejs el-måler, så måleren tæller baglæns, når denne leverer strøm til elnettet (Wittchen & Svensson, 2002).

Orientering er bedst imod syd med afvigelse på +/- 45 ° om sommeren. For bedst udnyttelse af vintersolen, bør afvigelsen kun være +/- 15°. Hældning i Danmark er bedst på 43° for optimal årsproduktion. Bedst hældning i forhold til vintersolen er ca. 77°, +/- 10°. (Wittchen & Svensson, 2002) Hældning i forhold til ydelse, bør holdes inden for 80% for god orienteret anlæg (ill. A32). Slagskygger på anlægget skal helst undgås, selv små skygger reducerer udbyttet betydeligt.



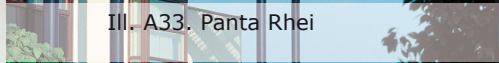
Ill. A32. Hældning i forhold til effektivitet. (Wittchen & Svensson, 2002)



III. A34. Panta Rhei



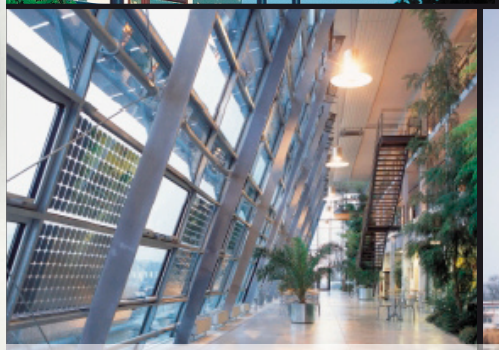
III. A35. Rækkehusbebyggelsen Panta Rhei i Nieuwland



III. A33. Panta Rhei



III. A35. Panta Rhei. Solcellerne er placeret mellem bygningerne.



III. A36. Solar-Fabrikken i Tyskland.



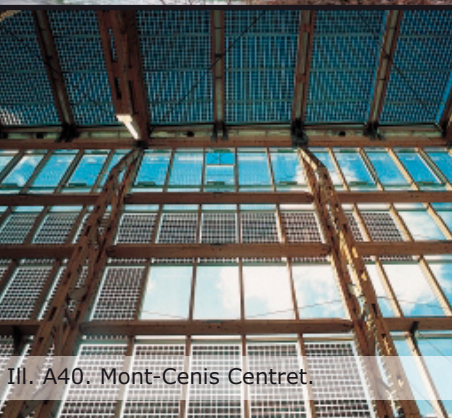
III. A37. Solar-Fabrikken i Tyskland.



III. A38. Solar-Fabrikken i Tyskland.



III. A39. Mont-Cenis Centret.



III. A40. Mont-Cenis Centret.



III. A41. Mont-Cenis Centret i Tyskland.



III. A42. Lærkelængen i Albertslund.



III. A43. Lærkelængen i Albertslund. Skyggevirkninger inde i de ovale ovenlysrums.

APP. 6 JORDVARME

En anden måde at udnytte solens energi, er ved jordvarme. Jorden har en evne til at oplagre den energi solen opvarmer den med. (<http://www.dansk-klima-energi.dk/default.asp?Action=Details&Item=330>)

Fordelene ved jordvarmen, er at den kan halvere den årlige varmeregning, sammenlignet med eksempelvis et oliefyr og i modsætning til eksempelvis solceller, er der en kort tilbagebetalingstid på kun 4-7 år, set i forhold til prisen for anlægget og prisen på forbruget.

Anlægget optager energi hele året, selv på vinterdage, hvor solen er meget svag og ved lave temperaturer. Jorden og luften indeholder tilstrækkelig varme hele året, til at kunne bruges til opvarmning af boligen.

