



## **Prøvehus i Nuuk. Ny Arktisk Byggeskik** Midtvejsevaluering

**Lading, Tove; Bunch-Nielsen, Tommy; Møller, Eva B.**

*Publication date:*  
2017

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*

Lading, T., Bunch-Nielsen, T., & Møller, E. B. (2017). *Prøvehus i Nuuk. Ny Arktisk Byggeskik: Midtvejsevaluering*. Technical University of Denmark, Department of Civil Engineering. DTU Byg Rapport, No. R-375 (DK)

---

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Prøvehus i Nuuk

## Ny Arktisk Byggeskik



Tove Lading

Institut for Byggeri og Anlæg  
2017

DTU Byg-Rapport R-375 (DK)  
Januar 2017



# Prøvehus i Nuuk

Ny Arktisk Byggeskik



Midtvejsevaluering

Januar 2017

## **Prøvehus i Nuuk - Ny Arktisk Byggeskik**

Midtvejsevaluering

Rapport 2017

Udarbejdet af      Tove Lading (red.), lektor, arkitekt maa, DTU Byg / ARTEK  
Tommy Bunch-Nielsen, direktør, Bunch Bygningsfysik ApS, adj. professor Aalborg Universitet  
Eva B. Møller, seniorforsker, SBI / Aalborg Universitet

Copyright:      DTU

## Forord



På arkitekturbiennalen i Venedig i 2012 var temaet for den danske pavillon "Possible Greenland". I den forbindelse udstillede Tegnestuen Vandkunsten projektet "Ny Arktisk Byggeskik", som fik meget omtale. Visionen var en smuk drøm, og der er ingen tvivl om, at mange forelskede sig i den: dem, der så projektet på udstillingen i Venedig, de mange der har læst om det i dansk og udenlandsk presse, og ikke mindst de, der har støttet projektet for at gøre det til virkelighed.

I 2015 bevilgede Den A.P. Møllerske Støttefond midler til et demonstrationsprojekt med deltagelse af Tegnestuen Vandkunsten, Rambøll og DTU med henblik på, at de tre parter skulle videreudvikle udstillingsprojektet og efterfølgende opføre et prøvehus i Nuuk.

Men der er forskel på et arkitekturprojekt, der er udviklet til en udstilling som et visionært statement - en vision om noget som kunne være -, og så et projekt, der rent faktisk skal bygges. Tegnestuen Vandkunstens projekt om en ny arktisk byggeskik har da også udviklet sig meget i løbet af de ca. 5 år der er gået fra de første ideer, der blev præsenteret i Venedig i 2012, og til nu.

Videreudviklingen af projektet er sket i samarbejde mellem Vandkunsten og Rambøll og understøttet af en sekretariatsfunktion hos Polar DTU. Der har været afholdt en workshop med deltagelse af forskere fra DTU, der derudover i mindre omfang også har været konsulteret om enkelte emner.<sup>a</sup>

Denne evaluering vedrører det videreudviklede projekt.

Evalueringen tager udgangspunkt i, at huset skal kunne fungere i en dagligdag, give ly for det arktiske udeklima og byde på et godt indeklima. Det skal være tæt, varmt og tørt, og skal ikke kræve mere pasning end en almindelig familie kan klare. Samtidig skal være sikkert at opholde sig i, også i

---

<sup>a</sup> Hedegaard, L. et al. 2015. *Info fra DTU.pdf [inkl. mailkorrespondance]* Rambøll. og Hedegaard, L. 2015. *1100019220 531-001-1 Indtryk fra workshop 1.pptx*. Rambøll.

tilfælde af ulykker som fx brand. Hvor der ikke er tale om veldefinerede forsøg, forventes brug af velafprøvede og dokumenterede løsninger. Huset skal have en forventelig levetid på linje med dagens byggeri i øvrigt; d.v.s. minimum 50 år – gerne mere.

På den baggrund har DTU ønsket at gennemføre en byggeteknisk midtvejsevaluering af prøvehusprojektet med det formål at vurdere om

- projektet lever op til de mål, der er stillet på forhånd,
- afvigelser fra almindelig god byggeskik og kendte velafprøvede løsninger indebærer uacceptable risici,
- kritiske løsninger kan erstattes af andre løsninger, og i givet fald om kernen i projektet derved forsvinder.

Arbejdsgruppen har ikke evalueret udviklingsprocessen frem til nu; herunder ansvar, opgavefordeling etc. Der er kun givet bemærkninger til processen i det omfang, det skønnes at have haft betydning for eventuelle uhensigtsmæssige løsninger i prøvehusprojekt.

Evalueringen er gennemført i august 2016 til januar 2017 af en arbejdsgruppe bestående af

- lektor Tove Lading (red.), DTU Byg / Center for Arktisk Teknologi (ARTEK)
- seniorforsker Eva B. Møller, SBI / Aalborg Universitet
- direktør, civilingeniør Tommy Bunch-Nielsen, Bunch Bygningsfysik, adj. professor AAU

Lektor Grunde Joomas, DTU Byg / University of Edinburgh har bistået omkring brandforhold.

Evalueringen er ikke gennemført som en systematisk projektgranskning - fx som beskrevet i *"Granskning af byggeprojekter"*, SBI-anvisning 246, – og erstatter således ikke en sådan. Materialet vurderes ikke at være konsistent nok til en egentlig granskning.

Niels-Jørgen Aagaard  
*Institutedirektør DTU Byg*  
*Januar 2017*

# Indhold

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| Resumé .....                                    | 6  |
| Konceptet for <i>Ny Arktisk Byggeskik</i> ..... | 8  |
| Evalueringsstemaer .....                        | 12 |
| 1. Påvirkningen fra det arktiske klima .....    | 13 |
| 2. Mellemzonen .....                            | 18 |
| 3. Konstruktioner .....                         | 27 |
| 4. Materialer .....                             | 34 |
| 5. Brand .....                                  | 40 |
| Baggrundsmateriale .....                        | 43 |

## Resumé

Der er i arbejdsgruppen stor sympati for projektets idé om at bidrage til udvikling af en byggeskik, der er særligt tilpasset arktiske forhold.

