



Rækkehusene i Møllebankerne

Aalborg Universitet
Arkitektur & Design - MSc4, ARK

Projekttitel: Rækkehusene i Møllebankerne
Fokuspunkt: Lavenergi
Projekt periode: 01/02/12 – 23/05/12
Hovedvejleder: Peter Mandal Hansen
Teknisk vejleder: Claus Topp
Antal oplag: 5
Antal sider: 75

Lars Skjølstrup Østergaard

Dette er et afsluttende kandidatprojekt på 10. semester, Arkitektur & Design, med speciale i Arkitektur. Projektet tager udgangspunkt i byggeprogrammet "Møllebankerne", hvor 50 nye almene familieboliger samt et fælleshus skal opføres som rækkehuse i den lille østsjællandske by Borup. Projektet har i særlig grad fokuseret på indeklima og lavenergi, eftersom målet er, at byggeriet skal leve op til energirammen for år 2025. Målet har desuden været at skabe boliger og uderum, som motiverer og fordrer bebyggelsens beboerne til socialt samvær.

This is a final Master's project on 10th semester, Architecture & Design, specializing in architecture. The project is based on the building program "Møllebankerne", where 50 new family homes and a common house will be built as row houses in the little town, Borup. The project has focused particularly on indoor environment and low energy architecture, since it is the goal that the homes should meet the energy regulations for 2025. The object has been to create homes and outdoor spaces that encourage the residents of the development to socialize.

6	Kontekstanalyse og lokalplan
10	Konkurrenceoplæg
12	Lavenergiarkitektur
18	Bygningsreglement –Indeklima og energiforbrug
20	Boligen
21	Afgrænsning
21	Vision
22	Inspiration
26	Skitsering
28	Energibudget
29	Primær- og nytte energi
30	Skitsering af boligerne, version 1
34	Dagslys
34	Solceller
36	Skitsering af boligerne, version 2
38	Teknik
40	Masterplan skitsering
42	Præsentation
66	Energiramme
68	Indeklima
72	Refleksion
74	Litteraturliste
75	Illustrationsliste

Mit valg af projekt er vægtet i henhold til min interesse i at styrke og udvikle mine kompetencer i forhold til lavenergiarkitektur. Jeg mener, at det er vigtigt, at arkitekten har et fornuftigt kendskab til principperne bag det, at designe arkitektur med et lavt energiforbrug. Særligt vil dette gøre sig gældende i de kommende år hvor energirammerne skærpes radikalt. For at opnå god helhedsorienteret arkitektur, som samtidig overholder energi-

rammen er det nødvendigt, at indtænke de energibesparende løsninger fra start. Derfor benyttes den integrerede design proces, IDP, som metode i dette projekt til at kombinere tekniske, æstetiske og funktionelle løsninger fra skitseringen til det endelige design.

Rapporten er opbygget af følgende faser; program, skitsefase og præsentationsfase. Programmet vil være grundlaget for den

videre udvikling af projektet. Det indeholder en analyse af konteksten omkring projektområdet i Møllebankerne, samt kravene fra konkurrenceprogrammet, hvilket projektet er baseret på. Projektet udvikles i skitseprocessen og løbende i designprocessen vil energimæssige tiltag sikre et bæredygtigt resultat.

På den vedlagte cd findes; pdf-fil af rapporten, beregninger, samt tegningsmappe.



Kontekstanalyse og lokalplan

Følgende afsnit beskriver de eksisterende forhold for området samt relevante hensigter fra gældende lokalplan. Det valgte site er i lokalplanen beskrevet som området på kanten til Ådalen.

Borup er en stationsby på Østsjælland og er med ca. 3.109 indbyggere egnens hovedby. Byen ligger i Køge Kommune og tilhører Region Sjælland. Det ønskes at udvikle et nyt boligområde i den nordøstlige del af Borup. Det nye område kan blive begyndelsen på et større boligområde, som på sigt vil kunne rumme 300 - 400 boliger. Byen ligger blot 25 min. fra Roskilde og 45 min. fra København, med biltransport. Derfor flytter mange børnefamilier til Borup for at være i tæt kontakt med naturen og samtidig have en kort afstand til arbejde i de nærliggende større byer.

Eksisterende forhold

Området afgrænses mod vest af Kimmerslev Møllebæk. Øst for området er der åbent land med landbrugsdrift og kvæghold. Mod syd afgrænses området af Møllevej. Syd for Møllevej ligger boligbebyggelsen på 'Sletten', som består af ca. 400 boliger i en blanding af tæt-lav bebyggelse og parcelhuse. Mod nord grænser lokalplanområdet op til et areal, der i Kommuneplan 2009-21 er udlagt til boligformål, og som på sigt vil blive en del af det samlede boligområde på 300-400 boliger.

Landskabelige forhold

Borup by ligger på kanten af et lavtliggende terrænforløb, der strækker sig fra Maglemosen over Magle Å, Kimmerslev Sø og videre ad Kimmerslev Møllebæk, som sammen med vandløbet fra Dyndet munder ud i Køge Å. Det lavtliggende engareal og området omkring

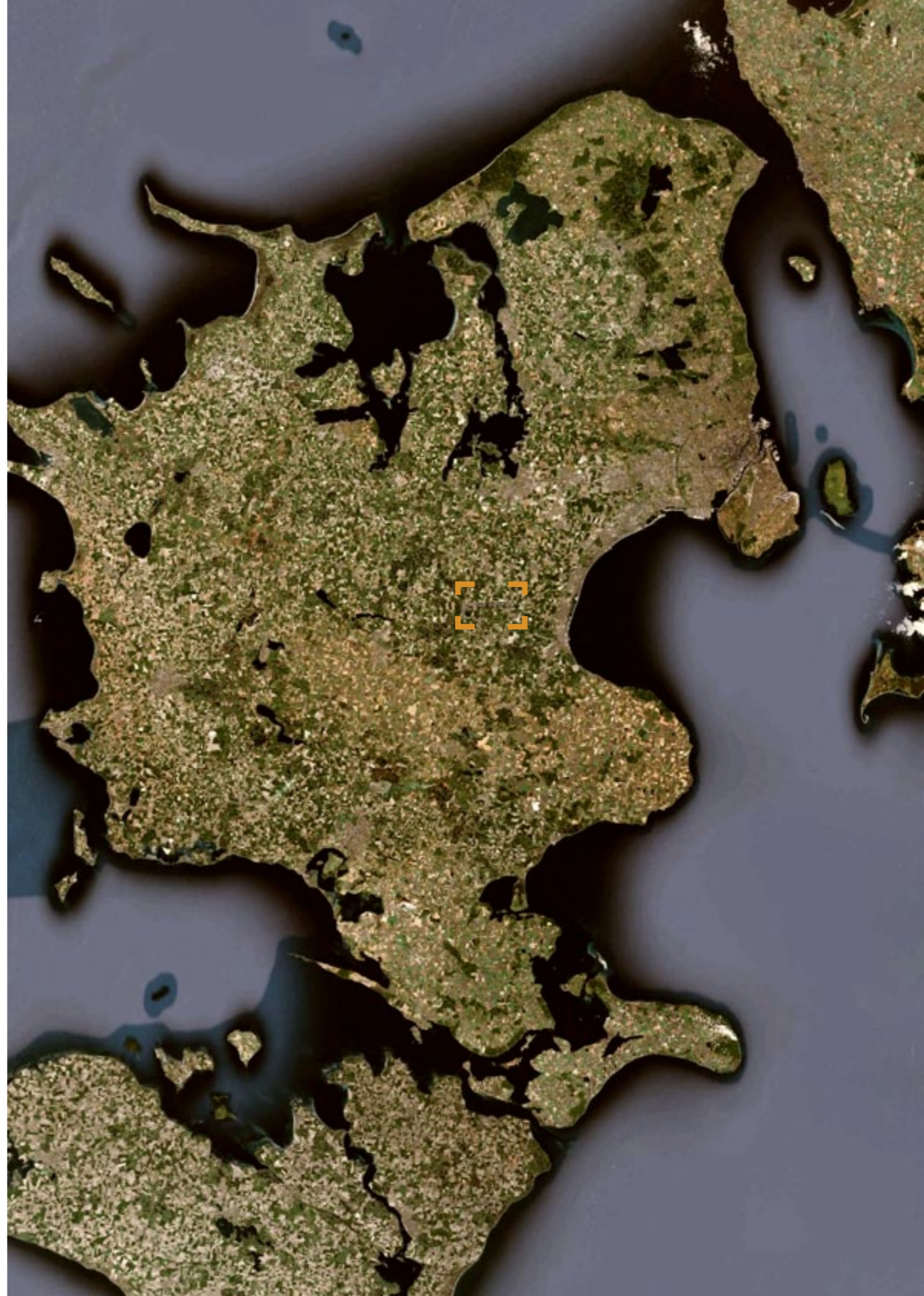
Kimmerslev Sø udgør et markant landskabeligt træk i Borup. De nye udstykninger øst for sitet indkranser dette, hvorved arealet bliver til en grøn kile, som rummer store rekreative potentialer for Borups borgere. Den grønne kile sikrer, at der er et grønt fælles friareal for hele området med mulighed for motion, ophold og leg. Kilen kan desuden blive en del af et grønt forløb, der strækker sig fra det åbne land i øst til Borup bymidte i vest. I kilen reserveres et areal til en kommende tværgående stiforbindelse. På længere sigt vil denne kunne forbinde Borup by med de rekreative områder mod øst - Kløvested skov og Valore mosen.

Terrænet og bebyggelsen

Terrænet i området er svagt kuperet. Fra dalbunden ved Kimmerslev Møllebæk rejser terrænet sig med skrænter på ca. 10 meter fra dalbund til plateau (kote 32,5 - 42,5). Dalbunden kaldes i dette projekt for Ådalen.

Bebyggelsen på kanten af Ådalen

Bebyggelsen på kanten af skrænten skal ifølge lokalplanen placeres som en boliggruppe omkring et fællesrum, hvorfra der er adgang til alle boligerne. Adgangsarealet kan indeholde opholds- og legemuligheder, parkering og lignende. Bebyggelsen skal markere det hjørne, hvor Møllevej skærer sig gennem ådalen, og danne facade både mod Møllevej og mod Ådalen.



Uddrag fra lokalplan 1011

Med lokalplanen skal der tages hensyn til følgende forhold:

- Social bæredygtighed gennem variation i boligtyper, samt uderum og opholdsarealer, der understøtter socialt samvær. Herunder differentiering af offentlige, halvoffentlige og private uderum.
- Kulturel bæredygtighed gennem bevaring og positiv udnyttelse af områdets natur- og kulturværdier.
- Sundhedsmæssig bæredygtighed gennem god adgang til rekreative områder og sammenhængende stisystemer med mulighed for motion. Dette understøtter ligeledes cykeltransport til og fra skole/

arbejde eller stationen.

- Miljømæssig bæredygtighed gennem:
 - En bygningsmasse i lavenergiklasse 2015 eller bedre.
 - Overdækket cykelparkering tæt på boligen.
 - Synliggørelse af vandkredsløbet blandt andet gennem regnvandsbassiner og mulighed for åbne vandrender.

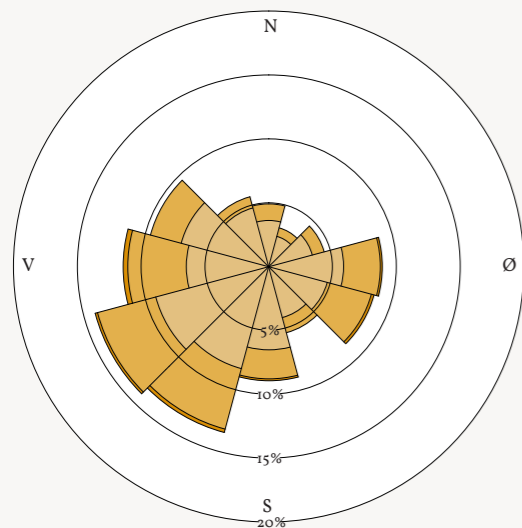
Bebyggelse placeret ud mod Ådalen og ud mod Møllevvej skal udføres som én samlet bebyggelse i en række af beboelsesbygninger med samme tagform og taghældning. Bebyggelsen skal placeres efter princippet som er vist på illustration på modsatte side.

Bebyggelsen placeret mod Ådalen skal opdeles i enheder af ca. 4-6 boliger, med en maksimal facadelængde på 30 m.

Facader skal fremstå som blank mur i gule, brune eller grålige nuancer, eller som pudset, filtset eller vandskuret mur, malet træ eller andet materiale i gråtoner, sort eller hvidt, eller i kulørtonerne rød, gul og gråblå eller en kombination heraf.

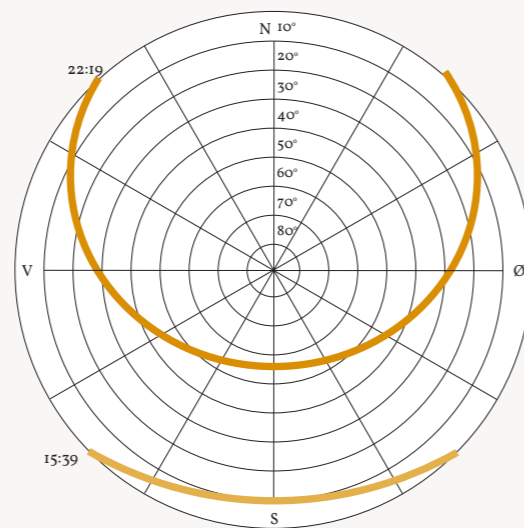
Ventilationsanlæg og andre tekniske anlæg, så som solfangere og solceller, må kun etableres som indbyggede i facader eller tag. Kun de dele, som af hensyn til funktionen ikke kan skjules, må være synlige.

I det aktuelle område skal der anlægges 1½ parkeringsplads pr. bolig. Parkeringen kan enten etableres ved de enkelte huse, for eksempel i carporte eller garage, som fællesparkeringsplads eller i en kombination.



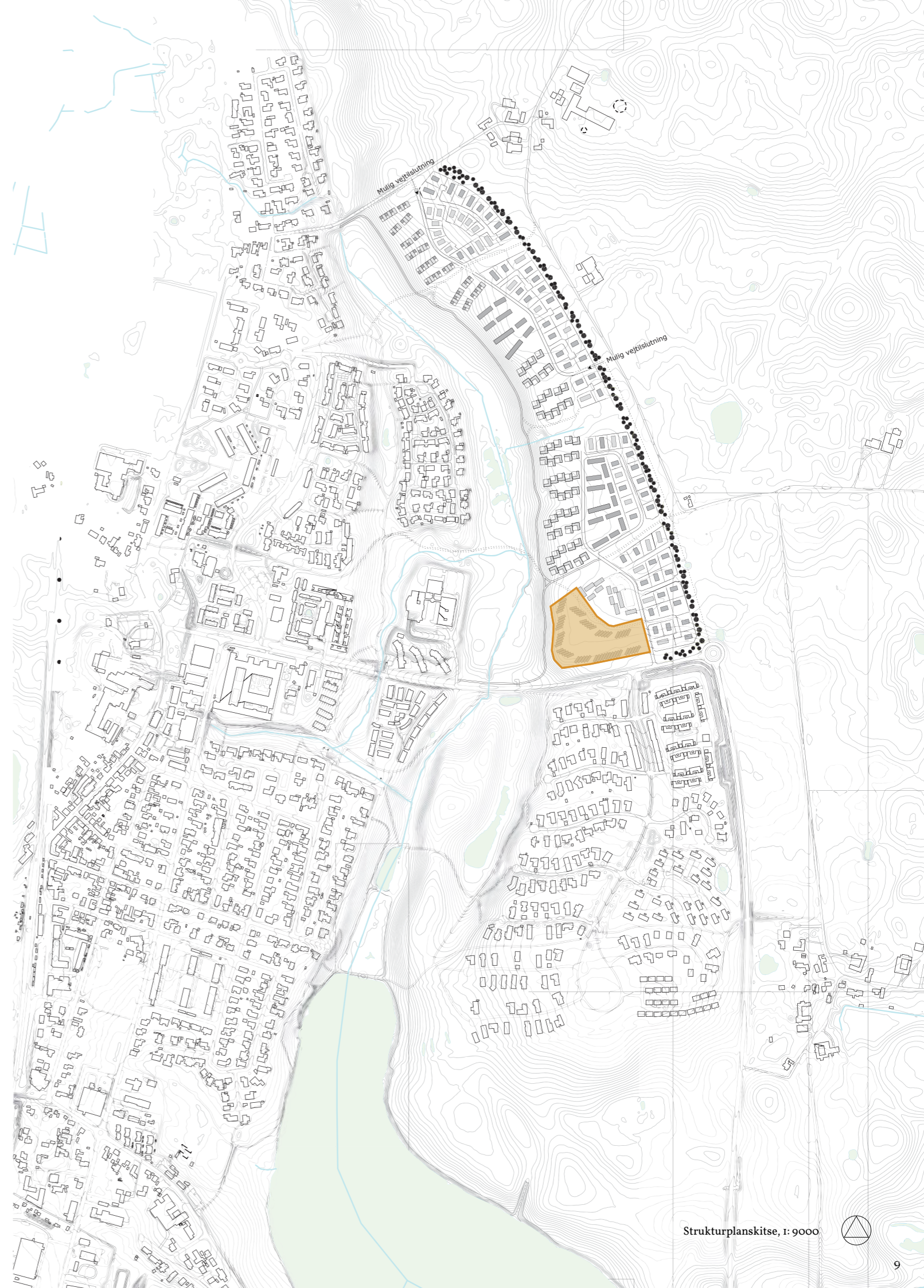
■ > 10,8 m/s ■ 5,5 - 10,7 m/s ■ 0,3 - 5,4 m/s

Windrosen er analyseret og bl.a. brugt i forbindelse med at skabe et vind afskærmet gårdrum.



■ Sommer (21. juni) ■ Vinter (21. december)

Solens placering over dagen og året er blevet analyseret og anvendt i forbindelse med placering og indretning af boligerne, men også udnyttet til at få den størst mulige ydelse fra solcellerne.



Konkurrenceoplæg

Projektet er baseret på konkurrenceoplægget "Rækkehusene i Møllebankerne" og i det følgende afsnit vil kravene fra konkurrencen specificeres. Konkurrenceoplægget, som venligst er udleveret af Arkitema A/S, deles her op i tre hovedpunkter: Generelt, Miljø og klima og udearealer og trafik.

Generelt

Bygherren er Boligselskabet Sjælland og byggesagen omfatter 50 almene familieboliger samt et fælleshus som skal opføres som tæt-lav bebyggelse, inklusiv friarealer. Bygningernes udformning skal fastlægges ud fra en helhedsvurdering. Form, materialer og overflader skal understøtte bygningernes funktion, ligesom de enkelte rums funktion, placering og udformning, planlægges ud fra ønsket om opnåelse af optimale forhold for beboerne.

Boligerne skal opføres i maksimalt 2 plan, med lodrette lejlighedsskel.

Alle arbejder skal i projektering udføres i henhold til BR10 og i øvrigt i henhold til gældende normer og forskrifter.

Fælleshusets bruttoetageareal skønnes at være på mellem 120 og 150 m², hvilket betyder at nedenfor nævnte boligstørrelser reduceres.

Grunden er beliggende Møllevej / Ørnholm Allé, 4140 Borup.

Det samlede bruttoetageareal skal være 4.569 m². Det samlede grundareal udgør 20.510 m²

Boligfordelingen

5 stk. 2 rumsboliger med et bruttoetageareal på maksimalt 69 m² pr stk.

23 stk. 3 rumsboliger med et bruttoetageareal

på maksimalt 88 m² pr. stk.

22 stk. 4 rumsboliger med et bruttoetageareal på maksimalt 100 m² pr stk.

Miljø og klima

Boliger og fælleshus skal opføres med lav energiforbrug, der skal anvendes gode og bæredygtige installationer, konstruktioner og materialer. Udformning af husene, ventilation og gode materialer skal sikre et godt indeklima.

Boligerne skal, som minimum, opføres i henhold til BR10, kapitel 7.2.4.1, som lavenergi-byggeri klasse 2015, endvidere må det årlige nettorumopvarmnings behov ikke overstige 15kwh/m².

Bygningerne vil ikke blive opvarmet med fjernvarme fra det lokale fjernvarmeverk, da der skal udføres centralvarmeopvarmning af alle boligerne og i diverse fællesrum og gulvvarme udføres som vandbårent gulvvarme. Bebyggelsens opvarmning skal primært ske ved hjælp af radiatorer og konvektorer forsynet med termostatiske radiatorventiler. Systemet skal projekteres og udføres som lavtemperaturanlæg med maksimalt 55 grader på fremløb til radiator ved minus 12 grader. I badeværelser og entre/gang skal opvarmning ske med gulvvarme.