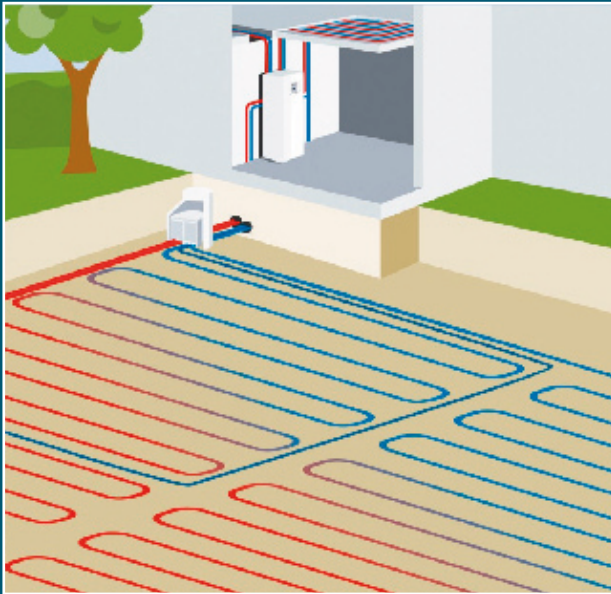
Solvarmen oplagres som sagt i jorden, hvor der jordslanger med en blanding af sprit og vand er udlagt. Disse ligger i en dybde på 0,9-1 meter og skal placeres på et solrigt sted på grunden. Blandingen i slangerne kaldes for Brine, som er en blanding af vand og en miljøvenlig frosthindrende væske, som cirkulerer i slangerne. Varmen i jorden overføres til den cirkulerende brine og derfra overføres varmen til et kølemiddel, der igen cirkulerer i varmepumpen ved hjælp af en fordamper.

Kølemidlet opvarmes, koger, fordamper og kommer ud af fordamperen i gasform. kompressoren, som er varmepumpens kerne, suger kølemidlet, komprimerer det ved højt tryk, hvorved gassens temperatur stiger endnu mere. Desuden omdannes drivkraft af kompressoren også til varme som overføres til kølemidlet. Herefter overføres varmen fra kølemidlet i kondensatoren, i gasform til det vand som cirkulerer i varmesystemet.

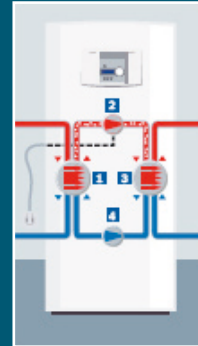
Vandet i centralvarmekredsen har en lavere temperatur end kølemidlet og kondenserer derfor, hvorved energien overføres til centralvarmekredsen. Kølemidlet er igen flydende og strømmer via ekspansionsventilen tilbage til fordamperen. (http://www.dansk-klima-energi.dk/files/bosch/bosch_varmepumper.pdf)

Installation og type af varmepumpe afhænger af geologiske forhold, samt hvor meget plads der er til rådighed på grunden.

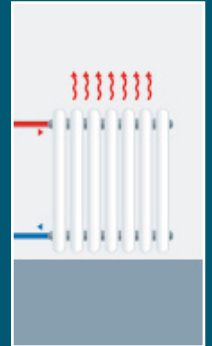
Udover jordvarmen kan en luft / vandpumpe også anvendes. I luft/vand varmepumpen er der ingen cirkulation af brine. Her leder ventilationen luften udefra til varmepumpens fordamper. Luften afgiver sin varme til det kølemiddel, der cirkulerer i varmepumpen, og den afkølede luft sendes så tilbage udenfor.