Projektet har mange ideer og mange elementer af eksperimentel karakter, og det er ikke færdigudviklet. Det kan gøre det vanskeligt at evaluere midt i processen. En del af evalueringens bemærkninger gælder derfor forhold, som formentlig vil blive løst i forbindelse med færdigudvikling og projektering, men som man skal være opmærksom på. Arbejdsgruppen finder dog, at det i sig selv er problematisk at sammenvæve så mange nye elementer. Det gør det vanskeligt at vurdere, hvordan de enkelte tiltag virker i en sammenhæng. Samtidig kan det gøre det svært at uddrage erfaringer fra byggeriet siden hen.

To elementer forekommer at være centrale i prøvehusprojektet:

- *Den todelte klimaskærm*, adskilt af et ventileret hulrum; den ydre del for beskytter mod vind og nedbør, mens den indre del varetager varme-, fugt- og lydisolering.
- *Mellemzonen*, et overdækket rum mellem ude og inde.

I prøvehusprojektets nuværende udformning er der en fysisk sammenhæng mellem de to elementer. Det er ventilationsspalten, der på sine steder udvides til et egentligt rum. Den fysiske sammenhæng anses dog ikke for et grundlæggende præmis for projektet.

Projektets egenart står og falder med disse to kritiske elementer. Det oprindelige koncept – et beskyttende transparent telt med opvarmede boligbokse under – virkede umiddelbart som en klar og forståelig ide, men det har vist sig at være sværere end som så at få bragt ideen frem til et projekt, som kan bygges, og som kan fungere i praksis.

Funktion, konstruktion og klimatisering for mellemzonen er ikke løst, selvom projektet faktisk har været sendt i fremskudt udbud. Det vurderes at være tvivlsomt, om en klimatisk mellemzone overhovedet holder i en arktisk kontekst, fordi det har vist sig vanskeligt at finde en samlet løsning: løser man ventilationen, bliver det et problem med opvarmningen; løser man opvarmningen, bliver energiforbruget stort; løser man ikke opvarmningen, går det ud over funktionen og der kan opstå fugtproblemer m.v.

Som udvendig beklædning på klimaskærmen tænkes anvendt flerlags kanalplader af polycarbonat ; herunder også som overdækning af mellemzonen. Produktet er imidlertid ikke anvist som tagbeklædning fra producentens side, og en tagkonstruktion med polycarbonat er ikke brandklassificeret i h.t. gældende normer og brandregler.

Det er ikke godtgjort, at pladerne kan anvendes som tag- og facadebeklædning i en tæt bebyggelse, hvor der skal tages højde for risikoen for brandsmitte.

Derudover har evalueringen påpeget en række tekniske opmærksomhedspunkter, som næppe er uløselige, men det giver dog anledning til overvejelse, når der er så mange af dem. En del af dem vil potentielt kunne føre til alvorlige byggetekniske skader og indeklimaproblemer, hvis de bliver overset.

Inden projektet detaljeres anbefales på denne baggrund:

- at konceptet for mellemzonen og den todelte klimaskærm løses på en bæredygtig og funktionsdygtig måde, dokumenteret af energi- og indeklimasimuleringer;
- at de brandtekniske forhold løses, ikke blot for prøvehuset, men også i relation til den større bebyggelse, som prøvehuset er forløberen for, herunder:
  - brug af polycarbonatplader som tag- og facadebeklædning
  - det samlede omfang og anvendelse af brandbare materialer
  - adgangs- og flugtveje ved brand

Det anbefales endvidere at

- projektet granskes eksternt inden det endelige udbud, samt når der sker projektændringer undervejs fra udbud til aflevering;
- projektet udbydes på baggrund af et detaljeret hovedprojekt, og at der ikke anvendes funktionsudbud; det må være et ansvar for konceptudviklerne bag prøvehusprojektet at detaljere de løsninger, som man ønsker afprøvet, for at få det samlede koncept og løsningerne til at fungere;
- det præciseres, hvilke elementer der har karakter af forsøg, og at der for disse opstilles flere scenarier for udfald, samt løsningsmodeller, i fald forsøgene ikke falder ud til fordel for de afprøvede løsninger;
- antallet af forsøgselementer minimeres, således at der helt generelt vælges anerkendte løsninger, undtagen på de punkter, hvor projektet virkelig skiller sig ud.

■

# Konceptet for *Ny Arktisk Byggeskik*

## Målene for prøvehusprojektet

Det har det været vanskeligt at få en præcis definition af prøvehusprojektets forsøgs- og demonstrationselementer. Det skyldes blandt andet, at det allerede har ændret sig en del fra det oprindeligt ansøgte projekt til dét, der nu er under projektering.

Projektansøgningen er meget beskrivende i forhold til visionen og de muligheder, som et succesfuldt gennemført projekt vil give, hvorimod den er mindre konkret i forhold til de forsøgs- og demonstrationselementer, som prøvehusprojektet skal indeholde.<sup>b</sup>

Den foreliggende tekniske beskrivelse lægger sig tæt op ad visionen, og indeholder ikke specifikke selvstændige tekniske mål for prøvehusprojektet. Derfor har evalueringen på dette punkt alene forholdt sig til de skitserede løsninger.

Ansøgningens beskrivelse af forskning, undervisning og videndeling er præget af mulighederne i forhold til et succesfuldt projekt. Derimod er det lidt svært at se perspektiveringen, i fald prøvehuset ikke lever op til forventningerne.<sup>c</sup>

Selv om prøvehusprojektet har ændret sig en del, har arbejdsgruppen alligevel i et vist omfang forholdt sig til den oprindelige ansøgning. Der er dén, som er baggrunden for at parterne omkring projektet – Den A.P. Møllerske Støttefond, Kommuneqarfik Sermersooq og DTU – har valgt at gå ind i prøvehusprojektet og støtte det.

For det nuværende prøvehus-projekt er der i løbet af evalueringsprocessen og i dialog med Tegnestuen Vandkunsten og Rambøll blevet fastlagt fem mål eller kerneelementer.

### *Ansøgningens mål*

Tegnestuen Vandkunsten opsummerer selv prøvehusprojektet som følger:

#### ***”Byggeskikken***

*En byggeskik er ikke to snit, tre boligplaner og fire facader. En byggeskik er en metode, et sprog, et spil med et sæt spilleregler. I heldigste tilfælde en genvej til et smukkere og mere bæredygtigt byggeri. En skik blir’ det først, når børnesygdommene er kureret og byggetraditionens arkitektoniske- og brugsmæssige kvaliteter, er taget til hjertet af brugerne og dem, der skal bygge.*

*En arktisk byggeskik må sæfæli’ være mærket af det arktisk særegne, kunne modstå det barske vejrlig, klare snelasten, holde på varmen og blive stående på fjeldet, når stormen raser.*

---

<sup>b</sup> Dette afspejler formentlig til dels en forskellig kultur mellem praktiserende arkitekter og en ingeniørvidenskabelig forskningsverden. Red.