Der skal etableres varmegenvinding med en virkningsgrad på mindst 65 %, og alle ventilationsanlæg skal være med variabel luftmængde og med automatisk kapacitetsregulering. Ventilationsanlæg kan opstilles i tagrum eller på tag, blot der sikres let adgang for service.

Udearealer og trafik

Bebyggelsen trafikbetjenes fra Ørnholm Allé. Forslaget skal vise hvordan adgangen til de enkelte boliger og fælleshuset for biltrafik, gående og cyklende vil ske, ligesom forslaget skal vise hvordan parkeringsforholdene løses. Herudover skal forslaget vise hvordan den offentlige sti indpasses i planen. Der lægges op til et nært samspil mellem bebyggelsen og de nære offentlige grønne arealer – Ådalen og den nye grønne kile nord for området. Udformningen af bebyggelsen vil kunne sikre en let adgang til og en inddragelse af de nævnte grønne arealer, ikke mindst i lyset de store niveauforskelle som giver mulighed for en visuel kontakt over Ådalen.

Hver bolig skal have et skur med nettoareal på 5 m², som kan placeres ved hver bolig eller samlet for hver boliggruppe. Herudover skal der etableres overdækket cykelparkering i forbindelse med hver boliggruppe. Skurene skal forsynes med dagslys i form af vindue i facade eller ovenlys. Skurene skal placeres ved boligernes indgangsside.

Materielgård og containerplads skal være på ca. 40 m² og skal omslutes af fast og lukket hegn. Pladsen placeres hensigtsmæssigt i forhold til transport og afstand fra den enkelte bolig, evt. ved fælleshuset.



Lavenergiarkitektur

Vi har bygget lavenergihuse i adskillige år og særligt fra 70'erne og frem er der sket en stor udvikling. Men den nye tilgang til designe lavenergiarkitektur har ikke været problemfri. Der har været en uheldig tildens til blot at tage udgangspunkt i bygningsreglementet og fokusere på at nedbringe bygningernes energiforbrug, på bekostning af indeklimaet og et mere holistisk syn på lavenergiarkitekturen.

For at skabe god arkitektur, der samtidigt har et lavt energiforbrug er der brug for et mere nuanceret syn på designprocessen. Energibesparelser skal sammentænkes med behovet for et godt termisk indeklima og gode dagslysforhold, og her er arkitekturens rumlige og passive egenskaber af afgørende betydning.

Den energipolitiske aftale fra 2008, beskriver hvordan energiforbruget i nye bygninger skal reduceres med mindst 75 % i 2020 i forhold til det maksimale tilladte energiforbrug i BR06. Med BR10 reduceres energirammen med 25 % og der indføres samtidigt en frivillig lavenergi-klasse 2015. Den seneste frivillige lavenergi-klasse hedder 2020 og reducerer energiforbruget med i alt 75 %. Lavenergi-klassen 2020 skal også i højere grad sikre, at reduktionen af energiforbruget går hånd i hånd med et sundt indeklima og med arkitektonisk frihed. [Marsh, 2011]

Følgende afsnit vil kort beskrive nogle af de kendte udfordringer i forbindelse med at bygge moderne lavenergiarkitektur. Slutteligt vil der blive beskrevet hvordan disse udfordringer vil blive håndteret gennem designprocessen.

1970'ernes varmebesparelse

Modernismens arkitektoniske idealer om lys og luft, og store glaspartier blev normen. Det medførte et øget energiforbrug til opvarmning, som særligt blev synligt under oliekrisen i 1970'erne. Derfor blev der i 1977 indført krav om varmeisolering af klimaskærmen og begrænsning af vinduesarealerne. For at imødekomme disse skærpselser begyndte man, at udnytte store arealer af sydvendte lavenergiruder. Denne udnyttelse af passiv solvarme blev næsten synonym med lavenergiarkitektur. [Marsh, 2011]

Men dette ensidige arkitektoniske fokus skabte problemer med indeklimaet. Arkitekternes udnyttelse af passiv solvarme, resulterede i massive problemer med overophedning. Beboerne var derfor nødsaget til, at benytte eldrevet køling.

2000'ernes energiramme

I 2006 indførtes en ny og mere helhedsorienteret energiramme. I stedet for kun at have fokus på opvarmningsbehovet, omfatter energirammen nu følgende kategorier af nye

bygningers energiforbrug:

- Opvarmning: Varmebehov til transmissions- og ventilationstab.
- Varmt brugsvand: Energiforbrug til det varme brugsvand.
- Køling: Elbehov til mekanisk køling, luftbehandling mv.
- Teknik: Elbehov til pumper, ventilatorer mv.
- Belysning: Elbehov til kunstig belysning (dog ikke i boliger).

Derudover kan vedvarende energiproduktion fra solcelle og solvarmeanlæg tælles med, hvis det bliver produceret på matriklen. Energirammen omfatter kun energiforbrug til bygningens drift og omfatter derfor ikke følgende kategorier:

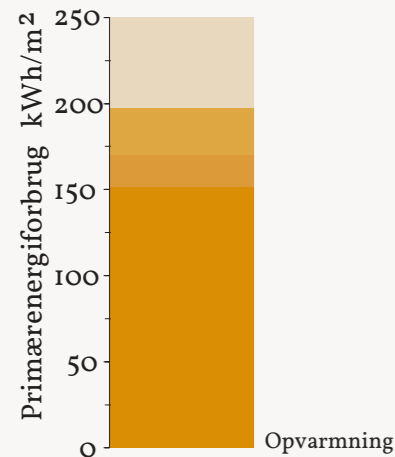
- Elforbrug til apparater.
- Elforbrug til belysning i boliger.
- Elforbrug til faste svagstrøms installationer.

Elforbruget er støt stigende eftersom eldrevne apparater har erstattet husarbejde og at der er en generelt tildens til flere eldrevne apparater i hjemmet. Elforbruget udgør ofte størstedelen af primærenergiforbruget i nye lavenergi-boliger. Nye lavenergiboliger oplever ofte problemer med overophedning på grund af et reduceret varmetab og et voksende internt varmetilskud fra større glasarealer og øget elforbrug.



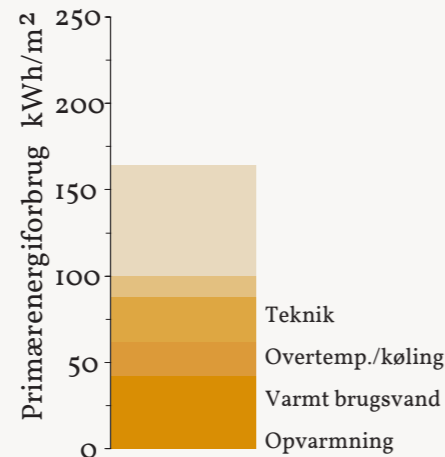
Lærkehaven, Herzog + partner

1970'ernes varmebesparelse



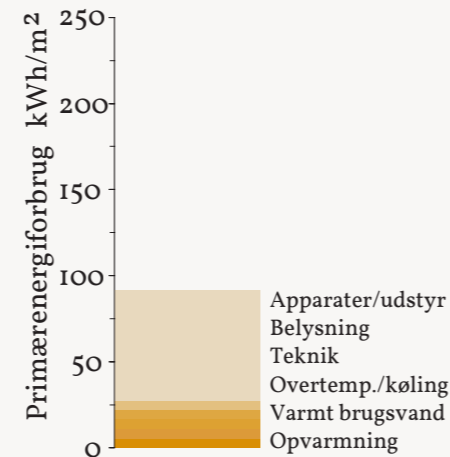
Opvarmning udgjorde den største del af bygningernes energiforbrug. Som følge af det regulerede man med bygningsreglementet energiforbruget. Der indføres i 1977 minimumskrav til varmeisolering og en begrænsning af glasarealerne. Desuden blev der lavet en varmetabsramme som giver mulighed for større glasarealer i velisolerede bygninger.

2000'ernes energiramme



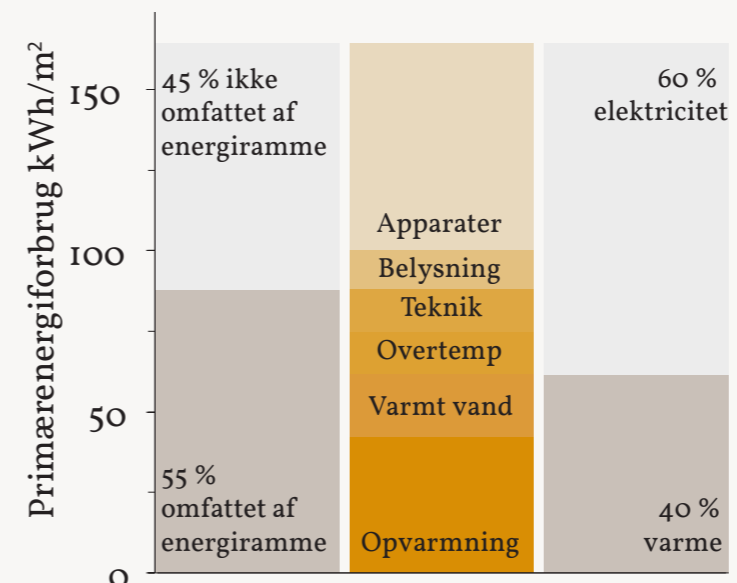
Med baggrund i EU-lovgivning blev der i 2006 indført en mere helhedsorienteret regulering af bygningers energiforbrug. Energirammen omfatter dermed opvarmning, varmt brugsvand, overtemperatur og køling samt teknik. Derudover kan vedvarende energiproduktion på matriklen indregnes i energirammen.

2020'ernes lavenergi-strategi



For at opfylde den ambitiøse energiramme for 2020 er der behov for at angribe designprocessen mere nuanceret. Energibesparelser skal afvejes i forhold til indeklimaet og dagslysforhold. Der skal fokus på arkitekturens rumlige og passive egenskaber i forhold til energi. Desuden skal der fokus på apparaternes elforbrug og varmetilskud for at minimere kølebehovet.

Energiprofil for typisk ny bolig



Tre Gudor, Viken, Tegnestuen Vandkunsten

Passiv solvarme

Fokus på passiv solvarme var relevant i 1970'erne og 1980'erne fordi bygningerne havde et lavt isoleringsniveau, og det interne varmetilskud var begrænset. Den passive solvarme som kom ind gennem de store sydvendte glasfacader, kunne oplagres i de indvendige overflader af den dårligt isolerede klimaskærm. Opvarmningsbehovet blev dermed minimeret uden væsentlige problemer med overophedning.

I nutidens lavenergibygninger er varmetabet væsentligt reduceret, mens der er et voksende varmetilskud fra elapparater, hvilket ændrer den interne varmebalance. Det betyder at store sydvendte glaspartier giver overskudsvarme om sommeren, som ikke kan udnyttes, og det resulterer i overophedning.

Lavenergi strategi

Det er en balancegang at designe et godt lavenergihus. Det kræver en nuanceret afvejning af blandt andet varmetab, solindfald, indeklima, opvarmning, overophedning og dagslys.

På den ene side skal glaspartiers størrelse og facadens udformning reducere overophedning om sommeren og minimere varmetabet om vinteren.

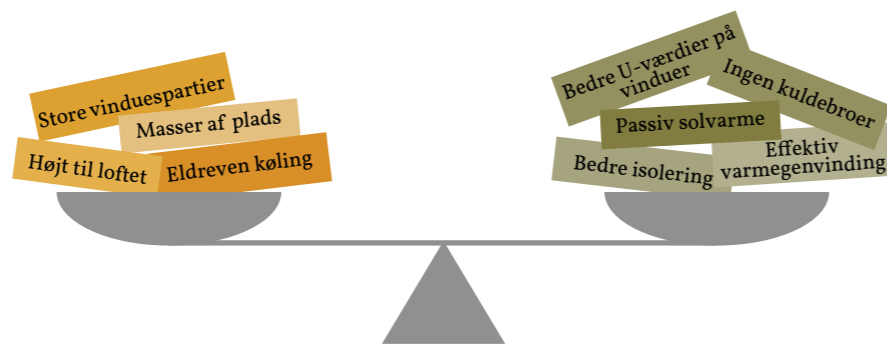
På den anden side skal glaspartiers størrelse

og rummenes geometri sikre en tilstrækkelig dagslystilførsel om vinteren og mulighed for naturlig ventilation med natkøling om sommeren.

En målrettet indsats tidligt i designprocessen er nødvendig, for her er arkitektens rumlige og passive egenskaber af afgørende betydning.

Designpyramiden

Designpyramiden beskriver den gode designproces grafisk. Det er vigtigt at starte med alle de passive tiltag, der ikke koster noget men er der alligevel. Der skal sørges for at holde varmen inde i huset, før det sidste energibehov løses med aktive tiltag. [Isover, 2007]



Velisolerede vinduer forhindrer kuldenedfald



Udvendig solafskærmning mod syd - Arkitekt Anette Billund

Design Pyramiden

Brugen af aktive energiteknologier bør så vidt muligt minimeres, da omfattende brug af aktive energiteknologier er dyrt og sjældent forskønner arkitekturen. Dog er de aktive tiltag nødvendige og bør derfor integreres fornuftigt i arkitekturen.

Generelt er det vigtigt at udnytte valget af materialer og byggeskik, for både at kunne lave god arkitektur som samtidig har et lavt energiforbrug. En god termisk isolation er vigtig for at kunne holde på varmen i huset. Ligeledes er det vigtigt at benytte velisolerende vinduer der samtidig giver en god dagslyskvalitet.

Arkitektens rumlige og passive egenskaber skal udnyttes for, at minimere energiforbruget og forbedre indeklimaet. Udform derfor en kompakt bygningskrop der samtidig lader dagslyst komme ind i hele huset. Vinduer skal placeres jævnt, for at undgå overophedning, og rummene skal proportioneres for lys og luft.



Begrænset, men velplaceret vinduesarealer mod nord.

Rum

Det er vigtigt at placere huset hensigtsmæssigt i forhold til sol og skygge. Det kan være umådeligt svært at få energiberegningen til at gå op hvis huset ligger i skygge, f.eks. bag beplantning eller andre bygninger.

Det er vigtigt at daglysforhold medtænkes som en af de første parametre i designprocessen, da det er næsten umuligt at kompensere for senere i projektføreløbet. Dagslysets geometri sætter grænsen for hvor dybt lyset kan trænge ind i rummet. For at sikre jævnt belyste rum med fornuftigt dagslys, kan det være nødvendigt at lave slanke rum med en god loftshøjde, så dagslyset også når ind til de mørkeste kroge af huset. Følgende anvisning fra SBI anvisning 230, kan anvendes til en simpel eftervisning af, at dagslysfaktoren ved arbejdspladser overholder 2 %, hvilket er minimumskravet ved arbejdspladser. Der er dog ikke noget krav til dagslysfaktor i boliger.

Høje og slanke rum giver typisk også bedre muligheder for naturlig ventilation og kølebehovet kan derved minimeres. Den slanke og høje bygningskrop minimerer derved i sidste ende elforbruget til belysning og begrænser behovet for køling med naturlig ventilation.

Vinduer og placering

Udformning af glaspartier er en balancegang. Store glaspartier kan resultere i et stort varmetab, indeklimaproblemer fra overophedning og en dårlig visuel kvalitet med blænding, mens små glaspartier kan resultere i mangel på dagslys med følgende

dårlig visuel kvalitet og højt elforbrug til belysning. Vinduer orienteret mod syd modtager bedst solvarmen. Her skinner solen ind om vinteren, hvor den passive opvarmning har størst betydning, men for at undgå overophedning er det nødvendigt at afskærme disse vinduer om sommeren.

Erfaringer viser at lyse og velbelyste rum kan skabes med moderate glaspartier svarende til 30 til 50 % af facadearealet. Heraf bør ca 30 % af det samlede vinduesareal vendes mod syd. De resterende 60 % vendes da mod vest, nord og øst for at give udsyn opnå et godt dagslysniveau. I bygninger med én eller to etager kan man med fordel betragte taget som en del af facaden. Her kan udnyttelsen af ovenlysvinduer sikre et godt dagslysniveau. [Marsh, 2011]

Højt placerede vinduesåbninger giver bedre dagslys dybere inde i rummet og giver samtidig et mere ensartet oplyst rum, hvorved den oplevede lyskvalitet forbedres. Optimerede glasarealer reducerer varmetabet og elforbruget til belysning.

Materialer

God termisk isolering er nødvendig. Jo bedre man holder indeklimaet adskilt fra den udendørs temperatur, jo nemmere er det at kontrollere indeklimaet og opnå et godt energiregnskab. Det er derfor nødvendigt med gode U-værdier i alle dele af klimaskærmen, samt en minimering af kuldebroer. Samtidig er det også nødvendigt at bygge en lufttæt konstruktion.

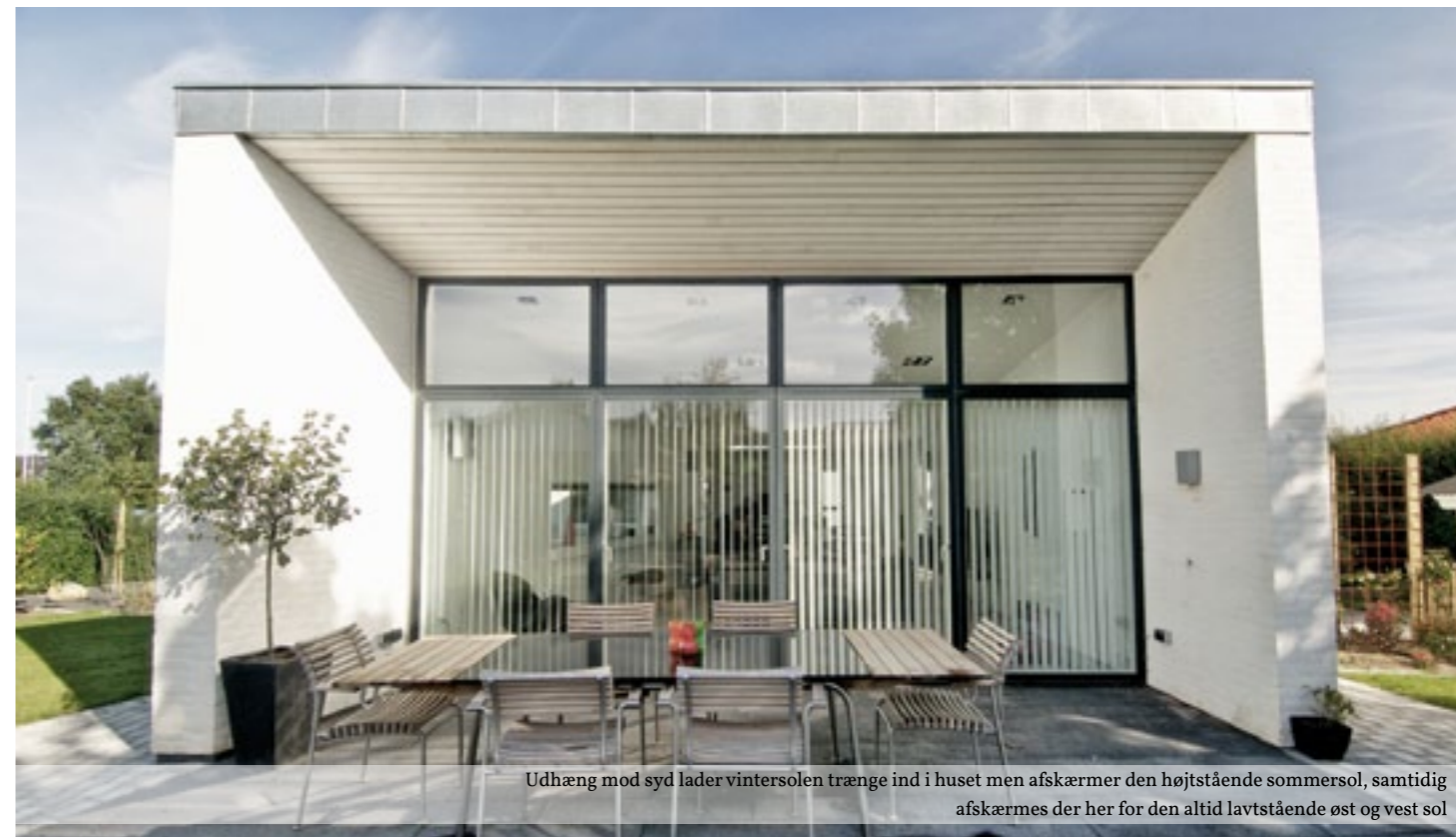
Facaderne bliver naturligt tykkere i takt

med bedre isolering. Dermed forværres også forholdet mellem bygningernes brutto- og nettoarealer. Det reducerer bygningernes brugbare etageareal og påvirker deres funktionalitet. Desuden giver den højtisolerede klimaskærm nogle dybe lysninger, som reducerer daglysets indtrængning. Derfor kan det være rentabelt, at benytte en dyrere men bedre isolering, da det i sidste ende giver flere brugbare kvadratmeter og en højere dagslys kvalitet. Tendensen i lavenergibygninger peger i retningen af lette, kompakte isoleringsløsninger bestående af præfabrikerede skeletkonstruktioner af træ eller stål med lette indvendige og udvendige beklædninger.