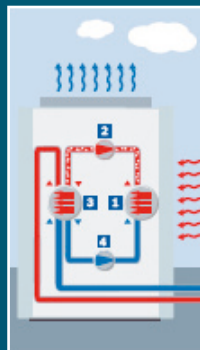
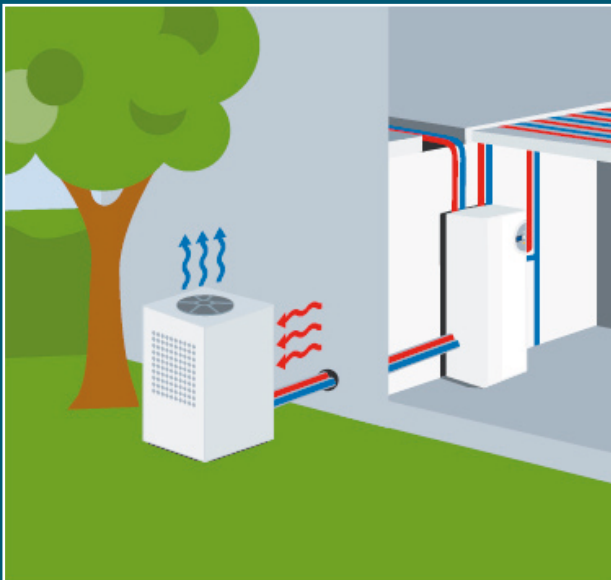
Varmen optages i Brinen, under jorden



Energien omdannes til varme i varmepumpen



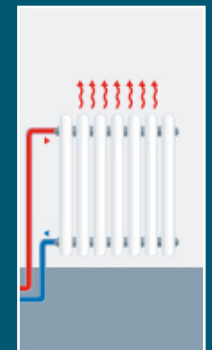
Varmen anvendes i boligen



Luftens varme optages i systemet



Luftens energi omdannes til varme i pumpen



Varmen anvendes i boligen

APP. 7 AREALBESTEMMELSE AF BOLIGENS RUM

Arealerne er i forhold til gulvplads, beregnet ud fra HFB, Håndbog for byggeindustrien (2008) og ud fra vurderinger.

Køkken:

Dørplads:	2,5 m ² .
Komfur:	0,4 m ² .
Køleskab:	0,4 m ² .
Bordplads og opbevaring:	1,8 m ² .
Arbejdsplads:	1,7 m ² .
Spiseplads 2 pers.:	1,2 m ² .
Skabsplads:	1,2 m ² .
Bufferzone:	1 m ² .
I ALT:	10,2 m².

Alrum:

Spiseplads 6 pers.:	3,6 m ² .
Bevægelsesplads:	1,7 m ² .
Opbevaringsplads:	1 m ² .
Medieplads:	1 m ² .
Dørplads:	2,5 m ² .
Buffer:	1 m ² .
I ALT:	10,8 m².

Opholdsrum:

Sofa 3 pers.:	2,5 m ² .
Sofabord:	0,5 m ² .
Medieplads:	1 m ² .
Opbevaringsplads:	1 m ² .
Bevægelsesplads:	2 m ² .
Dørplads:	2,5 m ² .
Bekvem siddeplads:	1,5 m ² .
Buffer:	4 m ² .
I ALT:	18,6 m².

Soveværelser:

Dobbeltseng:	4 m ² .
Natbord:	0,2 m ² .
Bevægelsesplads:	1,7 m ² .
Medieplads:	1 m ² .
Dørplads:	2,5 m ² .
Buffer:	1 m ² .
I ALT:	10,4 m².

Påklædningsrum:

Skabsplads:	3,5 m ² .
Bevægelsesplads:	1,7 m ² .
Makeup-plads:	1,7 m ² .
Dørplads:	2,5 m ² .
I ALT:	9,4 m².

Værelse:

Enkelt seng:	1,7 m ² .
Bevægelsesplads:	1,7 m ² .
Skrivebord:	2,4 m ² .
Medieplads:	1 m ² .
Dørplads:	2,5 m ² .
Opbevaring:	1 m ² .
Natbord:	0,2 m ² .
Buffer:	1 m ² .
I ALT:	11,5

Bryggers / Vaskerum:

Vaskemaskine:	0,4 m ² .
Tørretumbler:	0,4 m ² .
Bevægelse og arbejdsplads:	2,7 m ² .
Tørrestativ:	2 m ² .
Opbevaring:	1 m ² .
Fryser:	1 m ² .
Dørplads:	2,5 m ² .
I ALT:	10 m².