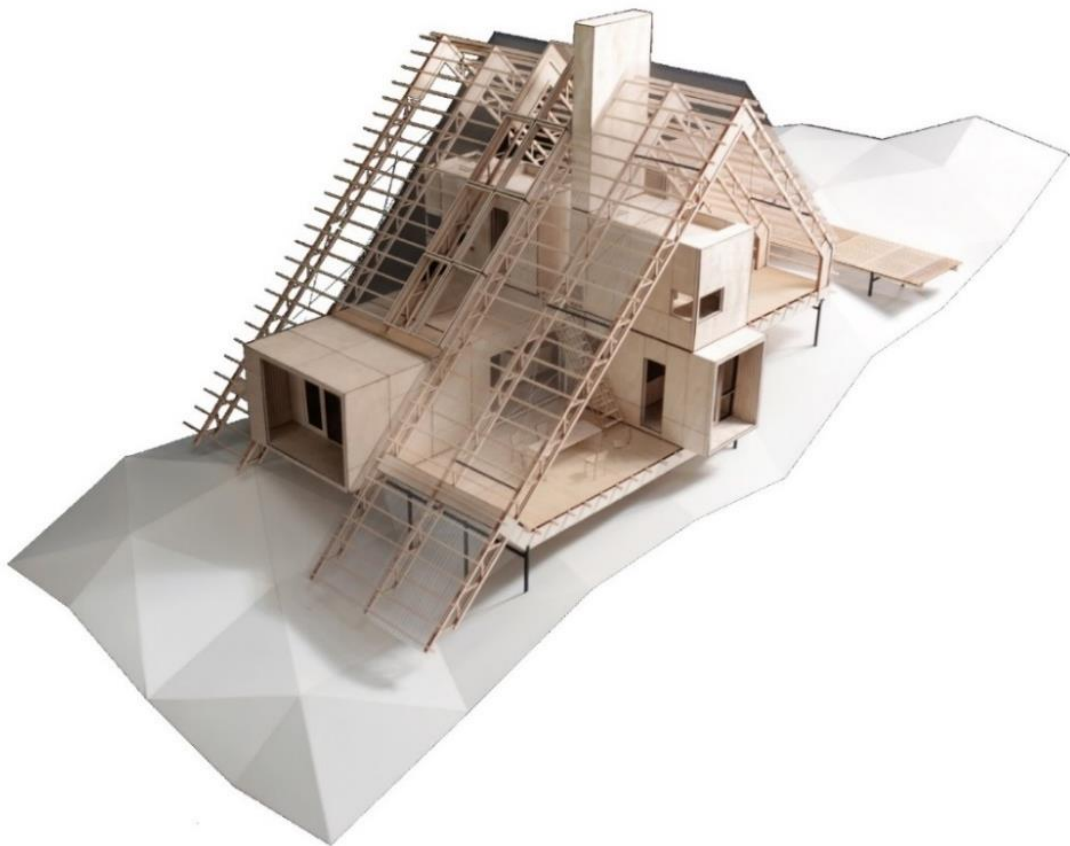
<sup>c</sup> Dette er baggrunden for at DTU Byg / ARTEK har formuleret et revideret forskningsprojekt, Nyere Arktisk Byggeskik 1 og 2, se bilag.

Vores forslag til Ny Arktisk Byggeskik kan summeres således:

- vi forsvarer den mindre skala med henvisning til selvbyggertanken
- vi vægter et byggesystem, der kan samles og skilles uden brug af stort, tungt og kostbart løfte grej.
- vi forfølger bæredygtige mål i fremstilling, montage, og boligens drift.
- vi appellerer til grundigere, forstudier af egnede lokaliteter for bosætning, inden planlægningsmyndigheden træffer sit endelige valg
- vi lader lys og mørke få en afgørende indflydelse på boligens plan, snit og opstalt.
- vi kombinerer frejdigt det præfabrikerede, teknologisk raffinerede med det på stedet tilvirkede,
- vi disponerer boligtyperne ud fra ønsket om et tydeligere rumligt hierarki: og gør de små rum mindre, så de store rum kan blive større.
- vi rykker tættere sammen og deler de svævende adgangs- og forsyningsdæk med hinanden
- vi hævder, at krudt er forbudt og anviser et princip for byggemodning, der reducerer sprængninger til et minimum.
- vi skelner ikke mellem det snusfornuftige og det smukke, nu der næppe er nogen forskel.”

(Ansøgningen s. 1)

Det er en smuk vision, men noget vanskelig at forholde sig til som evalueringsmål.



*Illustration af det ansøgte projekt.*

Mål for prøvehusprojektet

- som formuleret i dialog mellem red., Tegnestuen Vandkunsten v/ Olmo Ahlmann og Rambøll v/ Lars Hedegaard Jepsen, og i forlængelse af workshop mellem arbejdsgruppen og de to rådgivere.<sup>d</sup>

**”1) Den to-delte klimaskærm**

- regn- og vindskærm er adskilt fra den tætte og isolerende skærm af et ventileret rum (der kan være en spalte eller et egentligt rum)

**2) De to klimazoner**

- der indebærer en anden måde at bruge sit hus på.

Den helårsopvarmede zone reduceres, mens mellemzonen giver mulighed for andre former for aktiviteter, der ligger mellem inde og ude.

Godt indeklima er et vigtigt mål.

**3) En rationel og forenklet byggemetode**

- som kan udføres af den arbejdskraft og med det maskinel, der normalt vil være til rådighed i Grønland (ikke nødvendigvis på prøvehuset, men hvis/når der bygges flere huse).

**4) Et så lille fodaftryk som muligt**

- et reversibelt projekt

**5) Initiere og inspirere til en debat**

- hvordan bygger man i Arktis, og hvordan bruger man sin bolig.”

De to første punkter er afgørende for husets funktion på sigt. Hvis ikke man lykkes her, lykkes huset ikke. De andre punkter har derimod i højere grad karakter af hensigter. Selv om de ikke løses optimalt, kan huset godt fungere.



---

<sup>d</sup> Jf mailkorrespondance mellem parterne af 2015.09.05.