Teknologi

Med en fornuftig udformning af bygningerne er der store besparelser at hente på energiregnskabet. For at nå helt ned til energirammerne for 2015 og 2020 er der brug for et samspil mellem de passive og aktive løsninger. Først bør man fokusere på de energibesparende teknologier til ventilation, opvarmning, køling, belysning og varmt brugsvand. Det kan fx være ventilation med varmegenvinding eller lavtemperatur gulvvarme. Dernæst skal fokus rettes mod aktive vedvarende energiproducerende teknologier, såsom solvarme, solceller og jordvarme.

Løsningerne har alle fordele og ulemper og skal derfor vurderes individuelt i hver enkel byggesag, for at finde det mest givende samspil.



Udhæng mod syd lader vintersolen trænge ind i huset men afskærmer den højtstående sommersol, samtidig afskærmes der her for den altid lavtstående øst og vest sol



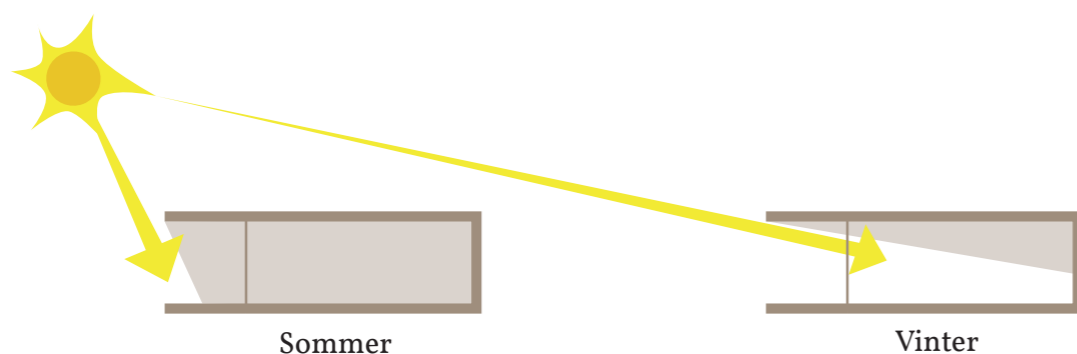
Smalle vinduespartier fra gulv til loft giver et godt dagslys og skal derfor vurderes individuelt i hver enkel byggesag, for at finde det mest givende samspil.



Velintegrerede solceller. Sunlighthouse, HEIN-TROY Architektten



Oplukkelige vinduer i alle rum giver mulighed for god naturlig ventilation i sommerhalvåret



De sydvendte vinduer kan afskærmses med udvendigt overhæng. Derved lukkes den lave vintersol ind, mens den højtstående sommersol afskærmses og risikoen for overophedning minimeres. Sol fra øst og vest er derimod vanskeligere at afskærme med fast afskærmning, da sol højden i disse tilfælde altid er lav. Ofte vil en bevægelig, udvendig solafskærmning være at foretrække, fordi dagslysmængden kan reguleres afhængig af lysstyrken.

Bygningsreglement –Indeklima og energiforbrug

Bygninger skal opføres, så unødvendigt energiforbrug til opvarmning, varmt vand, køling, ventilation og belysning undgås samtidig med, at der opnås tilfredsstillende sundhedsmæssige forhold.

Energirammen omfatter bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling, varmt brugsvand og eventuel belysning.

Ved tilført energi forstås købt energi tilført ejendommen, f.eks. i form af naturgas, olie, fjernvarme, fjernkøling, grundvandskøling, elektricitet eller biomasse.

Det termiske indeklima på solrige dage skal dokumenteres gennem beregning for boliger, institutioner, kontorer mm. i lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020. Det termiske indeklima må for boliger ikke overskride 26°C i mere end 100 timer pr. år. og 27°C må ikke overskrides mere end 25 timer pr. år.

Energi behov

2010

For boliger, kollegier, hoteller m.m. må bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand pr. m² opvarmet etageareal højst være 52,5 kWh/m² pr. år tillagt 1650 kWh pr. år divideret med det opvarmede etageareal.

2015

En bygning kan klassificeres som en lavenergibygningsklasse 2015 når det samlede behov

for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand pr. m² opvarmet etageareal ikke overstiger 30 kWh/m² pr. år tillagt 1000 kWh pr. år divideret med det opvarmede etageareal.

2020

En bygning kan klassificeres som en bygningsklasse 2020, når det samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand pr. m² opvarmet etageareal ikke overstiger 20 kWh pr. år.

Bygninger omfattet af bestemmelserne i kap. 7.2.5.2 eller 7.2.5.3 skal udføres, så det dimensionerende transmissionstab ikke overstiger 3,7 W pr. m² klimaskærm, når bygningen er i én etage, 4,7 W når bygningen er i 2 etager. Arealet af vinduer og døre og transmissions-tabet gennem disse medtages ikke i beregningen.

Krav til bygningsdele

I bygningsklasse 2020 må luftvarme ikke udgøre bygningens eneste opvarmingskilde. Løsninger med luftvarme, hvor alle boligens eller bygningens rum udgør en fælles temperaturzone, giver komfortproblemer og opfylder ikke bestemmelsen.

Specifikt elforbrug til ventilation må ikke overstige 1.500 J/m³. For anlæg, der kun forsyner én bolig, er grænsen dog 800 J/m³.

Ventilationsanlæg skal udføres med varmegenvinding med en tør temperaturvirkningsgrad på mindst 75 pct. Anlæg, der forsyner én bolig, skal forsynes med varmegenvinding med en tør virkningsgrad på mindst 85 pct.

For bygningsklasse 2020 boliger, kollegier, hoteller m.m. skal rudearealet svare til mindst 15 pct. af gulvarealet i beboelsesrum og køkken/alrum, hvis rudernes lystransmittans er større end 0,75. Er lystransmittansen mindre, forøges glasarealet tilsvarende. For ovenlys indregnes arealet med en faktor 1,4.

Luftskiftet gennem utætheder i klimaskærmen må ikke overstige 0,5 l/s pr. m² opvarmet etageareal ved trykprøvning med 50 Pa. For bygninger med høje rum, hvor klimaskærmens overflade divideret med etagearealet er større end 3, må luftskiftet ikke overstige 0,15 l/s pr. m² klimaskærm ved trykprøvning med 50 Pa.

Yderdøre og lemme må ikke have en U-værdi højere end 0,80 W/m²K. Yderdøre med glas må ikke have en U-værdi højere end 1,00 W/m²K, eller et energitilskud gennem døren i opvarmningssæsonen på mindre end 0 kWh/m² pr. år.

Energitilskuddet gennem vinduerne i opvarmningssæsonen må ikke være mindre end 0 kWh/m² pr. år. For ovenlysvinduer må energitilskuddet ikke være mindre end 10 kWh/m² pr. år. For ovenlyskupler må U-værdien ikke være højere end 1,20 W/m²K.

BR10 Krav fra 1. januar 2011	Energiramme for boliger, kollegier hoteller mv. A er det opvarmede etageareal
Standard 2010	(52,5 + 1650/A) kWh/m ² /år
Standard 2015 (frivillig lavenergiklasse 2015)	(30 + 1000/A) kWh/m ² /år
Forventet standard 2020 (frivillig lavenergiklasse 2020)	20 kWh/m ² /år
Forventet standard 2025 ZEB, Zero Energy Buildings	0 kWh/m ² /år



Boligen

Boligen er en afgørende faktor for individets velbefindende. Boligpræferencer som f.eks. beliggenhed, ejerforhold, og naboskab er selvfølgelig individuelle, men nedenfor skitseres visse tendenser i præferencer inden for boligtype med relevans for rækkehusene i Borup.

Storbyernes let tilgængelige adgang til uddannelse og job er en tiltrækkende og væsentlig faktor for at flytte mod en større by, men de seneste års prisstigning på boliger i storbyer har også skubbet i den modsatte retning. De mindre byer i pendlerafstand til arbejdsmarkedet forekommer derfor som et attraktivt alternativ – især for yngre familier med færre ressourcer. [Kristensen, 2006] Denne udvikling er også kendetegnende for Borup, hvor det må formodes, at en stor del af de kommende beboere i rækkehusene vil blive unge familier med børn. At rækkehusene er lejligheder vil ydermere have en endnu større tiltrækningskraft på unge familier. For det har vist sig, at lejligheden spiller en betyd-

ningsfuld rolle i tilflytningsområder, hvor de nytillføjede endnu er usikre på, om de vil slå sig ned permanent. Lejligheden vil reelt være en praktisk boligform for mange familier med begrænset tid – og ressourcer. [Kristensen, 2006]

Boligernes størrelse bliver som følge af byggeprogrammet forholdsvis beskedne. Til trods for at boligernes størrelser gennem en længere årrække har været stigende, er det ikke ensbetydende med at der ikke kan skabes gode arkitektoniske rum i en mindre bolig. Pladsforbruget er ikke nødvendigvis afgørende for kvaliteten af boligen. En bolig indrettet med en betydelig grad af rumlig variation og en eller anden mulighed for fleksibel udnyttelse, hvad enten det gælder rummet eller strukturen er oftest af større betydning for kvaliteten. Rumlig variation kan få selv små huse, som Rækkehusene i Borup, til at virke store og rige på oplevelser. Det er altså ikke størrelsen på rummene der er afgørende, men derimod deres dagslysforsyning og mulighederne for at

udnytte de samme rum til forskellige formål. [Keiding, 2010]

Målet med de nye boliger må være at skabe åbne rammer, som kan tilpasses nye behov. Foranderlige, brugerpåvirkelige og personliggjorte boliger, der giver plads til udfoldelse, mangfoldighed og valgmuligheder. Samtidig må boligen have en blivende, arkitektonisk kvalitet, der kan holde gennem alle forandringerne, og være et anker i en meget omskiftelig tid.

En anden aktuel udfordring er, at skiftende beboere med forskellige forudsætninger vil stille forskellige krav til den samme bolig.



Lærkehaven, Herzog + Partner



ONV-Bolig, Gilleleje, ONV Arkitekter

Afgrænsning

Projektet vil tage udgangspunkt i det tidligere beskrevet byggeprogram. Dog vil der være undtagelser fra byggeprogrammet. Det følgende afsnit beskriver hvorledes jeg har prioriteret byggeprogrammets parametre og på hvilke områder jeg ønsker at afvige fra byggeprogrammet

Bygherren kræver, at boligerne som minimum opføres i henhold energirammen for 2015. Med dette projekt sættes der en mere ambitiøs målsætning om at nå energirammen for 2025.

Eftersom energirammen for 2025 endnu ikke er fastsat er det derfor nødvendigt at fastslå hvad der menes. I denne sammenhæng skal energirammen for 2025 forstås således, at energirammen for 2020 overholdes, men med et energiforbrug på 0 kWh/m²/år. Denne definition bruges også for nulenergi-bygninger eller ZEB (Zero Energy Building). Ydermere vil målet være, at boligerne uden solceller eller anden aktiv installation skal kunne overholde

energirammen for 2020 med et energiforbrug på blot 20 kWh/m²/år. Derved sikres at boligerne designs med fokus på udnyttelse af de passive virkemidler.

Til trods for at byggeprogrammet er brugt til at skabe rammerne for dette projekt, vil alternative løsninger løbene blive diskuteret i forhold til den, fra byggeprogrammet, ønskede. Dette vil særligt gøre sig gældende i forhold til de tekniske installationer.

Kravet til boligarealerne er fastsat ud fra regler om tilskud til almene boliger. Men i dette projekt vil det blive accepteret, hvis boligarealerne bliver en anelse større, hvis det til gengæld giver en større arkitektonisk kvalitet. Samtidig vil projektet blive designet med tanken om at det skal opføres af en privat bygherre. Desuden vil der i projektet ikke blive udformet et forslag til bolig type C, på 69m², dog vil der stadig planlægges efter at opføre 50 boliger.

Vision

Visionen for projektet er at udforme et forslag, som på bedste vis tilgodeser ønskerne fra bygherre og lokalplan.

Samtidig vil projektet udforske mulighederne for at skabe spændende boliger med et energiforbrug på 0 kWh/m²/år. Den arketypiske bolig med sadeltag vil blive udgangspunkt for den formæssige udvikling. Boligerne vil blive skubbet sammen, så de står skulder ved skulder, som de er frit placeret i landskabet. Omfavnende et fælles grønt bånd mod nordøst og udsigt og privathed ved den åbne facade mod sydvest.

Inspiration Kronborg Strandby

I dette afsnit er der udvalgt 4 vigtige inspirationskilder for dette projekt. Referenceprojekterne har virket inspirerende for bl.a. form og struktur, men også med gode lavenergiarkitektoniske løsninger. Det er kort beskrevet, hvorledes hvert enkelt projekt har påvirket designet af Rækkehusene i Møllebankerne



Arkitekt: Arkitema
Adresse: Tretorn-grunden, Helsingør
Omfang: 15.000 m², 100-150 boliger

Elegante og skulpturelt enkle træhuse, der vinkler sig i forhold til hinanden og sikrer en levende og interessant by med gode udsigts- og lysforhold. Her er man altid tæt på lyset og nær den storslåede udsigt som er karakteristisk for stedet. Kronborg Strandby har tre typer huse: strandvillaen, strandhusene og byhusene med variationsmuligheder indenfor hver type. Bebyggelsen rejser sig fra 2-3 etagers huse nærmest kysten op til 6 etagers etageboliger med udsigt og beskyttet ophold

på inde liggende terrasser eller altaner. [Arkitema.dk]
Kronborg Strandby vil med det enkle materialebrug og formsprog i form af arketyperiske fortolkninger af boligen være en direkte inspirationskilde til dette projekt. Lige såvel som den luftige og umildbart tilfældige masterplan vil være det. Men kigger man grundigere på masterplanen, ses det at alle bygningerne er orienteret i samme retning blot med mindre vinklinger. I samspil med forskydningerne mellem bygningerne skaber dette en meget levende plan, hvor de enkelte grunde flyder sammen og skellet mellem offentligt og privat udviskes.



Lærkehaven



Arkitekt: Herzog + Partner
Adresse: Lærkehavn, Lystrup
Omfang: 4700 m², 50 boliger

Det arkitektoniske udtryk tegnes af kompakte bygningsvolumener med lodrette vinduesformater, ubehandlet lærketræ på facaderne og trælaminaat på gavlene. Bygningernes forskellige højder samt de manuelt betjente skodder giver bebyggelsen en fin variation. Rækkehusene omkranser et gårdmiljø med fælles hus og har private haver der er orienteret ud mod omgivelserne.
Lærkehaven overholder BR08 Lavenergi-klasse, med et forbrug på blot 44,4 kWh/m²/



år. Dette resultat er bl.a. opnået ved at udnytte den passive solvarme og dagslys bedst muligt. De store udvendige skodder gør det muligt for beboerne at holde boligen kølige på den varmeste tid af året. [Lehrskov, Hanne, mfl (2011): Energi + Arkitektur, Arkitektens Forlag]
Efterfølgende tilfredshedsundersøgelser viser desuden at 90 % af beboerne er tilfredse eller meget tilfredse med indeklimaet i boligerne. Ligeledes udtrykker en meget stor tilfredshed med dagslysniveaet. [Jørgensen, 2009]

Den fornuftige vinduesdisponering samt brugen af flytbare skodder vil blive grundigt analyseret og afprøvet på nærværende projekt. Princippet for masterplanen for Lærkehaven, hvor det sociale liv samles i mindre gårdhaver og de private haver orienteres mod omgivelserne vil også blive anvendt som udgangspunkt for Rækkehusene i Møllebankerne.

Sunlighthouse



Hans Thyge & Co



Arkitekt: HEIN-TROY Arkitekten
Adresse: Pressbaum, Østrig
Omfang: Eksperimentelt privatboligprojekt

Målet var at bygge et CO2 neutralt hus med et spændende og appellerende arkitektonisk udtryk med fokus på det hældende tag. Udfordringen var at finde en passende balance mellem energi effektivitet og et godt dagslys. Husets karakteristiske udformning udspringer af, at det var nødvendigt at placere et stort antal solceller højt oppe på bygningen for at undgå skyggerne, som dækker store dele af grunden. På 1. salen lader glasskillevæggene dagslyset fordele sig jævnt ind i alle rum.



Arkitekt: Hans Thyge og Claus Hermansen.
Adresse: Norsminde, Aarhus
Omfang: Privatbolig og design studie

Hans Thyge designede i 2007 et nyt studie i samarbejde med arkitekten Claus Hermansen. Huset er en privat bolig, men huser også hans design studie, og er lokaliseret i Norsminde - en lille landsby ved Jyllands østkyst.

[Hans Thyge & Co 2011]
Projektet er et godt eksempel på hvordan det arketyperiske hus kan fortolkes og er her gengivet i rene geometriske former. Det rene træbyggeri relaterer sig til omgivelserne og patinerer smukt med tiden. Huset indeholder et væld af velgennearbejdede detaljer, der på elegant vis fremhæver bygningens former og hovedgreb.

Skitsering

Skitsefasen blev indledt med at afprøve forskellige ideer til bygningsplaceringerne. Eksperimenterne skulle først og fremmest give en forståelse af grundens størrelse og en ide om hvor meget 50 boliger fylder på grunden.

Desuden var formålet også at finde frem til et bygningslayout, som kunne opfylde ønskerne om god social bæredygtighed og samtidige få det optimale ud af den naturskønne grund. Allerede her i den tidligste skitsefase, havde målet om at designe boliger med et meget lavt energiforbrug en stor indflydelse på projektet.

En af grundpillerne i at skabe et boligområde, der fordrer social bæredygtighed og motiverer til et godt fællesskab mellem beboerne, er at designe fælles uderum, hvor beboerne naturligt møder hinanden. "Gruppering af boliger omkring definerede fællesrum eller vejfor-

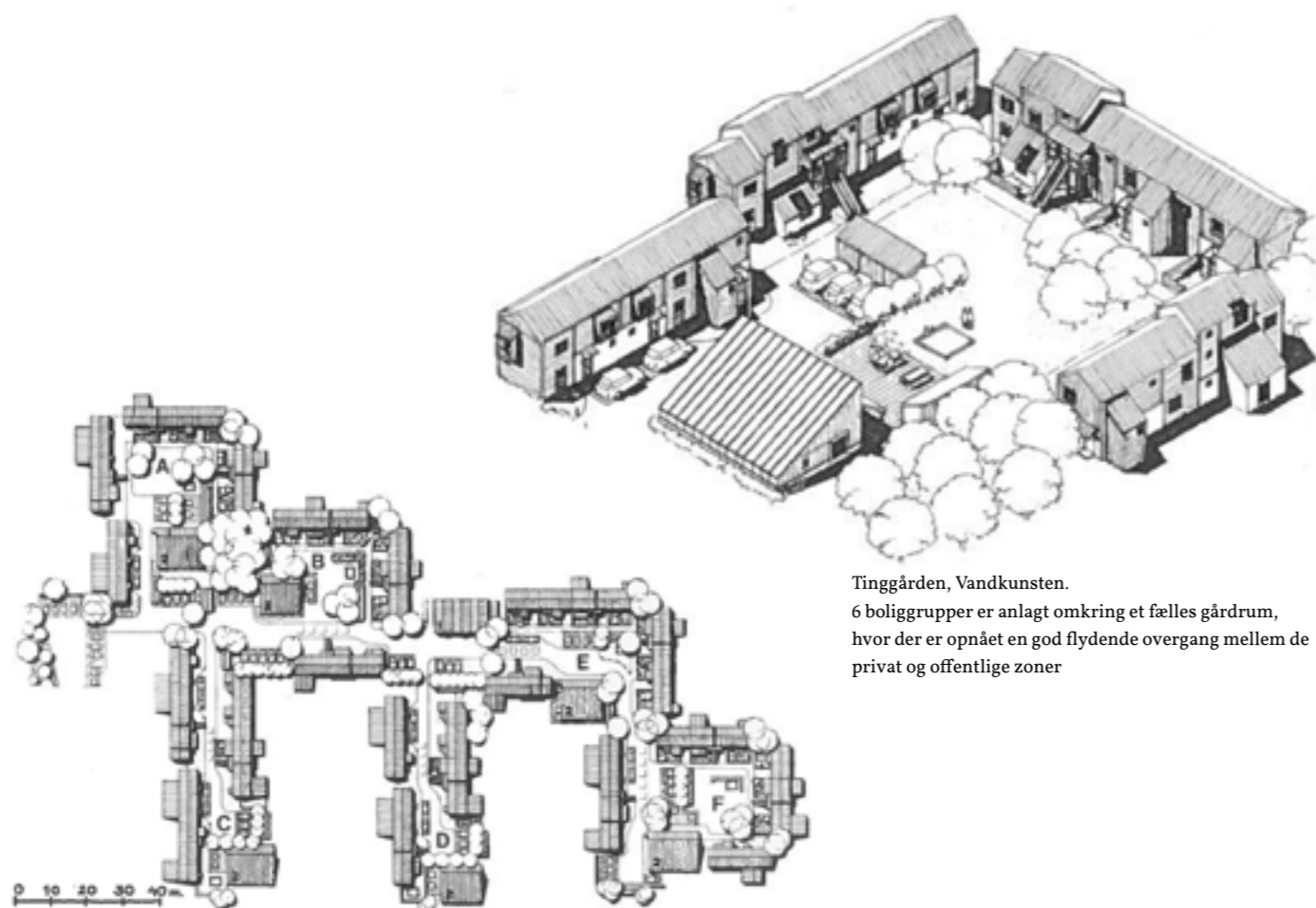
løb øger mulighederne for beboernes fælles projekter og fornøjelser" (Gehl, 2003). Et eksempel kunne være Tinggården af Tegnestuen Vandkunsten, som består af 6 boliggrupper. Hver boliggruppe er organiseret omkring et boligtorv og et fælleshus. Derved opnås en flydende overgang mellem offentlige, semi-offentlige, semi-private og private uderum og muligheden for det tilfældige møde mellem beboerne øges.