Vigturalierum:

Dørplads:	2,5 m ² .
Opbevaring:	1 m ² .
Bevægelse:	1,7 m ² .
I ALT:	5,2 m².

Mediezone:

Medieplads:	1 m ² .
Bevægelse:	3 m ² .
Opbevaring:	0,5 m ² .
Dørplads:	2,5 m ² .
Buffer:	1 m ² .
I ALT:	8 m².

Arbejdszone:

Bordplads:	3,1 m ² .
Bevægelse:	1,7 m ² .
Opbevaring:	1 m ² .
Dørplads:	2,5 m ² .
Buffer:	1 m ² .
I ALT:	9,3 m².

Badeværelse:

Håndvask:	1 m ² .
Toilet:	1,8 m ² .
Brus:	0,8 m ² .
Bevægelse:	1,7 m ² .
Opbevaring:	0,5 m ² .
Dørplads:	2,5 m ² .
Buffer:	1 m ² .
I ALT:	9,3 m².

Teknikrum:

Elafbryder:	0,5 m ² .
Varmvandsbeholder:	0,5 m ² .
Fjernvarme:	0,5 m ² .
Ventilation:	2 m ² .
Dørplads:	2,5 m ² .
I ALT:	6 m².

APP. 7.1 BOLIGSTØRRELSER

Bestemmelse af vejledende størrelse på hver bolig, samt personantal. Arbejdszone og mediezone kan inddrages til værelsesbrug for en ekstra person.

RUMTYPE	AREAL[m ²]	RUMTYPE	AREAL[m ²]	RUMTYPE	AREAL[m ²]
Opholdsareal	18,6	Opholdsareal	18,6	Opholdsareal	18,6
Køkken	10,2	Køkken	10,2	Køkken	10,2
Alrum	10,8	Alrum	10,8	Alrum	10,8
Bryggers og vaskerum	10	Bryggers og vaskerum	10	Bryggers og vaskerum	10
Soveværelse	10,4	Soveværelse	10,4	Soveværelse	10,4
Værelse	11,5	Værelse	11,5	Værelse	11,5
Badeværelse	9,3	Badeværelse	9,3	Badeværelse	9,3
Toilet	7	Toilet	7	Toilet	7
Påklædningsværelse	9,4	Påklædningsværelse	9,4	Påklædningsværelse	9,4
Arbejdszone	9,3	Arbejdszone	9,3	Arbejdszone	9,3
Mediezone	8	Mediezone	8	Mediezone	8
Vigturalierum	5,2	Vigturalierum	5,2	Vigturalierum	5,2
Ialt:	73	Ialt:	93,2	Ialt:	119,9
Antal personer:	1-3 pers.	Antal personer:	2-3 pers.	Antal personer:	3-5 pers.

RUMTYPE	AREAL[m ²]	RUMTYPE	AREAL[m ²]
Opholdsareal	18,6 + 5	Opholdsareal	18,6 + 5
Køkken	10,2	Køkken	10,2 + 5
Alrum	10,8 + 5	Alrum	10,8 + 5
Bryggers og vaskerum	10	Bryggers og vaskerum	10
Soveværelse	10,4	Soveværelse	10,4
Værelse x 2	11,5	Værelse x 3	11,5
Badeværelse	9,3	Badeværelse	9,3
Toilet	7	Toilet	7 + 3
Påklædningsværelse	9,4	Påklædningsværelse	9,4
Arbejdszone	9,3	Arbejdszone	9,3
Mediezone	8	Mediezone	8
Vigturalierum	5,2	Vigturalierum	5,2 + 5
Ialt:	141,2	Ialt:	165,7
Antal personer:	4-5 pers.	Antal personer:	5-7 pers.