## Forskellen mellem det ansøgte projekt og prøvehusprojektet

Ændringerne handler overordnet set om følgende:

1. Det oprindelige projekt havde karakter af et transparent telt, hvor beboelsesrummene lå som selvstændige bokse under teltet, og hvor adgang mellem rummene også foregik via teltet. Nogle rum havde kun vinduer ud mod teltet.

Det nuværende projekt er et egentlig hus, som kan fungere, uden at man skal ud i en anden klimazone for at komme fra rum til rum. Alle rum har mindst et vindue til det fri.

Den transparente overdækning dækker tag og facader. Nogle steder er den blot en regnskærm adskilt fra den egentlige klimaskærm med en ventileret spalte, andre steder danner den rum (mellemzonen).

2. Oprindeligt var mellemzonen tænkt som både naturligt ventileret og klimatiseret (opvarmning/køling). Prøvehusprojektet er ikke endeligt fastlagt på dette punkt, men tegner til en mere passivt klimatiseret zone.
3. Alternativ energiforsyning i form af solceller, fjeldvarme/køling og varmepumper er på vej ud af prøvehusprojektet - af økonomiske årsager; fordi polycarbonatkonstruktionen i sig selv er vanskelig også uden solcellepaneler; og fordi fjeldvarme og varmepumper ikke er en gennemprøvet teknologi i Grønland<sup>e</sup>.
4. Det oprindelige koncept var tænkt til opførelse som række-/kædehuse, men også fritliggende huse.  
Prøvehusprojektet er et fritliggende hus, og kan ikke uden væsentlige justeringer opføres som sammenhængende huse. Årsagen er blandt andet planløsningen, hvor der er vinduer mod alle facader, men ikke mindst brandforholdene, som ikke er afklarede i forhold til risiko for brandsmitte, brandsektionering etc.<sup>f</sup>
5. Der er derudover foretaget en række mindre justeringer.  
Fx er tang som isoleringsmateriale opgivet<sup>g</sup>. Der er således ingen grønlandske byggematerialer i prøvehusprojektet, bortset fra en begrænset mængde beton.

---

<sup>e</sup> Sidstnævnte kunne være et argument for netop at afprøve det i prøvehuset.

Arbejdsgruppen er dog skeptisk overfor at afprøve ny teknologi på et område, som husets grundlæggende koncept er afhængig af. Dette ikke mindst i betragtning af, at huset i fremtiden skal kunne passes af beboerne eller driftspersonale uden særlige forudsætninger.

<sup>f</sup> Notat af 18.08.16 fra møde vedr. brandforhold mellem red. og Grunde Joomas, lektor på DTU og ekspert i brand.

<sup>g</sup> I Sisimiut blev der i 2015 gennemført et studenterprojekt, som undersøgte tang som isoleringsmateriale. Eksperimenterne viste blandt andet, at tang isolerer dårligere end glasuld (ca. 2/3 isoleringsevne), og at tang brænder godt.

# Evalueringstemaer

Projektet vedrører design og opførelse af et prøvehus. I ordet "prøve" ligger, at projektet er forløber for et større projekt. I dette projekt vil man implementere nye løsninger, og inden man gør dét i større omfang, vil man gerne høste erfaringer. Men det er ikke et forsøgshus.

Derfor bør de løsninger, der skal afprøves, være præcist definerede og mulige at evaluere; det vil sige, at der ikke skal være for mange sideløbende nye løsninger, som influerer på hinanden, og hvor effekterne ikke kan skilles ad. Det vil også være vigtigt, at huset kan fungere, selv om et eller flere elementer viser sig at fejle. Derfor anbefales det at opstille scenarier, ikke blot for et vellykket prøvehus, men også for de risici, der er forbundet med en ny løsning, samt strategier til at håndtere en fejlfunktion.

Der er ingen tvivl om, at den specifikke arkitektur har været et væsentligt mål, både for Tegnestuen Vandkunsten og for de parter, der har valgt at støtte projektet. Arkitekturen er imidlertid ikke en del af evalueringen. Dels fordi arkitektur ikke er et DTUs fagområde, men også ud fra en betragtning om, at arkitektur kun giver mening i det omfang, at det kan bygges, og kan tåle klimapåvirkninger og daglig brug.

Arbejdsgruppen har valgt at vurdere projektet ud fra, om prøvehuset kan forventes, at

- være bygbart i en grønlandsk kontekst
- være holdbart i et arktisk klima
- kunne fungere i en bymæssig sammenhæng
- kunne fungere i en families daglig
- kunne driftes og vedligeholdes på almindelige vis

Det har resulteret i følgende evalueringstemaer:

1. Påvirkningen fra det arktiske klima
2. Mellemzonen og den todelte klimaskærm
3. Konstruktionen
4. Materialer
5. Brand

# 1. Påvirkningen fra det arktiske klima

## Resumé af arbejdsgruppens vurdering

Tegnestuen Vandkunsten skriver i ansøgningen, at huset skal kunne ”- modstå det barske vejrlig, klare snelasten, holde på varmen og blive stående på fjeldet, når stormen raser.” (Ansøgningen s. 1). Arbejdsgruppen er ikke overbevist om, at det er tilfældet.

Det anses ikke for godtgjort, at konstruktionen og materialerne i klimaskærmen kan holde til det arktiske klima. Der er adskillige kritiske punkter, som arbejdsgruppen ikke umiddelbart kan se en løsning på. Arbejdsgruppen efterspørger referencer til tilsvarende konstruktioner i andre områder, hvor problematikken er (delvist) sammenlignelig. Det anses ikke for dokumenteret, at rådgiverne i nødvendigt omfang har forholdt sig specifikt til det arktiske klima, set i forhold til målet om at udvikle en ny arktisk byggeskik.

## Baggrund

Klimaet i Nuuk, hvor prøvehuset er planlagt opført, er karakteriseret ved følgende:

Det blæser meget, også hyppigt med vind af storm- eller orkanstyrke. Der ses vindhastigheder, der er større end dem man sædvanligvis ser i Danmark. Man skal i Nuuk dimensionere for 1,6 kN/m<sup>2</sup><sup>h</sup>, mod 0,6 i Danmark (karakteristisk basisvindtryk). Det er relevant for såvel styrke som tæthed.