Orientering i forhold til solindfald har stor betydning for alle typer af lavenergibygninger, herunder for dagslyset i bygningen, passiv solvarme og for anvendelsen af udedørsarealer. Derfor er det vigtigt, at boligerne placeres så de ikke skygger for hinanden, specielt om vinteren, hvor solen står lavest på himlen, og hvor dens stråler skal udnyttes optimalt til at opvarme huset. Dette betyder også at

alle boligerne skal have en mere åben facade orienteret i sydlig retning. Eftersom grunden skræner svagt mod sydvest minimeres risikoen for at boligerne skygger for hinanden.

I forhold til udsigten ud over Ådalen vil det være naturligt at orienterer boligerne med en mere åben facade mod sydvest for at få det flotte kig ud over det lavere liggende naturskønne område. Dette passer fint sammen med ønsket om at få passiv solvarme ind gennem en åben, sydvendt facade.

Følgende forsøg illustrerer hvordan der tidligt blev eksperimenteret med, at placere boligerne så ovenstående krav tilgodeses. Forsøgene viser hvilken udfordringen det har været, at skabe et klart defineret fælles gårdrum og samtidig orientere alle boligerne med en åben facade i sydlig retning.



Tinggården, Vandkunsten.
6 boliggrupper er anlagt omkring et fælles gårdrum, hvor der er opnået en god flydende overgang mellem de privat og offentlige zoner

Typisk placeres lavenergi boliger jævnt fordelt over grunden med samme orientering. Derved sikres et godt solindfald i alle boliger og uønsket skyggefald på boligerne undgås.

Men dette bygnings layout fordrer ikke ønsket om et socialt bæredygtigt boligområde. Der er ingen oplagte fællesområder og opdelingen mellem offentlig, halv offentlig og private område er ikke naturligt eksisterende.

Mange af boligernes åbne facade mod syd er orienteret mod den foranliggende boligs nordvendte entré side.



Boligstokkene er i dette forsøg vinklet lidt forskelligt i forhold til hinanden og grupperet for, at skabe tre fælles gårdrum. Men eftersom boligerne gerne skal have den åbne facade orienteret i sydlig retning vil boligernes åbne facade ofte være orienteret mod den foranliggende boligs nordvendte entré side.



Forsøgene endte op med dette forslag, hvor boligerne er grupperet i tre mindre grupper, hvor alle boliger er orienteret i sydlig retning uden at kaste skygge på de bagvedliggende boliger. Samtidigt kan alle boligerne have entré fra det fælles gårdrum, som altid ligger nord for boligen og have en åben facade og terrasse orienteret mod syd eller sydvest.

Gårdrummene er dog ikke klart defineret mod nord. Det tiltænkes derfor, at der skal plantes en mindre skovlund nord for hvert gårdrum, så gårdrummet defineres tydeligere.



Efter at have eksperimenteret med forskellige modelforsøg, kan hovedgrebet defineres som:

- At skubbe boligerne sammen, så de står skulder ved skulder, som stave der er frit placeret i landskabet. Omfavnende et fælles grønt bånd mod nordøst og udsigt og privathed ved den åbne facade mod sydvest.

Energibudgetet

For at kunne nå det ambitiøse lavenergi mål er det nødvendigt, at kunne kvantificere energiforbruget ved de arkitektoniske løsningsforslag som fremkommer gennem den integrerede design proces. Derfor blev der lavet energiberegninger, med udgangspunkt i byggeprogrammet, allerede inden de første skitser af boligerne blev tegnet.

Ud fra byggeprogrammet var mange af de parametre, som havde indflydelse på energiforbruget allerede kendte. Der blev beregnet på en fiktiv velisoleret kompakt bolig med en fornuftig vinduesplacering. Denne beregning gav en tydelig indikation om hvor stort en udfordring det ville blive, at designe boliger med et energiforbrug der lever op til BR2025 kravene. Men samtidig gav de løbende beregninger mulighed for, at udforske og afprøve

forskellige arkitektoniske løsninger uden, at energiforbruget løb løbsk. Som tidligere beskrevet er arkitektens rumlige og passive egenskaber af afgørende betydning for, at opnå et godt indeklima og et lavt energiforbrug. Det er vigtigt, at starte med alle de passive tiltag, der ikke koster noget men er der alligevel. Der skal sørges for at holde varmen inde i huset, før det sidste energibehov dækkes med aktive tiltag.

For at sikre at energiforbruget ikke blot bliver nedbragt ved, at benytte adskillige aktive tiltag, er målet med dette projekt at nå BR2020, 20 kWh/m²/år, udelukkende ved passive tiltag. Kravene for BR2025, 0 kWh/m²/år, skulle derefter nås ved hjælp af aktive tiltag. Graferne illustrerer princippet for, hvordan energiforbruget med og uden aktive tiltag va-

rierer gennem designprocessen. Punkterne på graferne viser forskellige stadier i processen, hvor der er blevet eksperimenteret med fx klimaskærmens areal, vinduer og afskærmning, men også effekten af bedre ventilationsanlæg og placering af solceller.

Energibudgetet har været et vigtigt redskab, som er blevet brugt og forfinet gennem hele processen. Energibudgetet har været med til, at sikre en god integreret design proces, hvor det ikke har været nødvendigt, at redde bygningens performance med "damage control" til sidst.

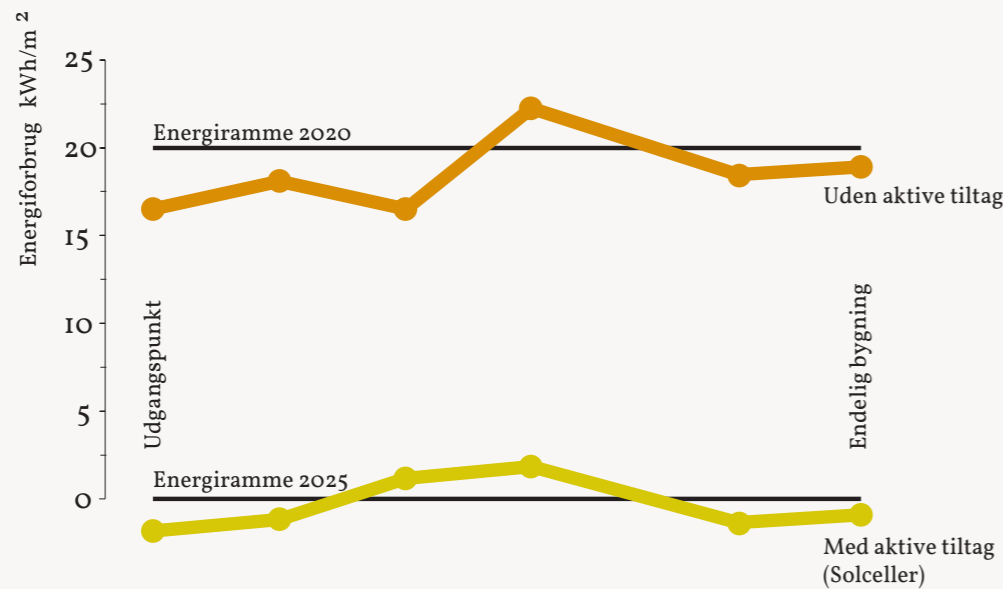
Beregningerne er foretaget i Be10 og parallelt med energibudgetet er der løbende lavet dagslysberegninger og døgnmiddelberegninger for at sikre et godt indeklima og undgå overophedning.

Primær- og nytte energi

Når der skal diskuteres energiforbrug er det vigtigt at have styr på de tre energibegreber: **Nytteenergi, slutenergi og primær energi.**

Nytteenergien er den energi, der faktisk bliver udnyttet til et formål, f.eks. 15 kWh/m² år, der skal bruges til opvarmning og køling af rummene. Slutenergien er den energi, som leveres på matriklen. Altså den mængde energi som installationen skal bruge for at levere nytteenergien. Den primære energi er den mængde energi, som forsyningsvirksomhederne bruger til at producere slutenergien og distribuere den ud til matriklen. Forholdet mellem nytteenergien og slutenergien beskriver effektiviteten i installationen og den interne distribution. Nytteenergien kan være større end slutenergien, hvis der suppleres

med energi frembragt på matriklen, typisk fra jordvarme eller solfanger. Forholdet mellem slutenergien og den primære energi beskriver effektiviteten af forsyningsvirksomhedens produktion og distribution. Der tages også højde for, hvor meget CO₂ der udledes under processen. [Isover, 2007] Skemaet viser hvorledes omsætningsfaktorerne er for fjernvarme og el, afhængig af om der beregnes efter BR 2010, 2015 eller 2020. I programmet Be10 tages der automatisk højde for disse faktorer. Omsætningsfaktorerne for 2025 er endnu ikke kendte, men de forventes ikke at ændre sig i forhold til BR 2020.



	Fjernvarme	El
BR 2010	1	2.5
BR 2015	0.8	2.5
BR 2020	0.6	1.8

Skitsering af boligerne, version I

De første skitser af boligerne blev til med baggrund i byggeprogrammet, men skulle også passe sammen med ideerne fra masterplan modelforsøgene. Dermed skulle der tegnes en bolig type A og en bolig type B, som kunne sættes sammen til et rækkehus og orienteres således at de havde en entré facade mod nord og en åben og mere privat facade mod syd.

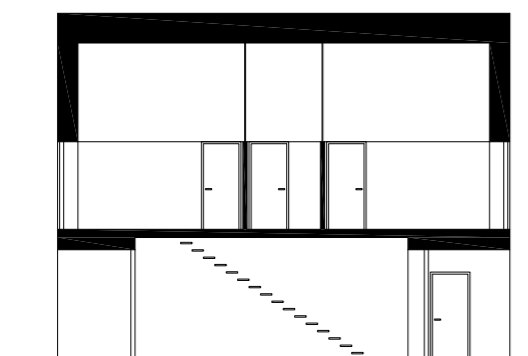
Boligerne blev tegnet i 2 etager for at skabe en kompakt bygningskrop, men også fordi at det ville blive meget vanskeligt at få plads til 50 boliger i ét plan på grunden.

Alle ydervægge blev som udgangspunkt tegnet 500 mm tykke for at sikre at der var plads til at isolere klimaskærmen godt. Bygningen fik store vinduer mod sydvest, for at få den passive solvarme ind og samtidig åbne boligen op ud mod det flotte view over Ådalen. Ligeledes blev der placeret mindre, men velplaceret vinduer mod nord, for at begrænse varmetabet på den kolde side og dog stadig give godt dagslys og udsyn i værelserne.

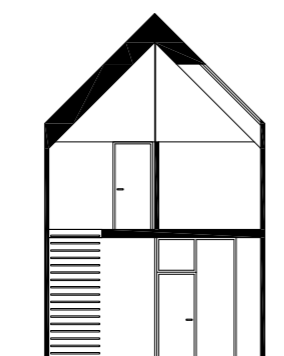
I disse kompakte boliger er værelser og toilet små, for derved at give mere plads til fællesrum og opholdsarealer. For at kompensere for de få kvadratmeter på værelserne blev i. salen åben op til kip, for derved at få rummene til at fremstå større. Den øverste del af væggene mellem værelserne er tegnet som glas, dels for at give beboerne fornemmelsen af at være i et større og sammenhængende rum, men i lige så høj grad for at dagslyset som kommer ind af ovenlysene kunne fordeles jævnt over hele i. salen.

For at bibeholde det store åbne rum i stuen blev køkkenet integreret i en stor skabsvæg, som udspandt sig i hele bygningens dybde.

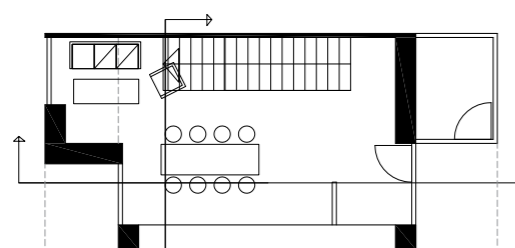
Det viste sig, at være en stor udfordring at få plads til alle funktioner og rum på de forholdsvis begrænsede kvadratmeter. Ikke mindst pga. af trappen som til dels dikterede indretningen af boligen. På dette tidspunkt var trappen tegnet med en trindybde på 280 mm og en trindhøjde på 220 mm. Til trods for adskillige forsøg med forskellige trappeudformninger var den fortsat en stor udfordring.



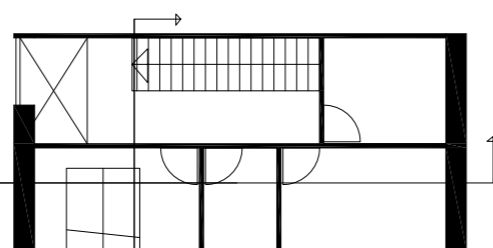
Længdesnit, 1:200



Tværsnit, 1:200



Plan skitse, stue, 1:200



Plan skitse, i. sal, 1:200



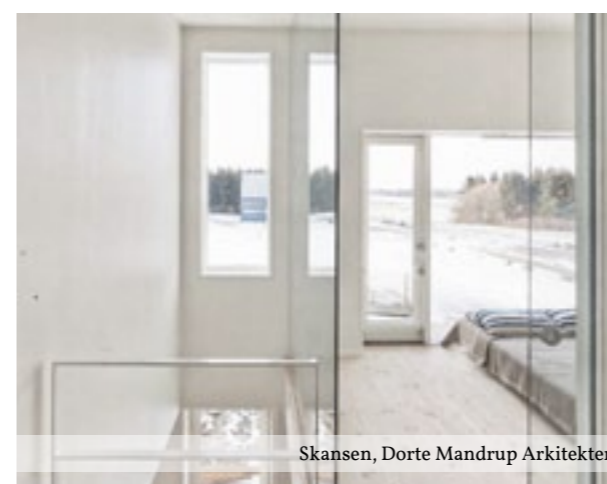
Sunlighthouse, HEIN-TROY Arkitekten. Dagslyset trænger ind i alle rum, gennem glas skillevæggene som er ført til kip.



Læsely, Dorte Mandrup Arkitekter, Konsekvent brug af materialer og god udnyttelse af dybe lysninger.



Kvistgårdhusene, Vandkunsten. En af trappeløsningerne som blev arbejdet med i den tidlige skitseproces



Skansen, Dorte Mandrup Arkitekter.



Villa Wienberg, Wienberg Arkitekter. Køkkenet er indarbejdet i en stor skabsvæg.

Facaderne og taget

Sideløbende med at planerne blev udviklet blev der eksperimenteret med form og forskellige facade- og tagudtryk. Nogle af forsøgene bearbejdede rækkehuset som et volumen, hvorimod andre forsøg eksperimenterede med at give rækkehuset et udtryk af at det var flere boliger som blot var skubbet sammen til et hus. Med andre forsøg

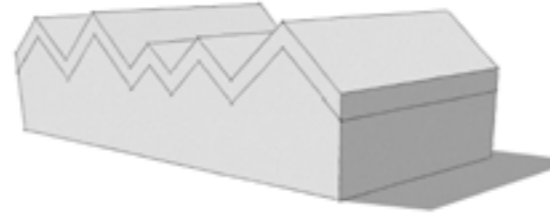
blev der også arbejdet med visuelt at løsrive facade og tag fra de bagvedliggende boligplaner, for derved at give en illusion om en større variation og forskellighed. Det der lignede to tagrygge eller to facader kunne på den måde reelt blot være én bolig. Men fælles for alle formeksperimenterne var at de arbejdede med hvordan den arketypiske bolig med sadeltag kunne transformeres om

til et rækkehus.

Med det endelige forslag ønskes et enkelt og ærligt formsprog, hvor den stringente rytme danner letafslæslige volumener, som tegner sig stærkt i det kuperede landskab. Til trods for det stringente formsprog kan der med forskydninger, varierende vindues placering og simple indhak i volumen opnås et levende facadeudtryk med stor variation.



Boliger med sadeltage stilles side om side, men orienteringen af taghældningen varieres for at skabe variation.



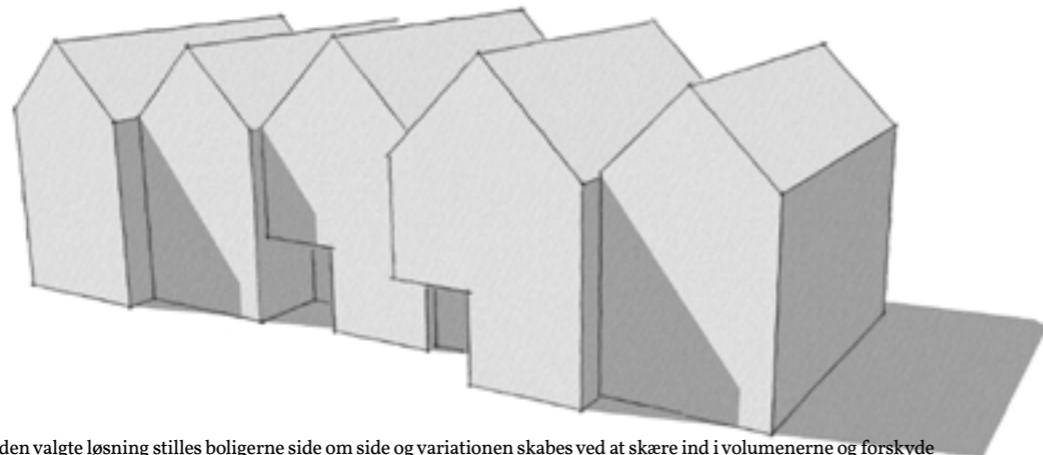
Boligheden bearbejdes som et volumen, men stadig med referencer til det klassiske gavlmotiv.



Den enkelte bolig kan aflæses i facaden, men taget varieres og udformes frit.



Facade og tag indikerer en varierende boligstørrelse, men det til trods er alle boligplanerne ens.



Med den valgte løsning stilles boligerne side om side og variationen skabes ved at skære ind i volumen og forskyde boligerne indbyrdes. Herved markerer den enkelte bolig sig og boligheden aflæses som 5 boliger og ikke som et volumen.



Booi, nyfortolkning af klassisk byhus med sadeltag



Sunlighthouse, HEIN-TROY Arkitekten. Sænkning i volumen skaber på elegant vis et udhæng ved entreen.



Center for kræft og Sundhed, Nord Arkitekter. Bygningen fremtræder som et volumen, med en facadelinie der har rædder i det klassiske byhus med sadeltaget. Facade og tag afslører ikke funktionerne som ligger bag.



Vathorst, Amersfoort. Nyfortolkninger af typisk Hollandske byhuse. Tag, facade og vinduer varieres for at skabe den variation som vi kender fra de gamle Hollandske byhuse.

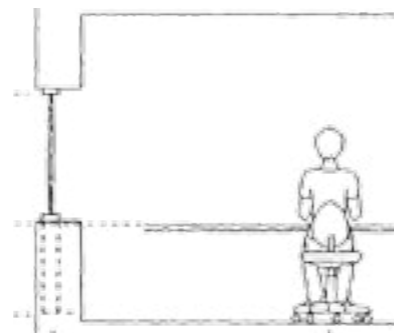
Dagslys

Da for ringe dagslysforhold er næsten umulige, at kompensere for senere i projektforslaget, var det én af de første parametre som skitseforslagene blev screenet for. En egentlig dagslysberegning kan være tidskrævende at lave og egner sig derfor ikke til den tidlige skitseringsfase. Men en simpel tommelfingerregel kan give en god ide om dagslyset i bygningen. Regnereglen udtrykker hvor dybt ind i rummet der vil være en dagslysfaktor på minimum 2.