KILDELISTE

- Albjerg, et.al. (2008), *Klima og Arkitektur*, Kunstakademiets Arkitektskole, Institut for teknologi, 1. udgave.
- Bahamón, A. (2006), *Glass Houses*, LOFT Publications, 1. udgave.
- Baker, N. & Steemers, K. (2000), *Energy and environment, a technical design guide*, E & FN SPON, 1. udgave.
- Beim, A. et.al (2002), *økologi og arkitektonisk kvalitet*, Arkitektskolens Forlag, 1. udgave.
- Berg et. al (2005), *Solceller + Arkitektur, en guide til anvendelse af solceller i byggeriet*, Arkitektens forlag, 1. udgave.
- Christoffersen, J. et.al (2002), *Beregning af dagslys i bygninger*, By og Byg Statens byggeforskningsinstitut, 1. udgave.
- Gallo. C, et. al (1998), *Architecture comfort and energy*, Elsevier science, Ltd, 2. ed.
- Grove, H. (1998), *Økologi i parcelhuset*, Forlaget Modtryk, 1. udgave
- Heiselberg, P. (1994), *Draught Risk From Cold Vertical Surfaces*, Elsevier science, Ltd, 1. ed.
- Heiselberg, P. (2008), *Microclimate of buildings*. DCE Lecture Notes, Department of Civil Engineering, Aalborg University, Denmark.
- Heiselberg, P. (2006), *Design of Natural and Hybrid Ventilation*. DCE Lecture Notes, Department of Civil Engineering, Aalborg University, Denmark.
- HFB (2008) Byggecentrum, *Håndbog for byggeindustrien 2:2 Opslag*, IT Grafik Aps.
- Hyldgaard, C., E., et.al. (1997), *Grundlæggende klimateknik og bygningsfysik*, Institut for bygningsteknik, Aalborg Universitet, 1. udgave
- Koch-Nielsen, H. (2002), *A design guide for the built environment in hot climates*, JAMES & JAMES SCIENCE PUBLISHERS, 1. udgave.
- Marsh, R. et.al (2008), *Bygninger Energi Klima*, Mod et nyt paradigme, Statens byggeforskningsinstitut, 1. udgave.
- Marsh et. al. (2000), *Arkitektur og miljø, form konstruktion og miljøpåvirkninger*, Arkitektskolens forlag, 1. udgave.
- Marsh, R. & Luring, M. (2005), *Bolig, Miljø, Kvalitet*, serietitel: SBI 2005:15, Statens Byggeforskningsinstitut, 1. udgave.
- Roaf, S. et al. (2003) *Ecohouse 2, A design guide*, Architectural Press, 2. udgave.
- Smith, P. F. (2005), *Architecture in a climate of change*, a guide to sustainable design, Elsevier, 2. ed.
- Valbjørn, O. & Nielsen, P., A. (1993), *Indeklimaet i boligen*, SBI-anvisning 179, Statens Byggeforskningsinstitut, 1. udgave.
- Wittchen, K., B. & Svensson, O. (2002), *Solceller i arkitekturen*, By og Byg, Statens byggeforskningsinstitut, 1. udgave.
- Ærø, T. (2002) *Boligpræferencer, Boligvalg og livsstil*. By og Byg, Statens byggeforskningsinstitut 2002, 1. udg.
- DANSKE STANDARDER:
DS 474 (1993), *Norm for specifikation af termisk indeklima*, 1. udgave
SBI 202 (2002), *Naturlig ventilation i erhvervsbygninger*, Beregning og dimensionering, By og Byg Anvisning 1. udgave.
- INGENIØRENS hjemmeside, www.ing.dk, d. 04.09.2009:
- <http://ing.dk/artikel/101917-koebenhavn-nu-skal-der-graes-paa-storbyen-tage>, d. 04.09.2009 af Nicolai Østergaard, skrevet fredag 28. aug 2009
- <http://ing.dk/artikel/82587-traehuse-slipper-mere-co2-ud-end-betonhuse>

Opslagshjemmeside, www.wikipedia.org:

- <http://da.wikipedia.org/wiki/B%C3%A6redygtighed>
- <http://da.wikipedia.org/wiki/Energi>

En hjemmeside der omhandler boliglys: http://www.boliglys.dk/Dagslys.40.0.html?&no_cache=1, d. 17.06.09