- Stærk vind følges ofte af regn eller sne, hvilket er en yderligere belastning for klimaskærmen. Det er set, at konstruktioner, der fungerer under fx danske forhold, ikke fungerer i Grønland<sup>i</sup>.
- Når der ikke er nedbør, vil der ofte være støv fra sand eller grus i luften under stormvejr. Det kommer dels naturligt (meget mindre andel af befæstede og bevoksede arealer), dels er det en følge af vinterens grusning af vejene.
- Nuuk har ikke midnatssol, men dog meget lange dage om sommeren. Det betyder en øget eksponering med UV-lys, og en øget eksponering for solvarme.<sup>j</sup>
- Der er stigende problemer i Grønland med overophedning om sommeren. Det skyldes at husene bygges tættere, er bedre isoleret og har større (energi)ruder.<sup>k</sup>
- Om vinteren er dagene til gengæld ret korte.
- Det er almindeligt med pludselige skift i vejret, og der kan være store udsving i temperaturen inden for få dage. Skift mellem frost-tø-frost-tø er hyppige forår og efterår.
- Hele året regnes som varmedage (dvs. hvor der potentielt er behov for opvarmning).

Det er primært polycarbonatkonstruktionen, der direkte udsættes for det arktiske klima, og derfor er det i høj grad denne del af klimaskærmen, der er fokus på i evalueringen.

---

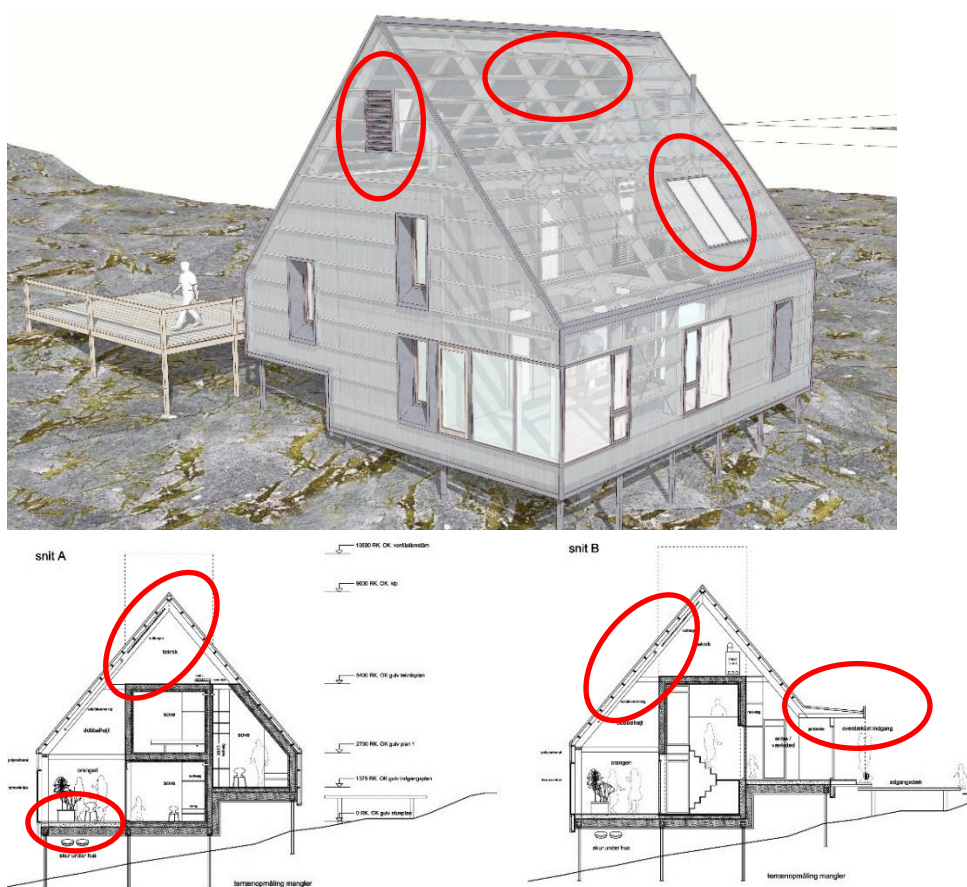
<sup>h</sup> Jf de grønlandske forskrifter <http://www.byginform.dk/da-dk/lovgivning/forskrifter.aspx>

<sup>i</sup> Fx har det været nødvendigt at udskifte hele facadebeklædningen samt en del af de indvendige vægge på Selvstyrets 10-etagers kontorbygning i Nuuk. Facaderne kunne ikke modstå vind og nedbør, og der trængte derfor fugt ind i konstruktionen med skimmelsvamp til følge.

<sup>j</sup> DMI har ikke opgjort tallet for solskinstimer i klimanormalen for Nuuk. Generelt viser tallene for de byer, hvor der findes data, at der er væsentligt flere solskinstimer i Grønland om sommeren. Da antallet af nedbørsdage stort set svarer til Danmark, må det især hænge sammen med de længere dage.

<sup>k</sup> Se note s. 20.

## Arbejdsgruppens bemærkninger



De røde markeringer angiver de kritiske punkter.

### Kritiske punkter er:

- Selve materialet (polycarbonatpaneler) og befæstigelsen
- Samlinger mellem polycarbonatplader, og mellem disse og tilstødende bygningsdele
- Sammenbygning med andre bygningsdele, som fx ovenlys og halvtag
- Ventilationsspalten i bunden af konstruktionen
- Bestandighed overfor UV og fysisk påvirkning (is, støv)
- Ventilationsåbninger

### a. Kan regnskærmen i polycarbonat klare vindlasten?

Arbejdsgruppen er i tvivl, om det er tilfældet.

Polycarbonatpanelerne består af plader med luftkanaler i flere lag. Selve kanalvæggene er relativt tynde. Pladerne er meget lette, og som udgangspunkt stive.

Polycarbonatpanelerne samles med et "ad-on click-system", med et befæstigelsesbeslag fra fugerne til den bærende konstruktion.

Det anses ikke for dokumenteret eller godtgjort, at regnskærmen kan klare vindlasten.

Der er ikke referencer til tilsvarende byggerier i områder med stor vindlast (muligvis findes der ikke relevante referencebyggerier).

Der er vist en løsning med en ventilationsspalte til naturlig ventilation hele vejen i bunden af regnskærmen. Dette kan muligvis ved bestemte vindretninger føre til et stort overtryk under regnskærmen.

Nogle i branchen i Nuuk peger på et problem: at ventilationsspalter ofte hyler i blæsevejr, hvilket kan være meget generende.