Reglen afslører også hvor vigtigt det er, at lave bygninger med en god rumhøjde og mulighed for højt siddende vinduer, hvis der ønskes et højt dagslysniveau.

Målet for dagslysniveauet vil i dette projekt være at dokumentere, at dagslysfaktoren i hele køkkenalrummet er minimum 2.

Såfremt rumhøjden er 3m og at der er vinduer fra gulv til loft vil der 5-6 meter ind i rummet opnås en dagslysfaktor på minimum 2. I den videre skitseproces blev der taget forbehold for de beregnede dagslysforhold og senere i processen blev der lavet en mere detaljeret dagslys simulering, som beskrives senere.



$(2,5 \cdot (\text{vinduetts glasoverkant} - \text{bordhøjde}) + 1 \cdot \text{højde af evt. glas under bordhøjde}) \cdot \text{rudernes lystransmittans.}$

Solceller

For at nå den ambitiøse energimålsætning er det nødvendigt at producere energi på byggegrunden. Hvor meget energi der skulle produceres, kunne allerede da aflæses ud fra energibudgettet. Energibudgettet viste, at der skulle produceres ca. 20 kWh/m²/år pr bolig, hvilket svarer til ca. 10 kvadratmeter solceller pr. bolig.

"Solceller er en bygningskomponent, som kan bidrage til den arkitektoniske kvalitet. Fra en situation hvor solcelleanlæg var en meget avanceret teknologi, som på grund af høj pris ikke kunne begrundes totaløkonomisk, findes nu solcelleprodukter på markedet, som totaløkonomisk betragtet er en overskudsforretning fra dag et. At høste solens energi i form af elektricitet er et oplagt bud på fossilfri energi.

Tidligere blev solcelleanlæg monteret på bygningerne uden særlig hensyntagen til det æstetiske udtryk, og derfor blev de ofte valgt fra af arkitekterne. I dag er solcellepaneler et element, som kan integreres i bygningens arkitektoniske idé." [Lehrskov, 2011]

Som citatet beskriver, er det nødvendigt at integrere solcellerne i bygningens arkitektoniske idé. Ikke blot for at skabe æstetisk smuk arkitektur, hvor solcellemodulerne fremstår som et naturligt og harmonisk element af bygningen, men også for at sikre en høj ydelse fra solcellerne.

For at solcellerne skal kunne fungere mest effektivt er det vigtigt, at orientere og vinkle dem fornuftigt i forhold til solen. Men lige så vigtigt er det at andre bygninger, spring i facaden eller omkringstående træer ikke kaster skygger på panelerne. Skygger på dele af solcellepanelerne vil medføre, at hele panelets produktion reduceres væsentligt.

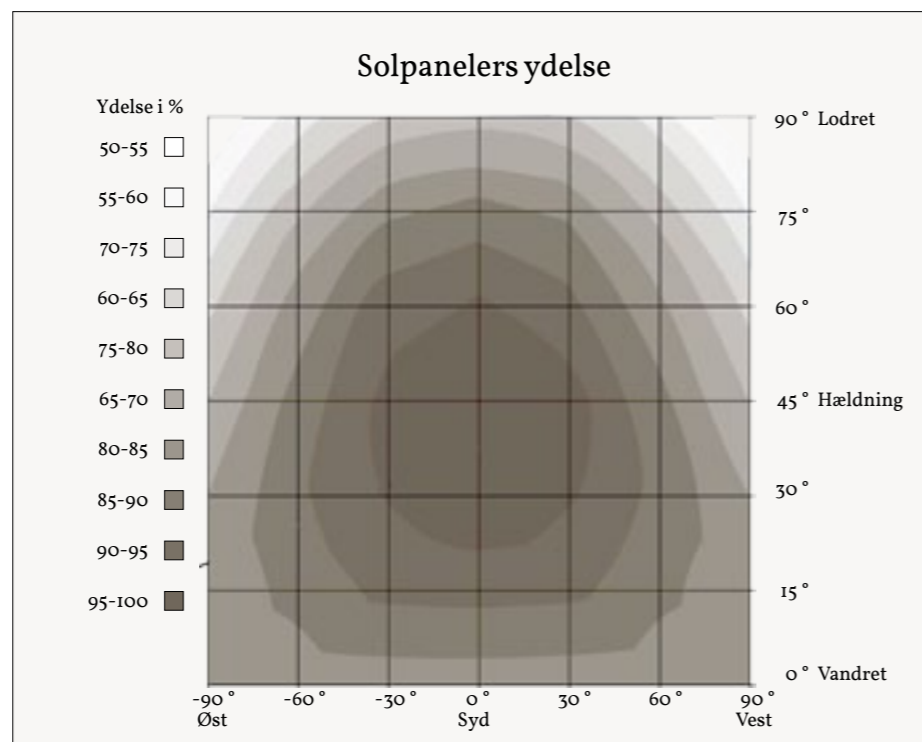
Skemaet illustrerer solcellepanelernes ydelse i procent i forhold til hældning og orientering. Solcellerne yder maksimalt med en hældning på 30-45 grader orienteret mod syd. Solceller

placeret på en lodretfacade yder maksimalt 75 %. Hældningens afgørende betydning for ydelsen betyder, at solcellerne gerne skal placeres på en skrånende tagflade orienteret i sydlig retning.

10 m² solceller på hvert tag ville blot fylde en mindre del af tagfladen og det ville være svært at designe en æstetisk smuk løsning, hvor solcellerne som materiale skulle støde op mod et andet tagmateriale. Derfor blev der arbejdet med alternative løsninger. Den endelige løsning arbejder med, at integrere solcellerne i et stort ovenlysvindue. Da solcellerne ikke er translucente placeres cellerne med en lille indbyrdes afstand. Denne

type rude produceres blandt andet af firmaet Gaia Solar og består af højeffektive polykrySTALLINSK silicium solceller, som fastgøres på det inderste lag glas i en to- eller tre-lags rude. [Birk, 2008]

Solcellerne filtrer derved lyset, gennem solcellekomponenten i den sydvendte tagflade, og opleves indefra hvor solcellerne er med til at forme rummet. Solcellen kan her præsentere sig, træde frem og signalere (kommunikere) at her produceres der energi. Lys- og skyggespillet er et stærk element i rummet. Foranderligheden i dette og det dragende i de præcist formede skyggers vandring over fladerne skaber et stærkt indtryk.



Sunlighthouse, HEIN-TROY Arkitekten. Solcellerne er orienteret optimalt og smatidig hævet for at undgå skygge fra skoven



Solceller monteret vertikalt



Energimidt, Årstiderne Arkitekter. Integrerede solceller mindsker solindfaldet og risikoen for overophedning minimeres. Samtidig kaster solcellerne et filtreret skyggemønster som tydeligt tegner sig i rummet.



Danva - Vandhuset, AART arkitekter. Automatisk styrede ovenlysvinduer med integrerede solceller.

Skitsering af boligerne, version 2

Trappen optog megen plads i de små boliger og dikterede til en vis grad indretningen. Derfor blev der i den videre bearbejdning af boligerne arbejdet med, at designe en smalle og stejle trappe.

Med en mindre trappe er der mulighed for en langt større frihed i indretningen. Det er dermed muligt, at lade trappen gå på tværs af boligen og bruge den som et skulpturelt og rumskabende element. Den ny, lette trappe skulle derved markere en separation mellem køkken og stue uden at tage udkig eller begrænse dagslyset i køkkenet.

Indretningen af de to boliger kom til, at minde mere om hinanden og der kom et tydeligt slægtskab mellem bolig typerne.

Gangarealet på 1. sal er indrettet med et indbygget skrivebord foran et stort vindue,

hvorfra der er udsigt ud over Ådalen. På den måde er gangarealet udnyttet effektivt. I bolig B knyttes de to etager tæt sammen med det store dobbelthøje stuerum.

Alle skabe er indarbejdet i boligen og fremstår som faste skabsvægge. I stuen er køkkenet indbygget, som en integreret del af den store skabsvæg. På 1. salen skaber skabene en akse på langs af boligen, som separerer værelserne og gav væggene dybde. Ved at integrere faste skabe i indretningen er den sparsomme plads udnyttet bedst muligt.

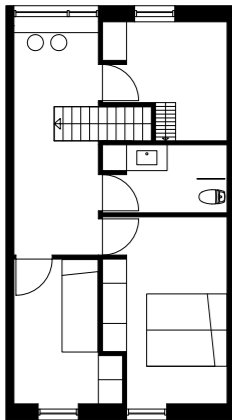
Ved bolig type B er skuret rykket fri af bolig volumenet, for derved at skabe et semi privat område foran boligen. Ved kun at rykke skuret fri ved bolig type B forhindres det, at der opstår et monotomt forløb af skure langs alle

gangstierne og der skabes samtidig et semi-privat område foran alle boliger. Desuden blev renovationsbeholdere og postkasser indtænkt som en fast del af skuret.

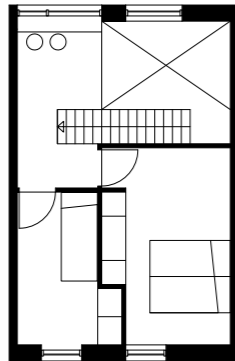
Når de to boligtyper er skubbet sammen medvirker den forskellige bygningsdybde, at der på den sydvendte side bliver skabt et mere privat rum, hvor det direkte kig fra naboer er begrænset. Derved er der kun behov for et mindre læhegn for at markere boligskellet. En terrasse i hele bygningens bredde med samme niveau som inde bevirker, at stuerummet syner at fortsætte udenfor.

Da der ikke plantes hæk eller opstilles hegn rundt om haven, vil kigget mod Ådalen være uhindret og grænsen mellem hvad der er beboerens grund og hvad der er fredet natur udviskes visuelt.

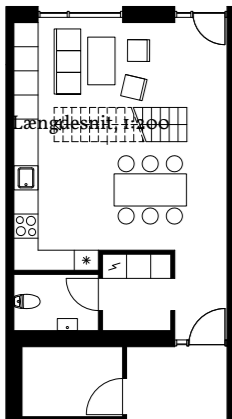
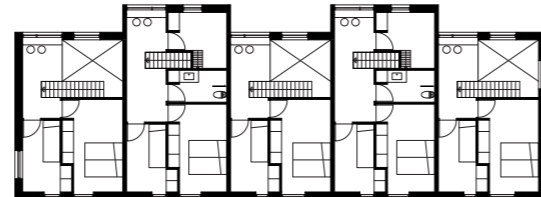
Bolig type A
Plan skitse, 1. sal, 1:200



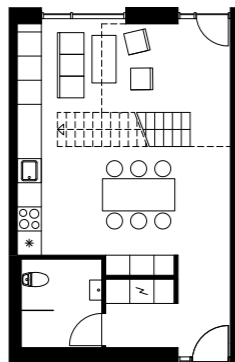
Bolig type B
Plan skitse, 1. sal, 1:200



Boligenhed med 5 boliger
Plan skitse, 1.sal, 1:400



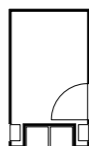
Bolig type A
Plan skitse, stue, 1:200



Bolig type B
Plan skitse, stue, 1:200



Boligenhed med 5 boliger
Plan skitse, stue, 1:400



En skulpturel trappe benyttes her til at adskille køkken og stue funktion. Herved kan pladsen under trappen benyttes som ganglinie og siddeplads og pladsen udnyttes optimalt.

Teknik

Ventilation

Som beskrevet tidligere er den egentlige udfordringen med nye lavenergi boliger ikke at opnå det lave energiforbrug, men udfordringen er at der samtidigt skal være et godt indeklima. I den sammenhæng spiller ventilationen en meget vigtig rolle. Ved siden af det mekaniske ventilationsanlæg med genveks er det vigtigt at have mulighed for at åbne vinduer og skabe en god naturlig ventilation. Derfor blev boligerne tegnet med oplukkelige vinduer i alle opholdsrum. Derudover er bygningen designet sådan, at tagvinduerne kan åbnes og derved skabes en meget effektiv opdriftsventilation. Tagvinduet kan desuden være automatisk styret således, at det kan åbne når brugeren ikke er hjemme. En anden fordel ved, at det netop er tagvinduet som kan åbnes automatisk når brugerne ikke er hjemme er, at vinduet grundet sin høje placering er tyverisikret.

Isolering

Eftersom boligerne forskyder sig på terrasse siden var det en stor udfordring at få dem til, i facaden at syne lige høje og høje. Dette skyldes at det fremskudte ydervægsstykke naturligvis skal isoleres. Dette medfører at bolig A, vil blive væsentligt bredere og højere. For at undgå dette blev der skitseret på at lave

dette lille stykke ydervæg med mindre isolering. Denne løsning medførte naturligvis et større varmetab, men ifølge Be10 beregningen betød ændring blot en forøget energibehov på 0,1 kWh/m²/år. Derved overskyggede den forøgede arkitektoniske kvalitet i høj grad energiomkostningerne. Denne løsning medførte også nogle åbenlyse indretningsfordele som ses på illustrationen nederst til venstre.

Orientering

Når samme bolig med samme vinduesudformning orienteres i forskellig retning har det naturligvis betydning for mængden af solvarme, som kan trænge ind i bygningen og dermed for energiregnskabet. Derfor blev konsekvensen af at orientere boligerne forskelligt løbende afprøvet i Be10. Det viste sig at energiforbruget steg med ca. 5 % når bygningen blev orienteret 75 grader mod vest (energiforbruget steg 0,9 kWh/m²/år). Til gengæld betyder den 75 graders vinkling, at solcellerne bliver orienteret mere direkte mod syd og derved producerer bedre. Så samlet set performer bygningen rent energimæssigt bedre, når den er orienteret mod syd vest. Men den forskellige orientering har bl.a. også indflydelse på indeklimaet og risikoen for overtemperatur, hvilket stiller krav til solafskærmningen.

Solafskærmning

Erfaringerne viser, at det fremover er nødvendigt at inddrage muligheden for solafskærmning i dansk lavenergi-byggeri. Ved valg af solafskærmning er der stor variation i type og teknologi, men fælles for alle typer solafskærmning er, at afskærmningen bør være udvendig, da dette giver den mest effektive afskærmning [Larsen, 2011].

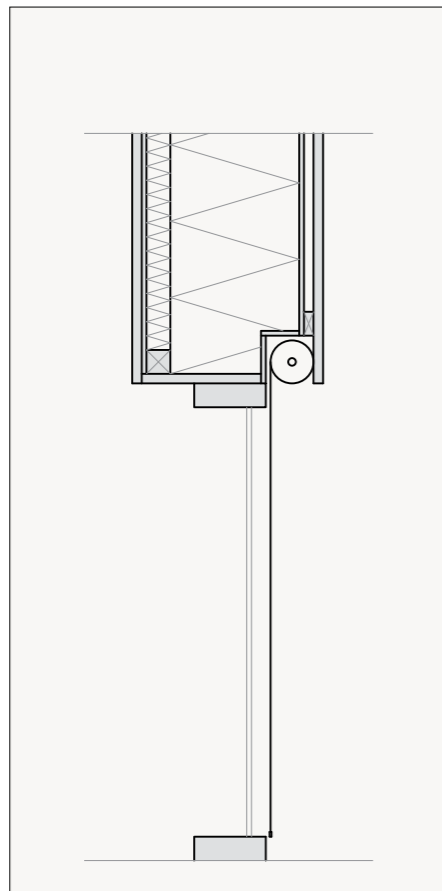
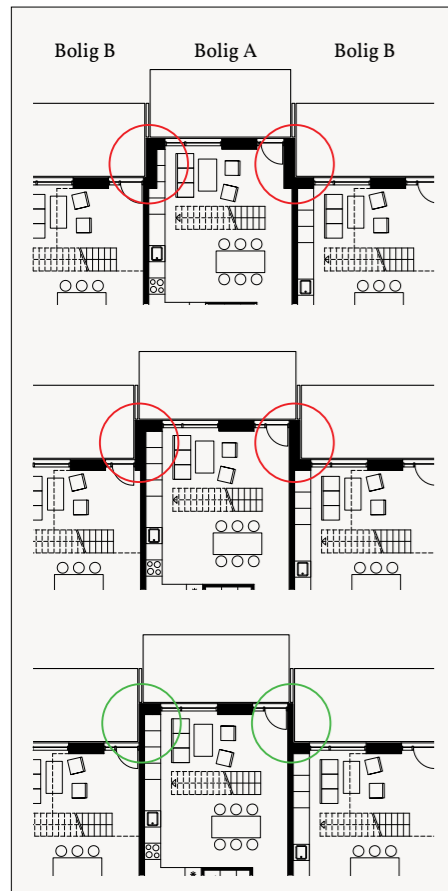
Ved den udvendige løsning kommer solens stråler nemlig slet ikke indenfor i bygningen, som den gør ved indvendige løsninger, og en effektiv udvendig solafskærmning kan derfor reducere solindfaldet med omkring 70%-80% og samtidig bibeholde en del af udsynet.

I dette projekt er der valgt en automatisk, integreret sunsreen, ved alle sydvestvendte vinduer, som kan køres op under facaden, og dermed kun er synlig når den er i brug. Den automatiske løsning har den fordel, at der bliver rullet ned for afskærmningen selvom huset beboere ikke er hjemme. De undgår dermed at komme hjem til et overophedet hus. Med en sunsreen bibeholdes en stor del udsynet samtidig med at solens stråler afskærmes effektivt, uanset vinduesorientering. Skitsen nedenfor viser hvorledes sunsreenen skjules bag facadebeklædningen.

Jordvarme

Ved design af lavenergi huse er det ofte meget små mængder energi der skal tilføres huset for at opvarme det i vinterperioden. Hvis der ved anlægsudformningen vælges en mulig tilført effekt, der ligger meget tæt op ad det beregnede varmetab, vil huset opleve situationer med utilstrækkelig kapacitet i anlægget så snart de aktuelle tilstande i huset afviger fra beregningsforudsætningerne.

Derfor vælges det i dette projekt, at udføre rumopvarmning med gulvvarme i hele stueetagen og radiatorer på 1. salen. Eftersom der ikke er fjernvarme i området er der valgt, at udlægge jordvarme i hele området. Varmepumpens evne til at overføre energi fra et lavt temperaturniveau til et højt gør, at den kan udnytte energien ved de lave temperaturer, som findes i jorden, og bruge jorden som energikilde til opvarmning af boligen og det varme vand hele året.



Bolig for livet, AART Arkitekter.
Nedrullede sunsreens



Sunsreens integreret i tagudhæng



Jordvarmeslanger klar til at blive gravet i jorden

Masterplan skitsering

Sideløbende med udformningen af boligerne havde arbejdet med masterplan udviklet sig fra de første skummodeller, til håndskitser og målfaste AutoCad tegninger.

Håndskitsen illustrerer hvorledes boligerne er placeret tæt sammen i tre mindre grupper orienteret mod Ådalen og omfavnende et fælles gårdrum. Boligerne er placeret således at de skyggede mindst muligt for hinandens udsyn og samtidig er alle boliger orienteret med den åbne facade mod ådalen og entrén med forhøvet mod gårdhaven. De tre boliggrupper fungerer uafhængigt af hinanden og er kun forbundet via bilvejen. Gårdrummene er domineret af store belagte flader med enkelte grønne bede og træer i rækker.

I den videre udvikling blev der arbejdet med, at opløse det klare skel mellem de tre boliggrupper og i stedet lade gårdrummene flyde sammen til et sammenhængende grønt bånd. Gårdrummene gøres grønnere, ved at de store belagte flader erstattes af et stort grønt bånd, hvor stierne skærer sig igennem. Derefter indarbejdes der, redningsveje, materiel gård, cykelparkering, fælleshus, legepladser og fælles terrasser.

Illustrationen på modsatte side viser hvordan de tre gårdrum forbindes af et stort, grønt bånd. Grænsen mellem de forskellige gårdrum udviskes og samtidig gøres bilvejene sekundære for den daglige færdsel til fods og på cykel. Når beboernes nødvendige aktiviteter alle foregår i fællesrummet medvirker det

til øget niveau af sociale frivillige aktiviteter [Gehl, 2003]. Når bilerne kan holdes væk fra gårdrummet giver det mulighed for, at skabe omgivelser, som er i en skala der passer til det tempo og behov den gående eller cyklende har.

En cykel- og gangsti forbinder boligområdet og giver en nemmere adgang til by og togstation. Derved vil cyklende og gående naturligt blive ledt ind i gårdrummene udenom bilvejen. Dette vil bidrage til et mere livligt og socialt fællesrum.

Placeringen af boligerne strammes op og orienteres så de kun peger i to retninger. Dette giver en nemmere aflæselig struktur, som samtidig tegner sig klarere i det kuperede terræn.

Til at markere og afgrænse gårdrummene tydeligere er en kraftig beplantning af træer brugt til at skabe en ryg. Rækker af træer blev til mindre skovlunde som bidrager til at slutte gården og skabe et intimt rum. Samtidig er træerne placeret så de afskærmer det direkte kig fra boligerne mod parkeringen.