Dansk klimaenergi:

<http://www.dansk-klima-energi.dk/default.asp?Action=Details&Item=330>

http://www.dansk-klima-energi.dk/files/bosch/bosch_varmepumper.pdf

ROCKWOOLs hjemmeside, www.rockwool.dk,

<http://www.at-rejse-er-at-leve.dk/vejr/klimazoner.htm>, d. 22.09.2009

Danmarks meteorologiske institut, www.dmi.dk, d. 22.09.2009:

- <http://www.dmi.dk/dmi/index/danmark/klimanormaler.htm>
- <http://www.dmi.dk/dmi/tr99-13.pdf>

ISOVERs hjemmeside: www.isover.dk, d. 24.11.2008

Kilde til ventilationssystemer: http://www.paul-lueftung.net/downloads_en.php?id=4&page=1

Danmarks statistik: www.dst.dk, d. 11.09.2009

- <http://www.dst.dk/publikation.aspx?cid=9702&ci=true&pti=3>

www.fremforsk.dk

Bygningsreglementet:

www.ebst.dk

http://www.ebst.dk/file/1933/fra_taget_til_toilettet.pdf

<http://www.protan.dk/productsandsystems/protan.dk/Documents/beskyttet%20tagfolie%20%20tegninger.pdf>

ILLUSTRATIONSSLISTE

Hvis andet ikke er angivet, er illustrationerne egne illustrationer.

- Ill. 2. www.google.com/earth
Ill. 5. Delvis www.calum.dk og lokalplanen
Ill. 6. Lokalplanen
Ill. 7. Lokalplanen
Ill. 8. Lokalplanen
Ill. 10. Lokalplanen
Ill. 11.
Rødel: <http://www.biopix.dk/Temp/Alnus%20glutinosa%2000012.JPG>
Hæg: [http://www.vestrehus.dk/apix/a/h%C3%A6g%20\(4\).jpg](http://www.vestrehus.dk/apix/a/h%C3%A6g%20(4).jpg)
Vildæble: <http://www.biopix.dk/Temp/Malus%20sylvestris%2000001.jpg>
Bærmispel: <http://www.planteskole.dk/Landskab/B%C3%A6rmispel,%20Iamarcks-.JPG>
Syren: http://www.lundhede.com/images/alm_syren.jpg
Fjeldribs: <http://www.honningbien.dk/grafik/ribes.jpg>
Sargentæble: <http://www.gartnertips.dk/data/gallery/thumb1/152.jpg>
Hassel: <http://www.odense.dk/Topmenu/ByMilj%C3%B8/Parker%20og%20kirkeg%C3%A5rde/Parker%20i%20Odense/Munke%20Mose/~media/BKF/Bymilj%C3%B8/Parker%20og%20kirkeg%C3%A5rde/Parker%20i%20Odense/Munke%20Mose/Tyrkisk%20Hassel%201.ashx>
Blærespiræa: <http://www.haven.dk/getimagevar.asp?id=7034&w=520&h=347>
- Ill. 15: Delvis lokalplanen
Ill. 18: Lokalplanen
Ill. 19: Lokalplanen
Ill. 20: Lokalplanen
Ill. 21: Delvis [google earth.com](http://www.google.com/earth)
Ill. 22: Delvis Lokalplanen
Ill. 25: Delvis Marsh et al., 2008
Ill. 26: ISOVER.dk
Ill. 30: http://www.hrym.dk/images/20090117151832__dsc0631.jpg, d. 10.09.2009
Ill. 31: http://e-traelasten.dk/ImageRoot/Images/Tr%C3%A6_large/1799032125_I%C3%A6rk_terrassebr%C3%A6dt_large.jpg
Ill. 33: <http://dk.recoviny.com/image/lang/danish/public/64%20grinding%20PVC.jpg>
Ill. 34: http://aarhuskommune.cabocomm.dk/files/aak/aak/content/images/borgmesterens_afdeling/indkoebskontoret/Penge2.jpg
Ill. 35: Kilde: [http://fotobasen.dk/log/billednr\(112\)2.jpg](http://fotobasen.dk/log/billednr(112)2.jpg), d. 10.09.2009
Ill. 42: <http://www.lmearchitecture.com/case-house-images.htm>
Ill. 43: Beim, 2002
Ill. 44: Beim, 2002
Ill. 45: http://farm3.static.flickr.com/2003/2543882104_7e7ccb8123_o.jpg, d. 18.09.2009
Ill. 46: <http://www.lmearchitecture.com/glass-house-images.htm>
Ill. 47: <http://www.gf-fortunen.dk/images/skov-foraar.jpg>
Ill. 48: http://www.kobmand-hansen.dk/images/4152_Kirsebaertrae.jpg
Ill. 50: <http://www.biogis.dk/media/546/p7091663.jpg>
Ill. 51: http://www.digitalphoto.pl/foto_galeria/2322_2006-0755.jpg
Ill. 52: <http://www.dmi.dk/dmi/print/efteraar.jpg>
Ill. 53: <http://fotobasen.dk/log/p21020681.jpg>
Ill. 54: <http://www.vestrehus.dk/bpix/billeder%2005/r%C3%A6veb%C3%B8g%20i%20sne.jpg>
Ill. 56: Delvis Hyldgaard, 1997
Ill. 57: Delvis DS 474, 1993
Ill. 58: Delvis DS 474, 1993
Ill. 59: Delvis Lechner, 1991
Ill. 60: Delvis Lechner, 1991
Ill. 61: Delvis lokalplanen, delvis Lechner, 1991
Ill. 62: Delvis Lechner, 1991
Ill. 63: Delvis Lechner, 1991
Ill. 64: Delvis Lechner, 1991
Ill. 65: Delvis Lechner, 1991
Ill. 82: Delvis Cappelen og Jørgensen, 1999
Ill. 83: Delvis lokalplanen og delvis Cappelen og Jørgensen, 1999
Ill. 84: Delvis Cappelen og Jørgensen, 1999