**b. Vil regnskærmen i polycarbonat være tilstrækkeligt tæt i forhold til vandindtrængning?**

Det er ikke dokumenteret, at regnskærmen kan klare kravet for Nuuk på 1,6 kN/m<sup>2</sup>, eller hvilket krav, den så kan opfylde. I producentens datablade<sup>m</sup> er konstruktionen dokumenteret for lodrette flader, ikke for tagkonstruktioner.

Se bemærkningerne under c. vedrørende tæthed i forhold til belastning fra sne og is.

Arbejdsgruppen har set på et lokalt projekt med polycarbonat: ambulancemodtagelsen på hospitalet i Nuuk. Her er der udført en stor skrå facade i polycarbonat. Facaden er mindre end prøvehusets (i areal og højde), vinklen er mere stejl, og pladerne er tyndere. Princippet for samlinger og montering er formentlig (stort set) identisk.



*Ambulancemodtagelsen i Nuuk:*

*Den skrå facade er udført i polycarbonatplader. De lodrette samlinger ses efterfuget med silicone.*

*Mod kantprofilerne er der ligeledes udført efterfugning (den sorte kant).*

*Fugtplamagerne på gulvet inde i garagerummet stammer til dels fra tidligere skader, men der er stadig en vis fugtindtrængning, hvis det regner og blæser.*

*[Foto: Tove Lading]*

---

<sup>l</sup> Jf de grønlandske forskrifter <http://www.byginform.gl/da-dk/lovgivning/forskrifter.aspx>

<sup>m</sup> <http://www.gallina.it/en/index.php>

Denne facade er ikke tæt. Alle samlinger er synligt efterfuget med silicone, og mod kant-profilerne er der "kittet" med en form for silikonemasse. Ifølge driftspersonale er facaden stadig ikke tæt – det drypper ind. Bygningen ligger klimatisk mere beskyttet end prøvehuset vil gøre, inde i en trelænget gård. Derfor er belastningen fra vind + nedbør givet mindre.

Man kan vælge at acceptere, at der lejlighedsvist kommer dryp fra den ydre klimaskærm. I så fald skal det sikres, at materialerne under skærmen inkl. den bærende trækonstruktion kan tåle lejlighedsvis opfugtning, samt at brugeren gøres bekendt med dette og ikke forventer et tørt rum. Der bør samtidig sikres effektiv ventilation, så høj luftfugtighed ikke er en langvarig tilstand.

### **c. Vil regnskærmen i polycarbonat kunne tåle sne og is?**

Det er usikkert og ikke godtgjort, hvordan polycarbonattaget vil agere i forhold til sne og is. Og som nævnt anviser producenten kun anvendelse i facader, ikke som tagkonstruktion<sup>n</sup>.

Det er diskuteret, hvorvidt sne vil ophobes på taget, eller om det vil blæse af. Hældningen og den glatte overflade taler for, at sneen vil blæse af. Men det er også set, at der tidligt på sæsonen opstår vandperler på glatte overflader. Når de efterfølgende fryser, kan sneen hænge sig fast på dem, og dermed ophobe sig.<sup>o</sup>

Hvis sneen lægger sig på taget, vil der blive mørkt i mellemzonen. Desuden vil taget blive udsat for en øget belastning. Sne, der lægger sig på tage, udgør en særlig risiko i forbindelse med frost-tø-frost-tø. Smeltende sne, der efterfølgende fryser, vil gradvist opbygge et tykt lag is på overfladen. Det er i sig selv en belastning, men også en risiko, når en større isflage senere smelter på tagoverfladen og glider af i ét stykke. Det har vist sig at kunne give store skader.<sup>k</sup>



*Referenceeksempel, hospitalet i Nuuk: Ophobning af sne og is på et varmt tag med utilstrækkelig isolering – og resultatet, da isen begyndte at smelte. Der er voldsomme kræfter på spil. Dette tag har en lavere hældning end prøvehusets, og derfor forventes opbygningen af is ikke at blive lige så voldsom som her. Men tendensen kan være der.* [Foto: Tove Lading]

<sup>n</sup> <http://www.gallina.it/en/index.php>

<sup>o</sup> Lading, T. November 2015. "Sne og is på tage og tagvinduer i Grønland", notat. DTU / Artek.

Et koldt tag giver ikke samme problemer.

Et varmt tag skal *enten* være så dårligt isoleret, at sneen smelter og ikke ophober sig.

*Eller taget* skal være så velisoleret, at varmen indefra ikke smelter sneen. Erfaringsmæssigt svarer det sidste til en isoleringstykkelse på ca. 450 mm<sup>p</sup>. Det er varme tage og mindre isoleringstykkelser, der giver problemer.

Polycarbonattaget befinder sig formentlig i denne mellemgruppe – i hvert fald en del af året. Det er især taget over mellemzonen, der kan være problematisk. De termiske forhold i mellemzonen og polycarbonattaget er ikke tilstrækkeligt belyst og godtgjort.

Vand og sne, der på skift fryser og tør, udgør en særlig risiko i forbindelse med samlinger.

I flydende form trænger vandet ind i en samling. Når det efterfølgende fryser, udvider det sig, og kan dermed deformere samlinger og inddækninger. Det er et problem, der således kan accelerere.

Problemet forudses dels i samlingerne mellem polycarbonatpanelerne, men især i forhold til sammenbygning med tilstødende bygningsdele.

Der er erfaringsmæssigt problemer med ovenlysvinduer i Grønland, især når disse indbygges i konstruktioner, der ikke er svejste eller limede (som fx paptage).<sup>q</sup> Arbejdsgruppen tror ikke på, at samlingen omkring et ovenlysvindue kan udføres tæt med polycarbonatpaneler.

Ved indgangspartiet er der vist et halvtag. Der vil helt sikkert lægge sig sne på dette, og overgangen mellem halvtag og polycarbonattag er derfor et kritisk punkt. Det kunne evt. løses ved at udføre en slags "overgangskonstruktion" på det nederste stykke mod halvtaget, men det vil næppe være særligt kønt. Man undgår heller ikke helt et kritisk punkt i sammenbygningen.

#### ***c. Vil regnskærmen kunne tåle støv og is i forbindelse med stormvejr?***

Ridsefastheden er ikke dokumenteret. Det er beskrevet at pladerne skal coates til større ridsefasthed, men niveauet kendes ikke. Der vil være en potentiel risiko for, at overfladen med tid matteres som følge af stormvejr med enten støv eller is.