Legepladser, cykelskure og fælles terrasser blev indarbejdet, som en integreret del af det grønne bånd. For at styrke det formmæssige koncept blev også cykelskurene udformet med saddeltag.

Parkering til biler blev tegnet ind som kantparkering i forbindelse med vejforløbet. Derved minimeres parkeringsarealet, eftersom vejen også bruges til udbakning.



Præsentation



Intentionen med Rækkehusene i Møllebankerne er at tilbyde beboerne både fællesskab og individualitet. Et levende og trygt boligområde, hvor det bedste af kollektivets ånd kombineres med roen og trygheden i det nære og private.

Boligbebyggelsen er designet med henblik på, at man som beboer bliver en del af et større fællesskab.

De tæt-lave rækkehuse omfavner med sin menneskelige skala og levende facader den fælles gårdhave, hvor fælleshuset er placeret som hjertet i bebyggelsesplanen.

Med en bugtende bevægelse forbinder den grønne gårdhave rækkehusene, som er placeret forskudt af hinanden i mindre grupperinger. Gårdhaven tilbyder et varieret og

oplevelsesrigt miljø med legepladser, terrasser, nyttehaver og små opholdsrum.

Boligerne samler sig i mindre boliggrupper af fire-fem boliger, der forskyder sig i forhold til hinanden.

Boligrupperne er udformet for at give beboerne mulighed for det nære fællesskab fem huse imellem, eller man kan vælge det store fællesskab i den store fælles have eller i fælleshuset. Samtidig kan man opnå en høj grad af privathed og individualitet i sit eget hus. Forskydningerne husene imellem er valgt for at understrege det enkelte hus. Samtidig er hensigten, at forskydningerne skal markere en grænse til naboen og give daglige arkitektoniske oplevelser, af huse i bevægelse med

små hyggelokke og nicher.

I egen forhave eller på den private terrasse med udsigt ud over den åbne Ådal kan beboeren finde ro og privathed.

Rækkehusene i Møllebankerne bliver i høj grad fremhævet af det omkringliggende landskab. Boligbebyggelsen er udformet for at tilpasse sig landskabet og følge terrænet, for at fremstå integreret på stedet ved at følge landskabets kurver. Intentionen er altså at skabe harmoni mellem landskab og bebyggelse.

Ved at placere sig ind i landskabet markerer bebyggelsen samtidig overgangen mod den åbne eng og ådalen og etablerer en kontrast til det mere intime rum i den fælles have.



Masterplan fold ud

Man ankommer til Møllebankerne via Ørnholms Allé og bliver ledt ind på den bugtende stillevej. Området her er planlagt med ønske om at skabe et levende og trygt boligområde med varieret og oplevelsesrig bebyggelse, hvor energi og miljøhensyn er vægтет højt.

Bilen parkeres på en af de 75 græsarmerede parkeringspladser, som alle er anlagt i umiddelbar nærhed af boligerne. Hvorfra man vil bevæge sig gennem en mindre birkelund og ind i det grønne fælles gårdrum. Her er bilvejene gjort sekundære og den daglige færdsel foregår til fods eller på cykel. Gårdhaven vil blive beplantet med en vild og varierende beplantning som vil dække det kuperede terræn, hvorigennem regnvandet vil risle i de frilagte vandrender.

Kommer man på cykel fra skolen eller fra den nærliggende togstation ledes man naturligt ind i boligområdet via cykel- og gangstien, som løber gennem ådalen og videre til Borup by. På cykelturen gennem gårdhaven vil man komme forbi legepladser, fælleshus, nyttehaver og de fællesterasser, som er anlagt mellem frugttræerne, inden cyklen parkeres i et af de mange overdækkede cykelskure. Når man ankommer til sit hus, går man via en flisebelagt sti hen til sin hoveddør. De private og halvprivate zoner foran boligerne markeres af skurene og her vil med tiden skabes et væld af små forhaver, der ved de enkelte boligejeres egne initiativer kommer til at fremstå som varierede blomstrende oaser.



Rækkehusbebyggelse ligger på kanten til Ådalen, for på bedste vis at drage fordel af de naturskønne omgivelser. Rækkehusene og deres sydvestvendte terrasser har en smuk udsigt over Ådalens englandskab, og ligger i

forskudte rækker i det svagt kuperede terræn. Englandskabets bølgende forløb med græs-bakker og rislende regnvandsgrøfter inviterer til ophold, afslapning og leg.



Opstalt fra syd



Parkering

■ Bilparkering ■ Cykelparkering

75 græsarterede bil parkeringspladser er anlagt langs den bugtende stillevej i umiddelbar nærhed af boligerne. Til cykelparkering er der opført 9 overdækkede cykelskure med plads til i alt 150 cykler.



Uderum

■ Offentligt ■ Semi-offentligt ■ Semi-privat ■ Privat

Med et ønske om social bæredygtighed er området anlagt med en differentiering mellem private og offentlige uderum, hvor det uformelle og tilfældige møde mellem naboer kan opstå.

En bevidst graduering af uderummene er foretaget således at uderum af offentlig karakter er orienteret ind mod gårdrummet, hvorimod de private terrasser vender ud mod Ådalen, hvorfra der ikke vil være generende indkig fra andre beboere.



Adgangsforhold

■ Bil vej ■ Cykel- og gangsti ■ Gangsti

Man ankommer til Møllebankerne via Ørnholms Allé. Her er bilvejene gjort sekundære og den daglige færdsel foregår til fods eller på cykel. En cykel- og gangsti giver hurtig og direkte forbindelse til Borup by og den nærliggende togstation. Et flisebelagt stisystem gennem den grønne gårdhave forbinder alle boligerne med hinanden.



Brandveje

■ Adgangsveje for brand og renovation

Stisystemet er anlagt således at der gives plads til redningskøretøjer og at der aldrig er mere end 40 m. til entredøren for redningsmandskabet, jf. BR10. Langs redningsveje som dagligt blot bliver brugt som gang- og cykelsti er der anlagt armeret græs, for at give plads til de større redningskøretøjer.

Alle boliger og terrasser er orienteret med henblik på, at udnytte det daglige solindfald bedst muligt. Forhaverne ligger i direkte forbindelse med de grønne fællesområder, og rækkehusene sikres bolignære udendørs eng-arealer, uden generende indkig fra naboerne. Som et sammenhængende netværk breder et stisystem sig ud i bakkelandskabet og giver små børn på mini scootere, løbecykler og rulleskøjter masser af plads at boltre sig på, mens stierne også er designet for at give oplagte muligheder til mindre spadsereture, der

kan munde ud i større udforskning af engen. Husets tag og facader er beklædt med lærke-træ, som med tiden vil patinere, og det vedligeholdelsesfri træ vil få en sølv changerende overflade.

På den sydvestvendte facade mod terrassen er husene udstyret med store vinduer med varierende placering og udformning. Her skaber forskydningen mellem boligerne en større grad af privathed og i læzonerne på terrassen kan eftermiddags- og aftensolen nydes.



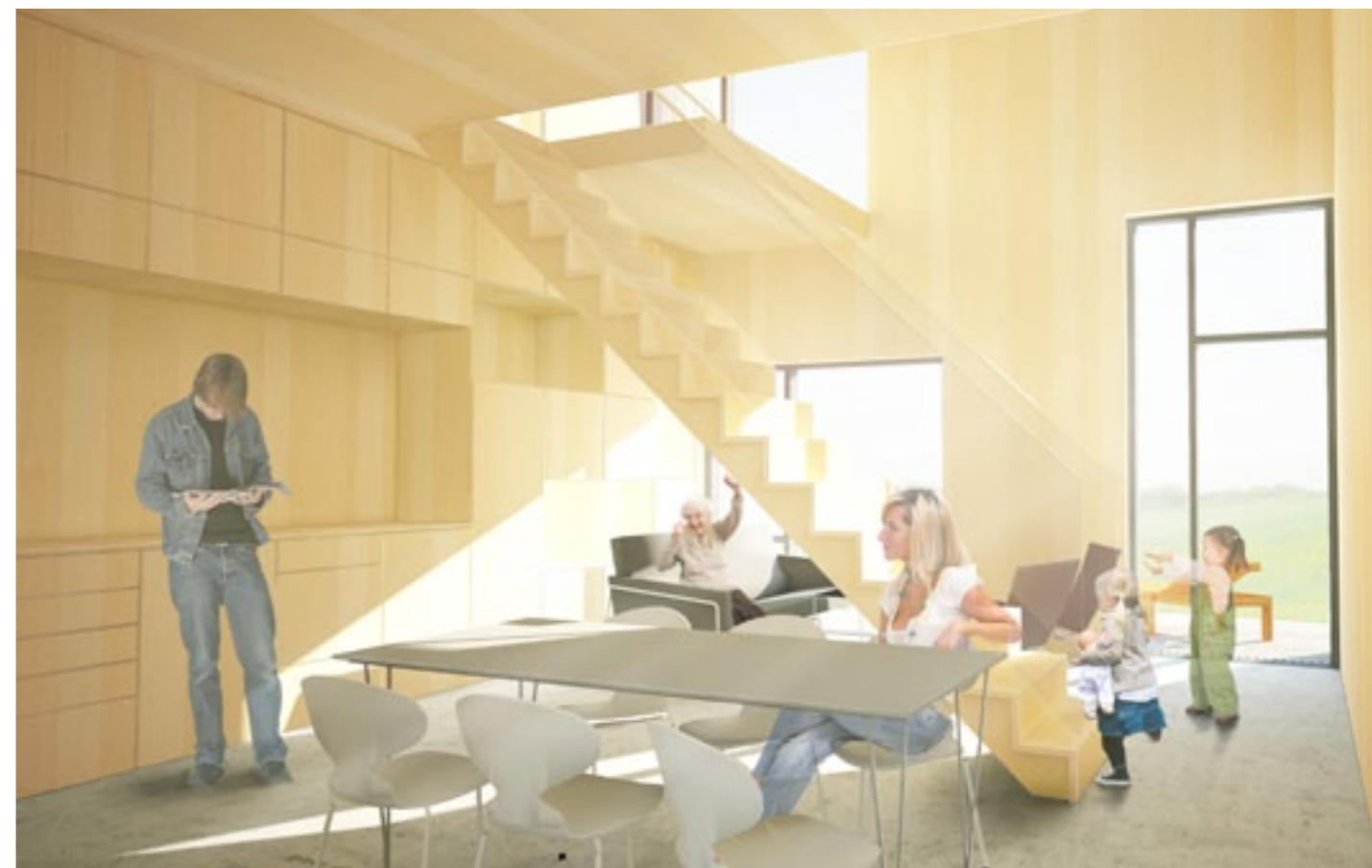
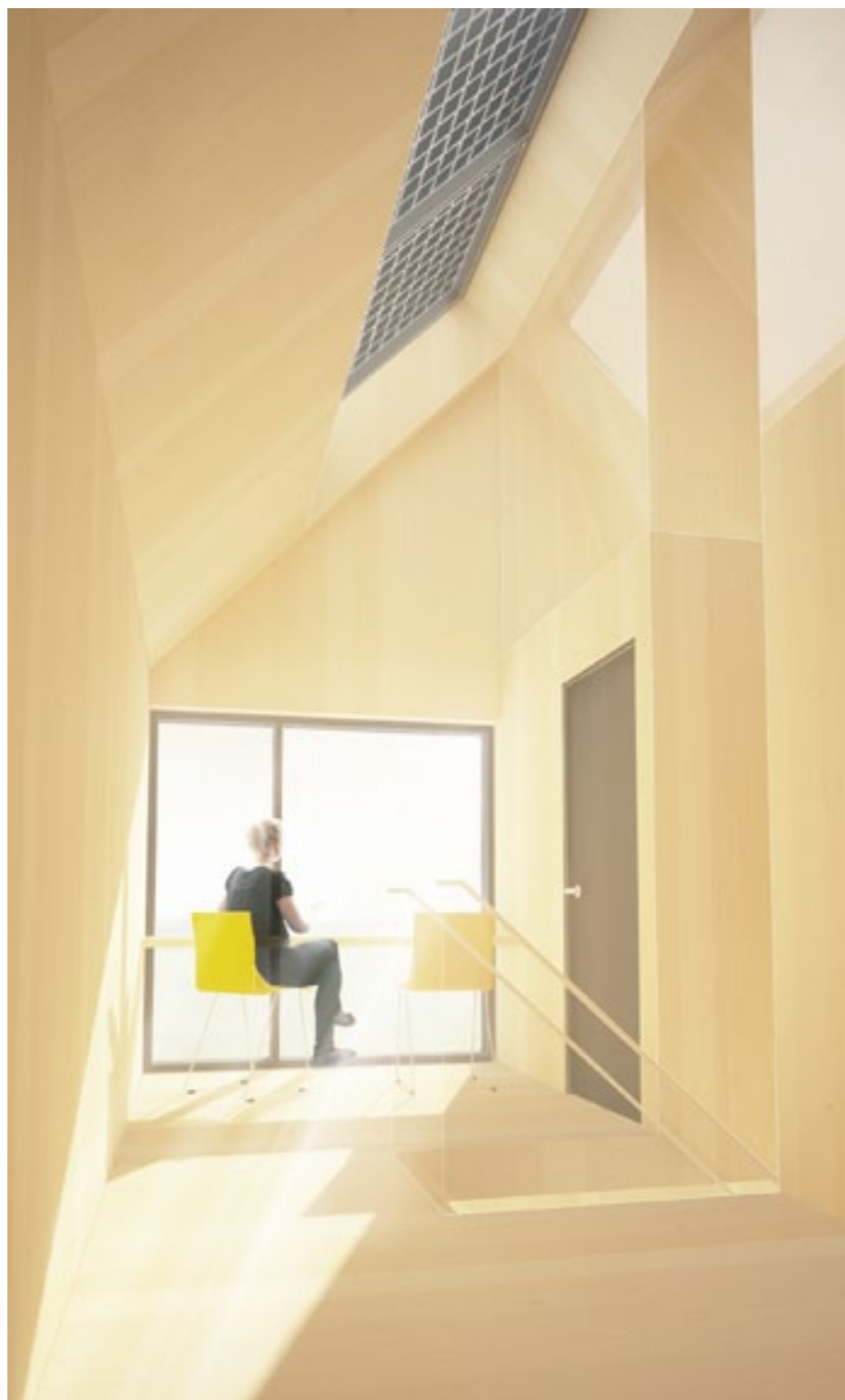




Møllebankerne består som nævnt af to forskellige boligtyper, A og B. Begge typer har det til fælles, at det er gennemlyste boliger, der er funktionelt disponeret. Boligtype A er en 4-værelses bolig på 105m², hvorimod boligtype B er en 3-værelses bolig på 90m² (brutto).

Man ankommer til en entré hvorfra der er et lige kig gennem hele den åbne stueplan. I entreen er der indbygget garderobe og tekniskskab og der er direkte adgang til toilet. Videre herfra kommer man til det lyse og rummelige køkkenalrum. Her adskiller trappen visuelt køkkenfunktionerne fra stuen, samtidig med at udsigten ud over Ådalen bibeholdes. For at understrege det regulære rum integreres køkkenet i en stor skabsvæg, som udspænder sig i hele rummets dybde. Der er valgt et betongulv i kølige nuancer for at give et spil op mod vægge og loft, som er beklædt med lys birketræsfiner. Ved at lade de store vinduespartier gå helt til gulv er ønsket at ophæve den visuelle og funktionelle adskillelse til terrasse og landskab. Endvidere vil de store åbninger i facaden få boligens fællesrum til at virke meget rummelige.

Bor man i boligtype B vil man i stuen have et dobbelthøjt rum, som giver dagslys og forbinder de to etager visuelt.



Tagene fremstår som saddeltage og gennem dagen vil lyset fange de mange flader og afsløre en bygningsmæssig komposition med mange facetter. Indvendig sikrer de skrå tagflader et stort volumen i 1. salens opholdsrum. Værelsernes begrænsede arealer opvejes i stor grad af den ekstra lofthøjde og de høje glas skillevægge som giver oplevelsen af et stort volumen, der tillige skaber et optimalt indeklima. Det store ovenlys og solcellernes skyggevan-dring henover rummene vil i høj grad præge

første salen. Solcellerne filtrer lyset, gennem solcellekomponenten i den sydvendte tagflade, og opleves indefra hvor solcellerne er med til at forme rummet. Solcellen kan her præsentere sig, træde frem og signalere (kommunikere) at her produceres der energi. Intentionen er ligeledes at lys- og skyggespillet skal træde frem som et stærkt element i rummet. For at foranderligheden i dette og det dragende i de præcist formede skyggers vandring over fladerne skal skabe et stærkt indtryk.

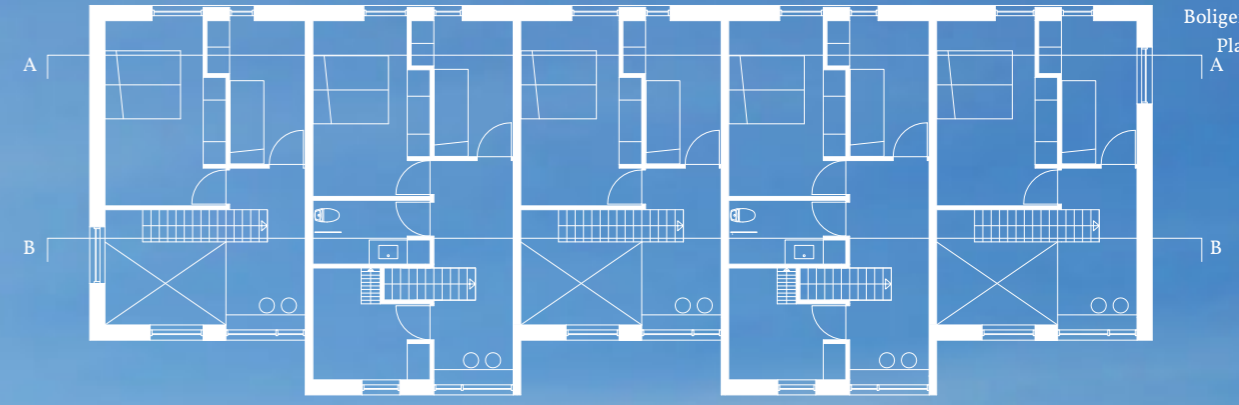
En lille arbejdsplads er etableret ved det store vindue ud mod Ådalen, for at udnytte pladsen i trapperummet optimalt. Generelt er det forsøgt at udnytte den sparsomme plads optimalt. Bl.a. ved at indbygge skabene i en akse som går gennem hele 1. salen.

I boligtype A vil en hems over badeværelset på 1. sal supplere det ekstra værelse med endnu en sove plads eller ekstra depotplads.