- III. 85. Delvis SBI 128, 1982
III. 86. Delvis www.aalborgkommune.dk
III. 88-96. Delvis Hylgaard, 1997
III. 98-101. Smith, 2005
III. 258. www.isover.dk
III. 339. Opbygningen af vægkonstruktionen med en bagvæg af 100 mm beton. www.rockwool.com.
III. 341. <http://www.bolius.dk/viden-om/have-og-terasse/artikel/terrasser-af-trae/>
III. 342. http://images.google.dk/imgres?imgurl=http://www.lavprisvvs.dk/images/23867.jpg&imgrefurl=http://www.lavprisvvs.dk/shop/tagpap-colbiflex-hvid-212844p.html&usg=__ldTI80fO0zqm
[vU3zYnEURTKqrRo=&h=246&w=250&sz=28&hl=da&start=8&um=1&tbnid=-AqPDMPvR](http://www.lavprisvvs.dk/images/23867.jpg&imgrefurl=http://www.lavprisvvs.dk/shop/tagpap-colbiflex-hvid-212844p.html&usg=__ldTI80fO0zqm)
[fzwFM:&tbnh=109&tbnw=111&prev=/images%3Fq%3Dhvidt%2Btagpap%26hl%3Dda%](http://www.lavprisvvs.dk/images/23867.jpg&imgrefurl=http://www.lavprisvvs.dk/shop/tagpap-colbiflex-hvid-212844p.html&usg=__ldTI80fO0zqm)
[26rlz%3D1R2GGLL_en%26um%3D1](http://www.lavprisvvs.dk/images/23867.jpg&imgrefurl=http://www.lavprisvvs.dk/shop/tagpap-colbiflex-hvid-212844p.html&usg=__ldTI80fO0zqm)
III. 348. <http://www.bolius.dk/viden-om/facader-og-tage/artikel/groenne-tage-der-holder-paa-regnvandet/>