#### ***d. Regnskærmens UV-bestandighed?***

Det er angivet, at overfladen på panelerne er forsynet med en særlig film, der skal øge bestandigheden overfor UV. Det anses for godtgjort, at producenten kan dokumentere, at UV-bestandigheden ligger inden for, hvad man bør kunne forvente.

Der er dog en potentiel risiko for afslibning af filmen som følge af påvirkningen fra støvstorme og is. Dette spørgsmål er ikke afklaret.

#### ***e. Snefang på ventilation***

Ventilation skal sikres mod fygesne med snefang. Problemet kan løses, men det er ikke beskrevet eller vist. Spalter til ventilering af blandt andet klimaskærmen skal forsynes med snefangsrør.

Omkring luftindtaget i gavlene kan der bygges en snefangskasse, der dog vil være ret synlig.

---

<sup>p</sup> I flg. Tommy Bunch-Nielsen.

<sup>q</sup> Fx er der problemer med ovenlysvinduerne i Lavenergihuset i Sisimiut. De er allerede skiftet én gang i et 10 år gammelt hus, og der er nu igen problemer med utætheder. Det er bekræftet i samtale med Velux' udviklingschef, at "det giver problemer at indbygge Velux-vinduer i en isklump".

## 2. Mellemzonen

Mellemzonen er et helt bærende element i designkonceptet, men den har ikke fundet sin endelige identitet. Der er sket et meget stort skift fra den oprindelige ansøgning til det foreliggende projekt, men den er stadig ikke færdigudviklet.

Det er blandt andet ikke afklaret, om der er tale om en helt passivt klimatiseret zone, eller om der vil være et tilskud af opvarmning på nogle årstider, hvilke temperaturer der i så fald skal opvarmes til, og hvordan.

Ventilationen er heller ikke endeligt afklaret, og der er et skisma mellem behovet for ventilation og en evt. opvarmning.

### Resumé af arbejdsgruppens vurdering

Det er vanskeligt at evaluere en ide, der ikke er færdigudviklet.

Det er i sig selv betænkeligt, at mellemzonen ikke er mere afklaret end den er, i betragtning af at det er det bærende element i prøvehusprojektet. Projektet står og falder med mellemzonen. Arbejdsgruppen er i tvivl om, hvorvidt ideen om en mellemzone overhovedet holder i en arktisk kontekst.

Det oprindelige koncept – et beskyttende transparent telt med opvarmede boligbokse under – virkede umiddelbart som en klar og forståelig ide. Men det har vist sig at være sværere end som så at få bragt ideen frem til et projekt, som kan bygges, og som kan fungere i praksis.

"Greenhouse-konceptet" er ikke ukendt, hverken i Danmark eller internationalt. Arbejdsgruppen efterspørger referencer til tilsvarende mellemzoner i andre områder, hvor problematikken er (delvist) sammenlignelig.

I Danmark var der i 1980-90'erne en bølge af greenhouse-projekter (zoneopdelte boliger, udestuer og glasinddækkede altaner). Nogle af disse blev gennemført som forsøgs- og demonstrationsprojekter. Rådgiverne har ikke undersøgt evt. erfaringer her fra<sup>r</sup>, hvilket man efter arbejdsgruppens opfattelse med fordel kunne have gjort.

En fungerende mellemzone vil givet byde på nye muligheder for ophold og aktiviteter. Det forudsætter, at beboerne er klar til at tage imod dem. Erfaringerne fra danske udestuer viser ikke en ubetinget succes.

Fordele og muligheder ved en mellemzone skal vejes op mod alternativerne. Sydvendte terrasser med læ samt et velindrettet bryggers eller et godt skur kunne måske give mange af de samme muligheder, men uden de samme uklarheder, risici og omkostninger.

---

<sup>r</sup> Ifølge rådgiverne selv (drøftet på workshop).

## Det oprindelige projekt

Det har flere gange undervejs i evalueringsprocessen været nævnt, om ikke de kunne være en ide at gå tilbage til det oprindelige koncept.

Det er arbejdsgruppens vurdering, at det oprindelige koncept bygger på en række antagelser omkring mellemzonen, som ikke holder (og det er blandt andet derfor, at mellemzonen helt har skiftet karakter i det reviderede projekt).

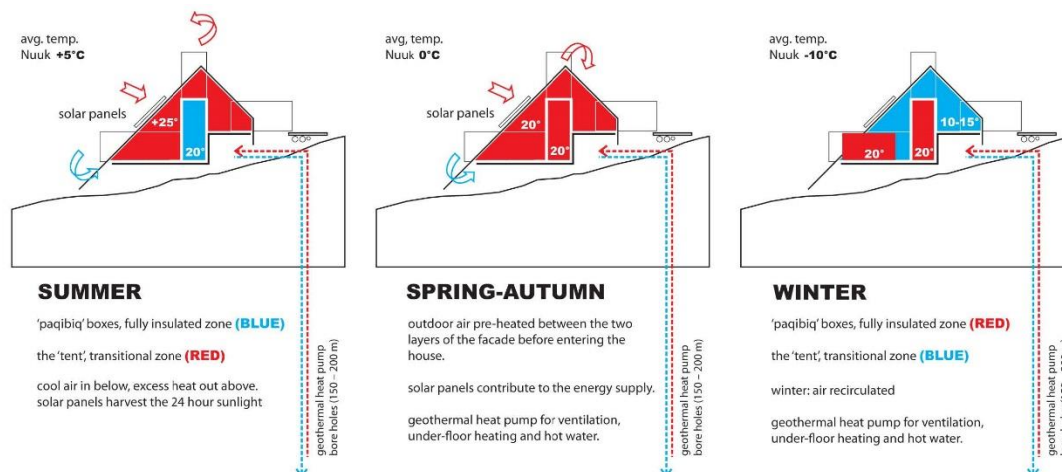


Illustration er hentet fra projektansøgningen.

Et hovedtræk var teltet, den transparente overdækning.

Den var tænkt som åben mod terræn, men samtidig skulle mellemzonen klimatiseres ved indblæsning af varm/kold luft, tempereret via en geotermisk varmepumpe.