Boligenhed, type 5.1
Plan, stue 1:200



Boligenhed, type 5.1
Plan, 1. sal 1:200

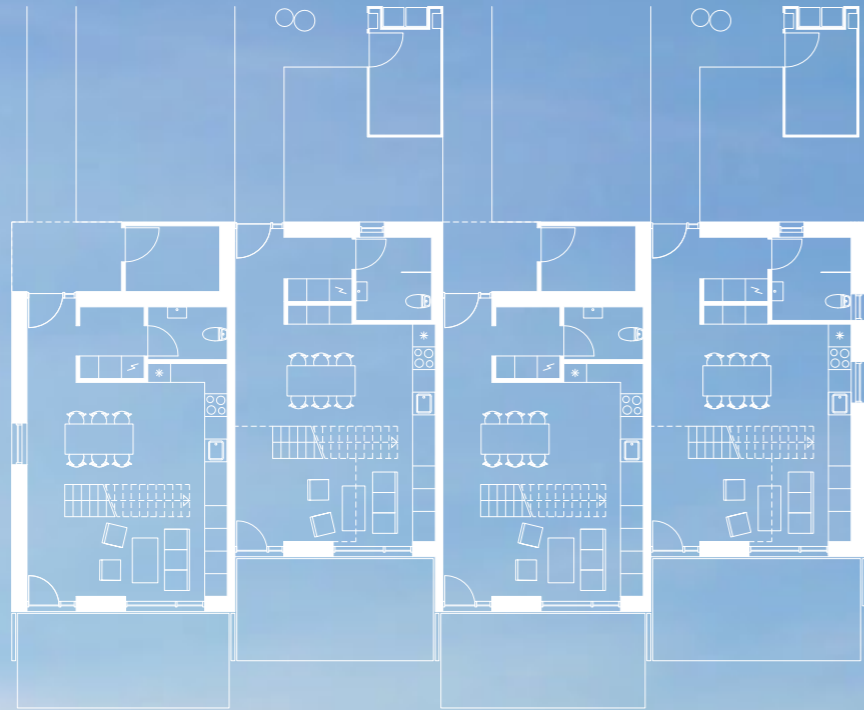


Boligenhed, type 5.1
Opstalt, nordøst 1:200

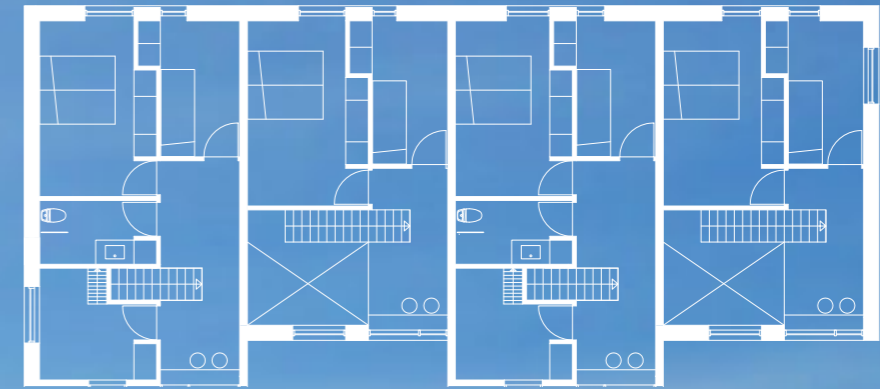


Boligenhed, type 5.1
Opstalt, sydvest 1:200

Boligenhed, type 4
Plan, stue 1:200



Boligenhed, type 4
Plan, 1. sal 1:200

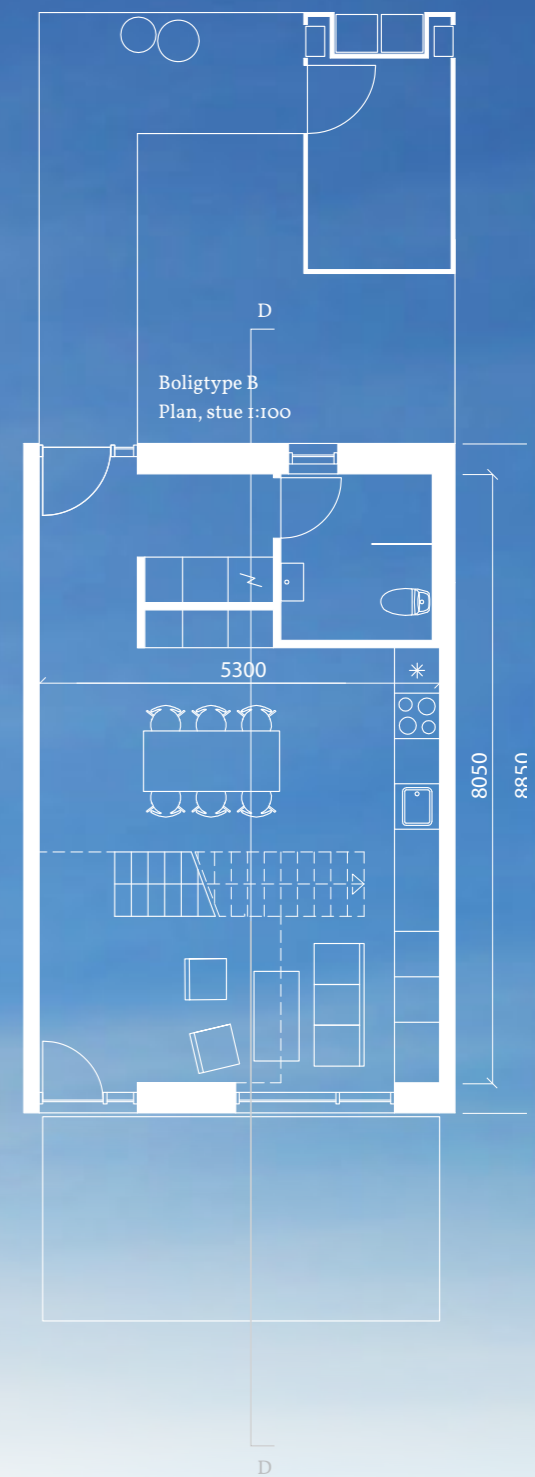
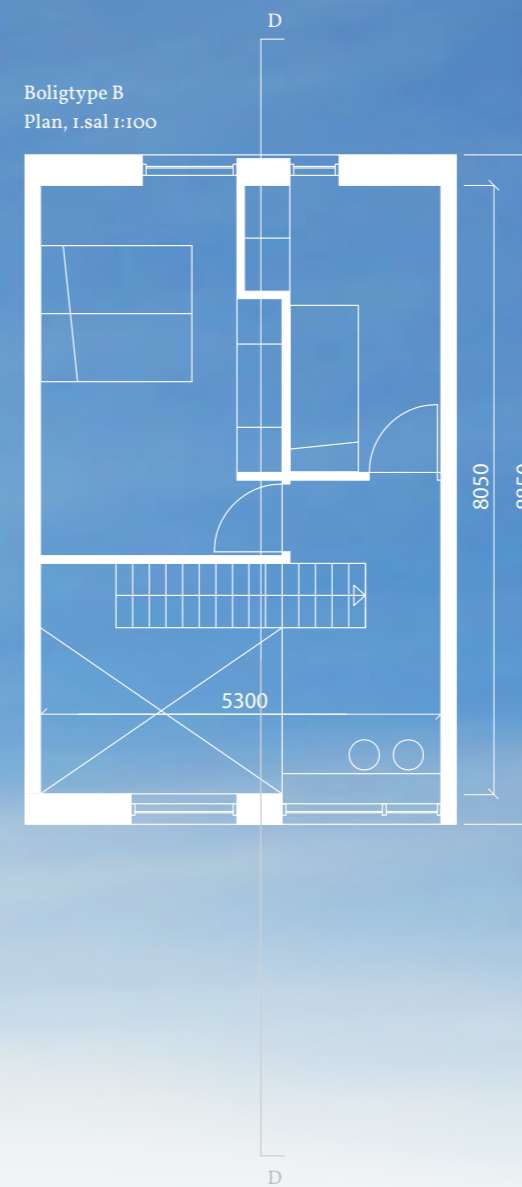
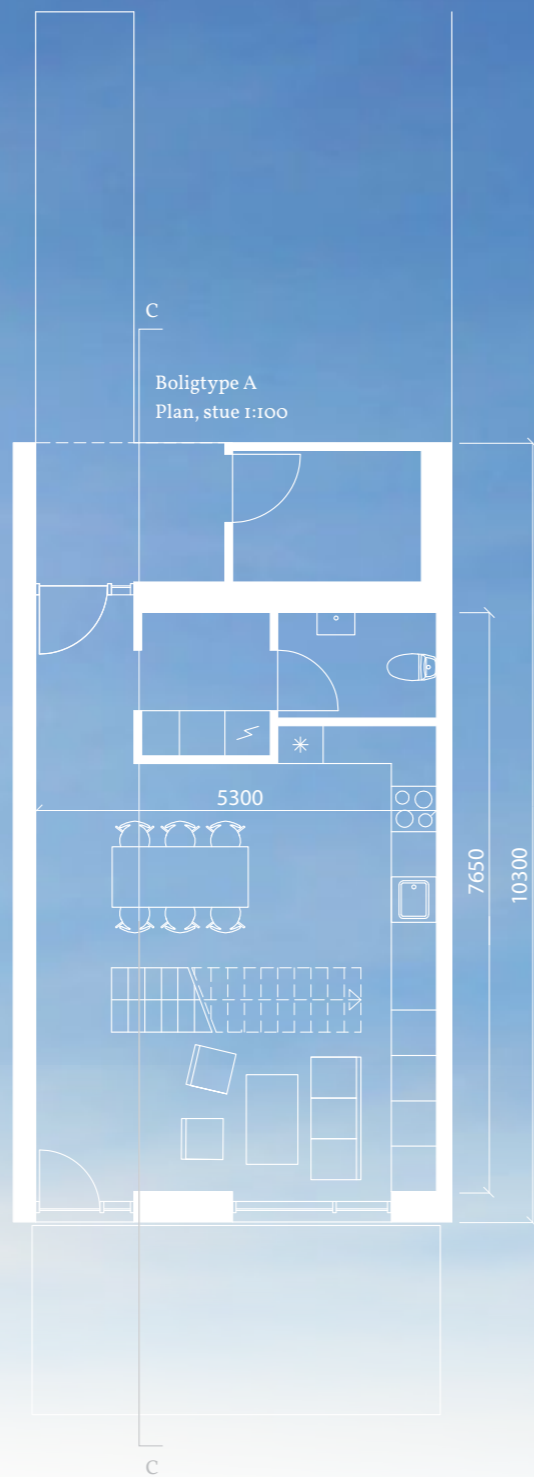
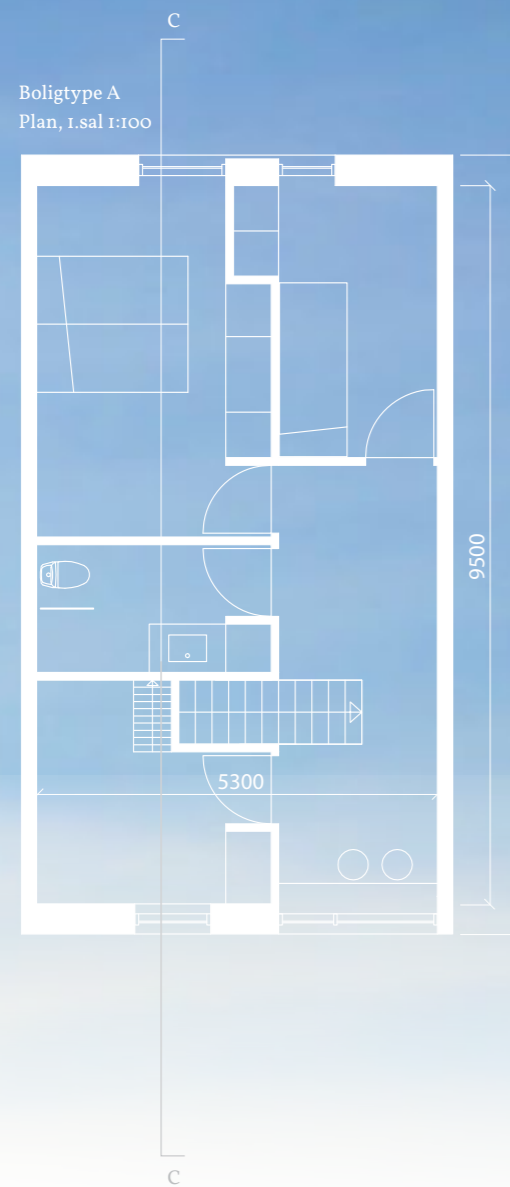


Boligenhed, type 4
Opstalt, nordøst 1:200



Boligenhed, type 4
Opstalt, sydvest 1:200





Boligtype A
Opstalt, sydøst 1:200

Boligtype A
Opstalt, nordvest 1:200

Boligtype B
Opstalt, sydøst 1:200

Boligtype B
Opstalt, nordvest 1:200



Bolig type A
Snit CC, 1:200



Bolig type B
Snit DD, 1:200



Boligenhed, type 5.1
Længdesnit BB, 1:200



Boligenhed, type 5.1
Længdesnit AA, 1:200

Arealopgørelse (brutto)

Samlet boligareal	4.875 m ²
Bolig type A, 4. vær	105 m ²
Bolig type B, 3. vær	90 m ²

Boligenheder (BE)

BE 4 (2x bolig type A + 2x bolig type B)	5 stk
BE 5.1 (3x bolig type A + 2x bolig type B)	3 stk
BE 5.2 (2x bolig type A + 3x bolig type B)	3 stk

Energiramme

Gennem en integreret designproces med fokus på passive såvel som aktive virkemidler er det lykkedes at designe boliger som er planlagt til at være lavenergiklasse 2025. Boligerne har et forbrug på under 20 kWh/m²/år og med tilskuddet fra solcellerne ender forbruget under 0 kWh/m²/år

Varmesystem

Med et ønske om et bæredygtigt og visionært byggeri er varmepumper et godt alternativ i et område hvor fjernvarmeforsyning ikke er tilgængeligt, og til boligerne er det valgt benytte et varmepumpesystem, hvor varmen hentes fra et jordvarmeanlæg. Dermed opnås et simpelt og afprøvet system med stor driftsikkerhed. Hvert rækkehus forsynes med sin egen varmepumpe med indbygget varmtvandsbeholder for boligopvarmning og varmtvandsproduktion. I forhold til et

centralt varmepumpesystem, minimeres energitabet til ledningstræk i jord, da energitabet kan udgøre en stor del af energibehovet.

Ventilation

Lejlighederne ventileres med hver deres lille ventilationsaggregat med genveks, placeret i teknikskabet i entreen. Dermed har hver bolig optimal mulighed for at styre ventilationen efter deres individuelle behov. Lejlighederne forsynes med balanceret ventilation og ventileres med en fast grundventilation, der øges til maksimal luftskifte, hvis der registreres forøget fugtniveau. Dermed opnår man et lavt energiforbrug uden at gå på kompromis med indeklimakvaliteten. Der udsuges fra køkken og bad og erstatningsluften blæses ind i værelserne og stuen. Ventilationsanlægget monteres med et enkelt betjeningspanel, hvilket gør det muligt at

regulere driften så det tilpasses de faktiske forhold i bygningen.

Opvarmning

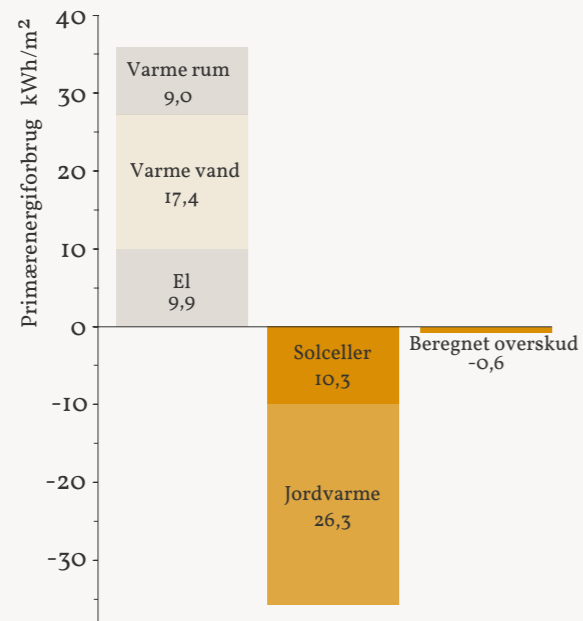
Bygningerne opvarmes med lavtemperatur gulvvarme i stueetagen og radiatorer på 1. sal. Dermed opnås optimalt sammenspil med varmepumperne.

Luftvarme er fravalgt da det er svært at regulere uden, at give termisk diskomfort.

Materialer

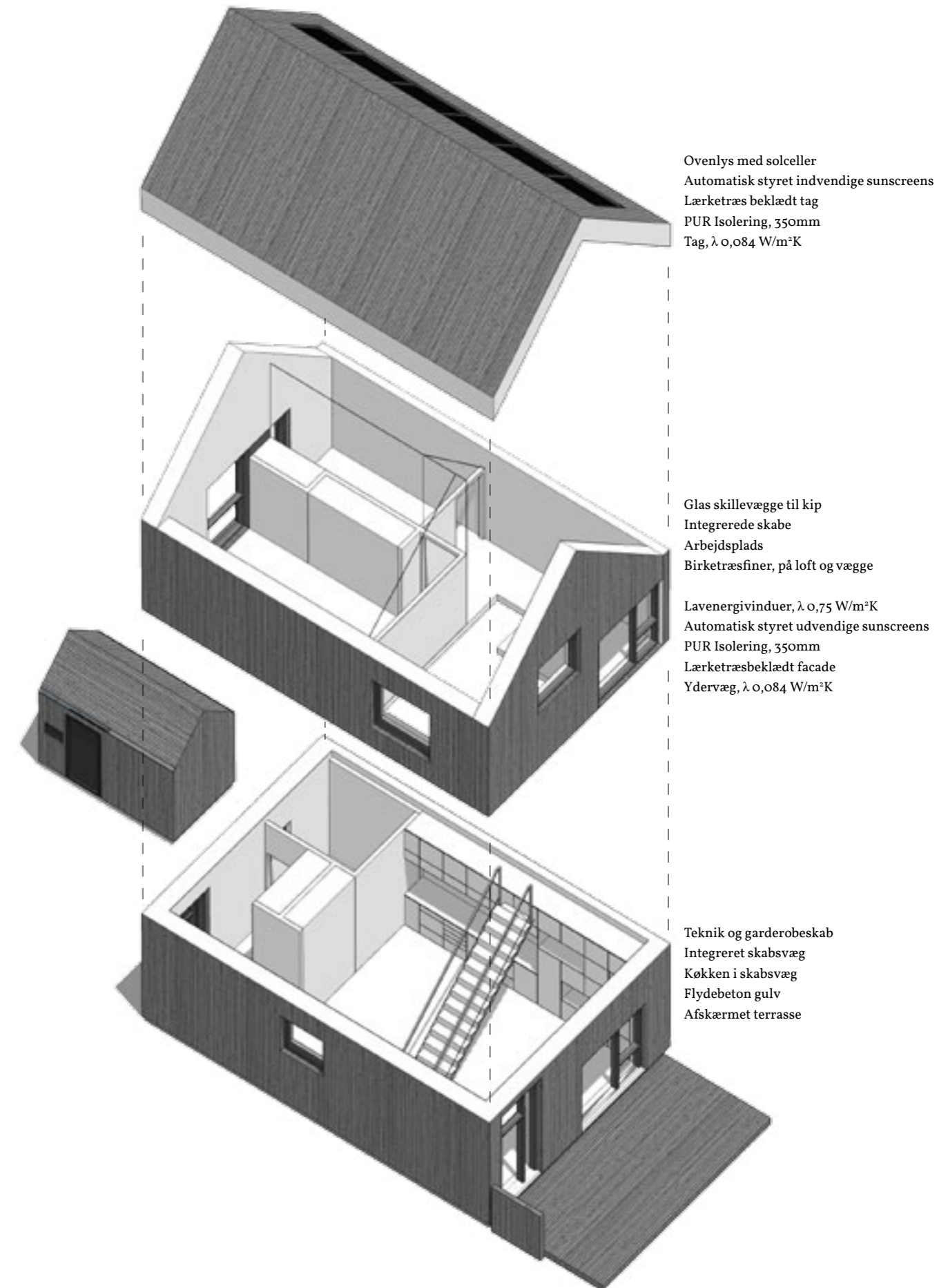
Vinduerne i bygningerne udstyres med 3-lags ruder med en belægning, der mindsker solindfaldet. Ruderne har en U-værdi på blot 0,75 W/m²K. I stueplan mod haven er det valgt at afskærme de store vinduer mod solen med en udvendig automatisk sunsreen, som ligger skjult bag facadebeklædningen og dermed ikke er synlig når den ikke er i brug. Hvilket medvirker til, at boligen ikke overophedes om sommeren

Boligerne bygges op af en let klimaskærm med 350mm PUR isolering. PUR isolering er den mest effektive isloringstype på markedet. Den er dyrere en traditionel mineraluld, men i kraft af den gode isoleringsevne er det muligt at opbygge en forholdsvis slank væg konstruktion. Den slanke konstruktion giver bedre dagslys eftersom lysningerne ikke bliver så dybe og samtidig opnås et bedre netto- bruttoareal forhold. Den samlede ydervægskonstruktion har en U-værdi på blot 0,087 W/m²K. Sammen med beton boligskel og beton gulve i stueetagen opnås en middeltung konstruktion, som kan akkumulere varme i løbet af dagen og afgive den igen om natten. Det medvirker til et stabilt temperaturniveau over dagen, men også at bygningen i opvarmnings-sæsonen bedre kan bruge opsparet solvarme fra om dagen til natten.



Solcelle data pr. bolig

Solcelle areal pr. bolig		8 m ²
Gennemsnitlig installeret effekt pr. bolig	(Solcelle areal × peakpower)	1,35 kW
Forventet gennemsnitlig årsproduktion pr. bolig	(Ydelse × boligareal)	1.120 kWh/år



Indeklima

I det følgende redegøres der for de overvejelser og vurderinger som er foretaget for at sikre et sundt og godt indeklima i rækkehusene i Møllebankerne. Der vil blive redegjort for det termiske indeklima samt dagslysfaktor simuleringer, som er foretaget for at dokumentere at indeklimakravene er overholdt.

Termisk indeklima

Det termiske indeklima for det mest kritiske rum er løbende blevet beregnet, for at undersøge risikoen for overophedning. Det mest kritiske rum er vurderet til at være køkkenalrummet i boligtype B i juli.

For at minimere risikoen for overtemperaturer udgør vinduesarealet mod syd vest kun en begrænset andel af facadearealet. Ligeledes har det vist sig, at være fornuftigt med udvendige automatiske sunscreens mod syd vest for, at holde temperaturen nede på de varmeste sommerdage.

Der findes ingen krav for termisk indeklima i boliger, men DS 474 anbefaler max. 100 timer over 26 grader og max. 25 timer over 27 grader for arbejdspladser. Disse anbefalinger er brugt

som en rettesnor for rækkehusene i Møllebankerne.

Med en døgnmiddeltberegning er det ikke muligt at beregne det eksakte timeantal over henholdsvis 26 og 27 grader. Men beregningen viser at der på årets varmeste dag på det

varmeste tidspunktet vil blive 26,2 grader i det mest solbelastede rum. Derfor vurderes det at timeantallet med en temperatur over 26 grader vil være væsentligt under 100 timer og at anbefalingen fra DS 474 er overholdt.

Termisk indeklima

For varmeste månede: Juli, $t_u = 21^\circ\text{C}$. Hvis ventilationsluften har samme temperatur som udeluften

Døgnmiddeltemperatur	24,3°C
Temperaturvariation	3,8°C
Maksimaltemperatur	26,2°C
Ventilation, Luftsifte	2 h ⁻¹

Dagslysf forhold

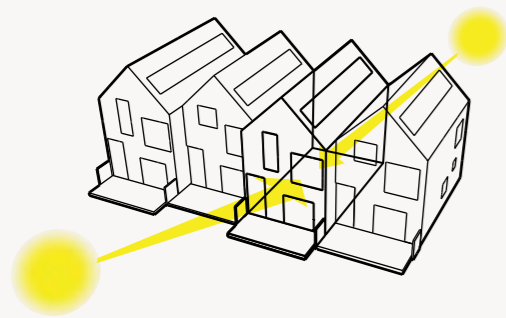
For at optimere brugen af dagslys er boligerne er analyseret med IES Virtual Environment. Dette har givet mulighed for at optimere størrelsen og placeringen af vinduer og dokumentere boligernes dagslysf forhold.

Optimal udnyttelse af dagslyset skaber et bedre indeklima og en stor besparelse på brugen af kunstig belysning. Energiforbruget til kunstig belysning regnes dog ikke med i en energiberegning for boliger, men det vil naturligvis have stor betydning for det faktiske energiforbrug.

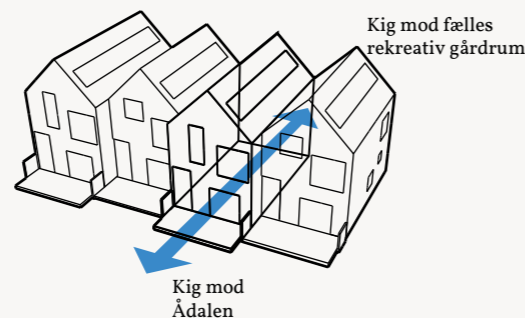
Der findes ingen krav til dagslysf forhold i boliger, men Arbejdstilsynet anbefaler en dagslysfaktor på min. 2 ved arbejdspladser. Illustrationen viser dagslysf forholdene for køkkenalrummet i boligtype A, som er det dybeste rum. Her ses det, at dagslysfaktoren selv i det mørkeste hjørne er over 2. Dette skyldes i høj grad at rummet er gennemlyst, men også lyse materialer og velplacerede vinduer fra gulv til loft er med til at sikre et godt dagslysniveau.



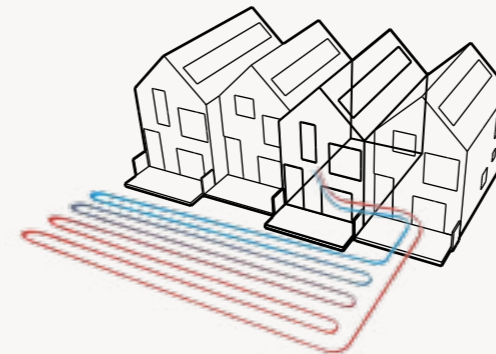
Kompakte boliger. Med en kompakt og velisoleret bygningsvolumen i 2 etager, sikres det at varmen holdes inde i huset og varmetabet minimeres.



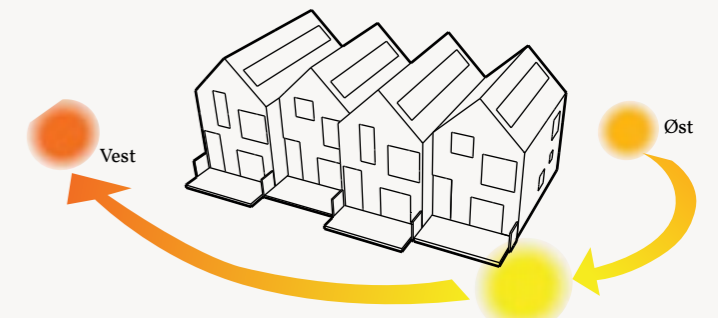
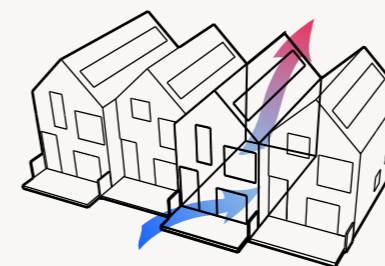
Gennemlyste boliger. Med en dagslysfaktor på min 2, sikres et godt dagslysniveau og et lavere energiforbrug på elektrisk belysning.



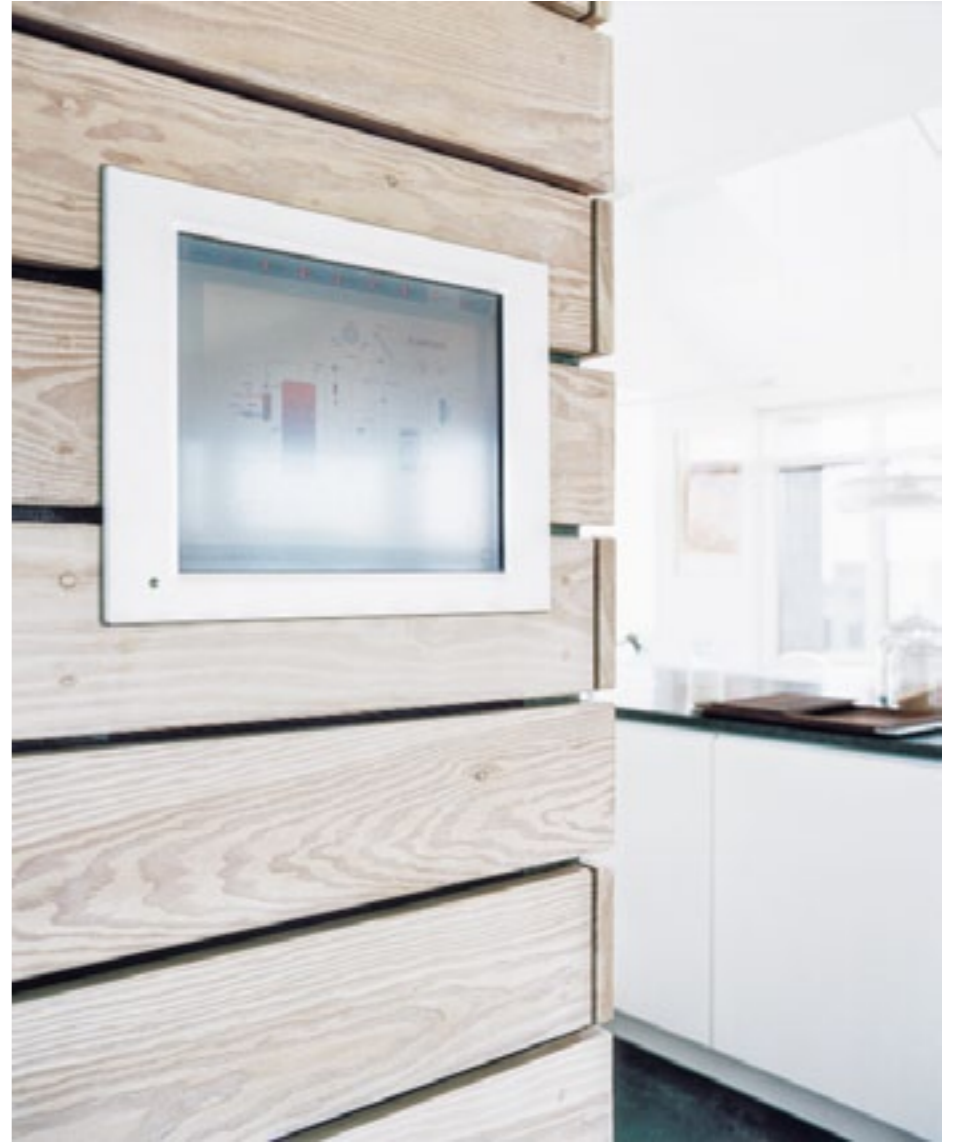
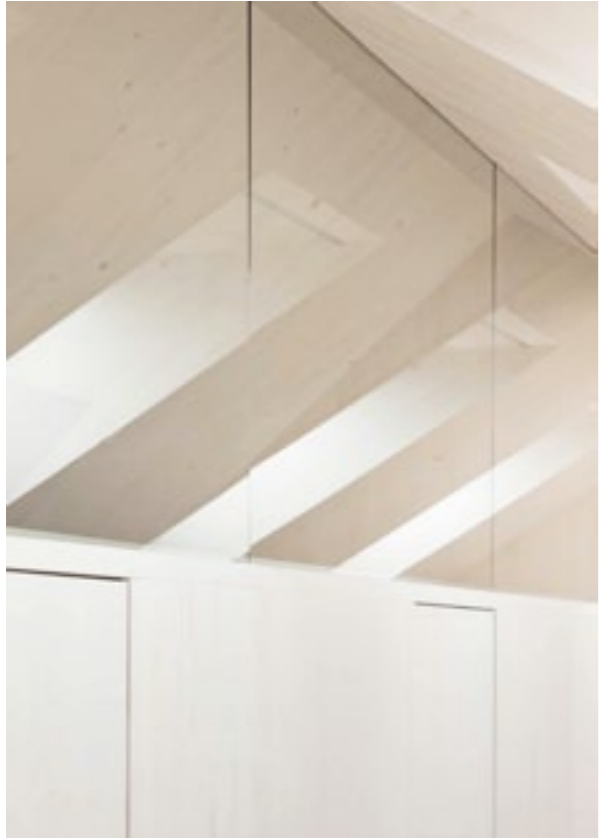
Boligerne er placeret og indrettet således, at det er muligt at nyde udsigten over Borups naturskønne områder fra boligens primære opholdsrum uden, at blive generet indkig fra naboer. Derved minimeres også behovet for at overstyre solafskærmningen.



Effektiv naturlig opdriftventilation og mulighed for at åbne vinduer i alle rum.



Bygningernes udformning og placering i landskabet er udført med ønsket om at give den enkelte bolig den optimale orientering i forhold til solens gang over dagen i samspil med grundens geometri.



Refleksion

Hus i det grønne – og tæt på hovedvejen

Jeg tror på at vi i fremtiden vil se en stor efterspørgsel på boliger med store rekreative områder i baghaven og kun 10 minutters kørsel fra en af landets hovedfærdsårer. I små, mere eller mindre selvforsynede boligområder ude i landskabet, men ikke noget med lerstampede vægge eller halmhuse. Vi vil ”back to basics” – på den højteknologiske og æstetiske måde.

Ikke mindst som reaktion på det senarie som Ellen Kathrine Hansen, arkitekt og lektor på Arkitektskolen i Aarhus, her beskriver til Politiken:

”Vi sidder inde i bilen, når vi kører til arbejde inde på kontoret. Vi parkerer bilen inde i p-huset. Vi handler inde i storcentret, hvor både gulerødder og gummistøvler ender i indkøbskurven.

Alle praktiske aktiviteter foregår efterhånden inden døre, og i takt med at vores hverdag bliver mere og mere travl, vil dagslysets kvaliteter og æstetik spille en vigtig rolle for os. Samspillet med naturen bliver det overordnede fokus, når vi vælger bolig i fremtiden.

Der bliver stort fokus på muligheden for at følge, hvordan dagslyset ændrer sig i løbet af dagen og året. Det er samtidig vigtigt, at huset ligger i inspirerende omgivelser, så du kan kigge ud på naturen eller åbne hele facader for at gøre terrassen og haven til en integreret del af stuen.

Vi ønsker os i højere grad en bolig med et sundt indeklima, som opstår ved hjælp af naturlige teknologier, så vores bolig faktisk producerer mere energi, end den forbruger.”

Sådan et boligområde mener jeg at Rækkehusene i Møllebankerne er. Her vil man have udkig over den fredede Ådal som næsten når helt op til terrassen. Årstidernes skiften og solens vandring i løbet af dagen vil i høj grad påvirke beboernes opfattelse af rummene og boligen i det hele taget.

Brugernes rolle i fremtidens lavenergi-byggeri

Det vi i dag omtaler som lavenergi-, nul-energi-, passiv- og ZEB bygninger vil i den meget nære fremtid være standard. Fremtidige bygningsreglementer dikterer simpelthen, at vi som arkitekter skal lære at designe energivenlige bygninger.

Når de kommende beboere skal flytte ind i en af de energivenlige boliger i rækkehusene i Møllebankerne, vil de opleve at bo i et hus med et godt indeklima. Men for mange vil det være helt nyt at bo i en på mange måder automatiseret bolig. Her skal der fx ikke tændes for radiatoren når temperaturen falder eller åbnes vinduer for at få frisk luft ind. Dette og mange andre ting vil ske helt automatisk. Men erfaringer viser, at ikke alle er villige til, eller bevidste om, denne adfærdsændring. [Larsen, 2011]

Det er vist at brugerens adfærd kan betyde en variation på en faktor 3-4 i boligens energiforbrug. [Andersen, 2009], [Gram-Hanssen, 2005], [Janson, 2010]. Problemet er ofte at brugerne overstyrer det ellers automatiske hus. I rækkehusene kunne en sådan uhenigtsmæssig adfærd f.eks. være overstyring af solafskærmningen. Beboerne kunne f.eks. ønske at nyde udsigten over Borups naturskønne områder i dagstimerne eller mere privathed i stuerne og derfor overstyre om solskærmene er fremme eller ej. Overstyringen kunne i værste fald resultere i overophedningen eller afkøling af boligen. Energiforbruget ville derfor stige for at modvirke denne effekt. Løsningen på brugernes overstyring af huset

er ikke, at fratage dem muligheden for selv at være medbestemmende i forhold til deres indeklima. Det ville resultere i utilfredse brugere da brugeren i alle henseender selv skal kunne regulere det. En løsning kunne være at oplyse brugerne bedre om hvordan huset fungerer. Mange er positivt indstillet overfor lavenergi og vil forhåbentlig være mere villige til at ændre adfærd hvis de forstår konsekvenserne af at ”modarbejde” huset. Lavenergihuse kan dog ikke blive en succes hvis beboerne føler at de skal ændre adfærd, som påvirker deres livskvalitet.

Rækkehusene i Borup er designet således at behovet for overstyringen minimeres. Der er f.eks. ikke store vinduespartier ud til et offentligt rum så beboerne føler der er brug for ekstra afskærmning. Selv om solskærmene er fremme vil der også stadigvæk være rig mulighed for at nyde udsigten. Intentioner om et lavenergihus skal derfor kunne forstås af beboerne, men også være hensigtsmæssig for beboerne at følge.

Litteraturliste

Jørgensen, Palle (2009): *Bæredygtighed, æstetik og komfort*, Boligforeningen Ringgarden, Danmark
Lehrskov, Hanne, mfl (2011): *Energi + Arkitektur*, Arkitektens Forlag
Marsh, Rob, mfl (2008): *Bygninger Energi Klima - mod et nyt paradigme*, Statens Byggeforskningsinstitut
Marsh, Rob, mfl (2005): *Bolig - Miljø - Kvalitet*, Statens Byggeforskningsinstitut
Marsh, Rob, mfl (2006): *Arkitektur og energi*, Statens Byggeforskningsinstitut
Marsh, Rob, mfl (2011): *Arkitektur og energi: mod en 2020-lavenergi-strategi*, Statens Byggeforskningsinstitut
Velux (2011): *Sunlighthouse - Model home 2020*
Pfeifer, Günter, mfl (2008): *Row Houses - A housing typology*, Birkhäuser Verlag AG
Cousins, Matthew (2009): *Design Quality in new housing - Learning from the Netherlands*, Taylor & Francis
Bradbury, Dominic (2005): *New Country House*, Laurence King Publishing
Salazar, Jamie, mfl (1999): *Single-Family Housing the private domain*, Birkhäuser ACTAR
Gehl, Jan (2005): *Livet mellem husene, Udeaktiviteter og udemiljøer*, Arkitektens forlag
Keiding, Martin, mfl (2010): *Nye enfamiliehuse, New Single-Family Houses - made by Nordic Architects*, The Danish Architectural Press
Valbjørn, Ole, mfl (2000): *Indeklimahåndbogen, SBI Anvisning 196*, Statens Byggeforskningsinstitut
Birk, Kirsten, mfl (2008): *Lys+Energi+Arkitektur*, Arkitektskolen Aarhus
Kristensen, Hans, mfl (2009): *Befolkningens boligønsker*, Center for Bolig og Velfærd
Kristensen, Hans, mfl (2006): *Den gode bolig - Hvordan skal vi bo i fremtiden?*, Akademiet for de Tekniske Videnskaber
Gram-Hanssen, Kirsten, mfl (2009): *Flere og flere bor alene*, Statens Byggeforskningsinstitut
Mortensen, Peder Duelund, (2005): *Den situationsbestemte bolig*, Kunstakademiets Arkitektskole
Isover, (2007): *Komforthusene - erfaringer, viden og inspiration*, Isover
Dansk standard, (1993): *DS474 - Norm for specifikation af termisk indeklima*, Byggedata
Larsen, Tine Steen, (2011): *Erfaringer med indeklimaproblemer fra hidtidigt lavenergi-byggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergi-byggeri*, Erhvervs- og byggestyrelsen
Janson, U., (2010): *Passive houses in Sweden - From design to evaluation of four demonstration projects*, Lund University, Faculty of Engineering LTH
Andersden, R.V., (2009): *Occupant behavior with regards to control of the indoor environment*, Technical University of Denmark
Gram-Hanssen, K., (2005): *Husholdningers elforbrug - hvem bruger hvor meget, til hvad og hvorfor?*, SBI2005:12, Statens Byggeforskningsinstitut
(2010): *Lokalplan 1011, Møllebankerne - Boligområde Borup nordøst*, Køge kommune

Tidsskrifter

Arkitektur DK (2011) volume 55 issue 1
Arkitektur DK (2008) volume 52 issue 6
Arkitektur DK (2008) 6/08

Web

Arkitema.dk
<http://hansthyge.dk/the-studio>
<http://www.sbi.dk/>
<http://ebst.dk/>
<http://politiken.dk/tjek/penge/pengeguider/guiderhjemmet/ECE582398/>
www.wienbergarkitekter.dk

Illustrationsliste

S8 Lokalplan 1011
S9 Google Earth
S10 DMI.dk
S11 Colourbox.com
S12 Marsh, Rob, mfl (2011): *Arkitektur og energi: mod en 2020-lavenergi-strategi*, Statens Byggeforskningsinstitut
S13 Colourbox.com; Marsh, Rob, mfl (2011): *Arkitektur og energi: mod en 2020-lavenergi-strategi*, Statens Byggeforskningsinstitut
S14 Isover, (2007): *Komforthusene - erfaringer, viden og inspiration*, Isover
S15 Velfac.dk
S15 Velux.dk
S20 www.wienbergarchitects.dk/; Marsh, Rob, mfl (2005): *Bolig - Miljø - Kvalitet*, Statens Byggeforskningsinstitut
S22 Arkitema.dk
S23 Arkitektur DK (2011) volume 55 issue 1
S24 Velux.dk
S25 <http://hansthyge.dk/the-studio>
S26 Gehl, Jan (2005): *Livet mellem husene, Udeaktiviteter og udemiljøer*, Arkitektens forlag
S31 www.wienbergarchitects.dk/; Velux.dk, Keiding, Martin, mfl (2010): *Nye enfamiliehuse, New Single-Family Houses - made by Nordic Architects*, The Danish Architectural Press
S33 <http://viewpictures.co.uk/Details.aspx?ID=83539&TypeID=1&searchtype=&contributor=0&licenses=1&sort=REL&cdonly=False&mronly=False>; Cousins, Matthew (2009): *Design Quality in new housing - Learning from the Netherlands*, Taylor & Francis; Velux.dk
Solar.dk
S34 Lehrskov, Hanne, mfl (2011): *Energi + Arkitektur*, Arkitektens Forlag, Velux.dk
S37 Unoform.dk
S39 Velfac.dk; Colourbox.com
S54 Colourbox.com
S70 Velux.dk; Keiding, Martin, mfl (2010): *Nye enfamiliehuse, New Single-Family Houses - made by Nordic Architects*, The Danish Architectural Press; Velfac.dk