Ansøgningens antagelser om mellemzonen og ikke mindst dens klima (jf illustrationen) virker ikke til at være baseret på det grønlandske klima. Ikke mindst vindpåvirkningen med kraftige storme er en udfordring, og en åben teltkonstruktion vil være udsat. Forventningen fra nogle fagfolk i Grønland er, at det vil blæse i stykker.<sup>s</sup>

Det er arbejdsgruppens vurdering, at temperaturen i mellemzonen om vinteren næsten vil svare til udetemperaturen, og at der med stor sandsynlighed vil ligge sne på tagene. Sneen vil kunne tage en stor del af dagslyset. Forår/efterår vil temperaturen være tæt på udetemperaturen på overskyede dage, mens den vil kunne være (behageligt) høj på dage med sol. Om sommeren, hvor solen skinner det meste af døgnet, vil temperaturen kunne blive ubehageligt høj<sup>u</sup>. Dog vil risikoen for overophedning falde, jo mere åben konstruktionen er, men der vil også tilsvarende være mindre passiv opvarmning på de øvrige årstider.

<sup>s</sup> Jf de grønlandske forskrifter <http://www.byginform.gl/da-dk/lovgivning/forskrifter.aspx>

<sup>t</sup> Der er stigende problemer med overophedning i Grønland, i takt med at der bygges flere huse med store lavenergiruder. Som eksempel kan nævnes Kulturhuset Taseralik i Sisimiut, som har henvendt sig til ARTEK for at få hjælp til at få sænket indetemperaturen om sommeren. Jørgen Brønlund Skolen i Ilulissat har problemer med en tilbygning til skolen, hvor klasselokaler med store sydvendte vinduer er nærmest uanvendelige om sommeren p.g.a. overophedning.

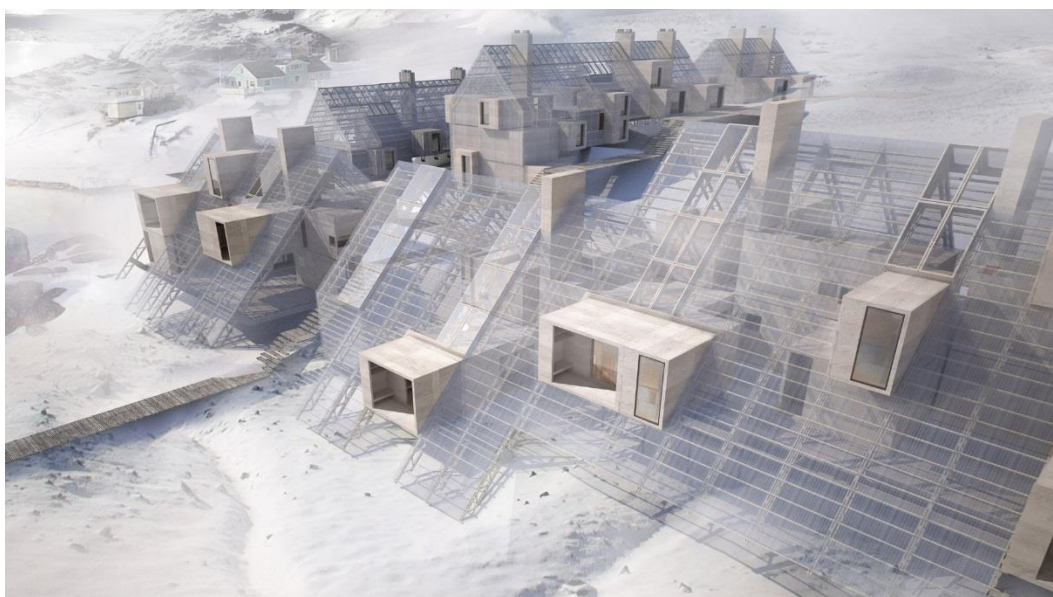
<sup>u</sup> Lading, T. 12/2015. "Barriers and Drivers for Energy-efficient Homes in Greenland". DTU Byg/ARTEK

Klimatisering af en åben konstruktion vurderes at indebære et stort energiforbrug, også selv om det ikke sker til fuld stuetemperatur, og selv om klimatiseringen stammer fra energibesparende installationer. Opvarmning kan give problemer i forhold til afsmeltning af sne, jf forrige afsnit.

Geotermisk varme/køling er ikke testet i Grønland, ligesom der er begrænsede erfaringer med varmepumper.

Nye teknologier har generelt vist sig at byde på vanskeligheder i Grønland, fordi der ikke er den nødvendige backup i form af kompetence til at installere og servicere<sup>v</sup>.

Derfor vil det formentlig generelt være fornuftigt at implementere ny teknologi via projekter, hvor der er et defineret og kompetent ejerskab, og hvor der ikke er en absolut afhængighed af, at teknologien fungerer.



*Tekst til illustration:*

*Den transparente overdækning var tænkt som åben i kanten mod terrænen, og muligvis til dels i gavlene - men samtidig nævnes at mellemzonen klimatiseres ved indblæsning af varm/kold luft, tempereret via en geotermisk varmepumpe. Der er et skisma mellem den meget åbne konstruktion og den aktive klimatisering.*

*Renderingen viser en vintersituation med sne. Det bemærkes, at der ikke er vist sne på tagene. Der vil formentlig lægge sig sne på tagene, med mindre varmetabet fra mellemzonen er tilstrækkeligt til at sikre afsmeltning<sup>w</sup>. Det vil det ikke være med en meget åben konstruktion. (Ansøgningen, bilag 1, s. 3.)*

### Arbejdsgruppens bemærkninger

Der mangler et samlet greb om løsning af ventilation, opvarmning, indeklima m.m. Der er flere løsningsmodeller under overvejelse, som ikke alle hænger lige godt sammen.

Der mangler blandt andet afklaring af

- indeklimaet i mellemzonen, ønsket og beregnet - temperatur, fugt etc.
- evt. klimatisering i form af ventilation, opvarmning og evt. køling – omfang og metoder

---

<sup>v</sup> Erfaringen er gjort i forbindelse med flere projekter, blandt andet DTUs Lavenergihus i Sisimiut.

<sup>w</sup> Lading, T. November 2015. "Sne og is på tage og tagvinduer i Grønland", notat. DTU / Artek.

- anvendelsen af mellemzonen
- interaktionen mellem klimaet i selve huset og i mellemzonen – hvordan påvirker de to zoners forskellige indeklima hinanden, når der åbnes imellem dem?

Ifølge rådgiverne er der foretaget simuleringer af klimaet i mellemzonen. Arbejdsgruppen har imidlertid ikke set dem, og ved derfor ikke under hvilke forudsætninger, simuleringerne er foretaget, herunder opvarmning og ventilation.

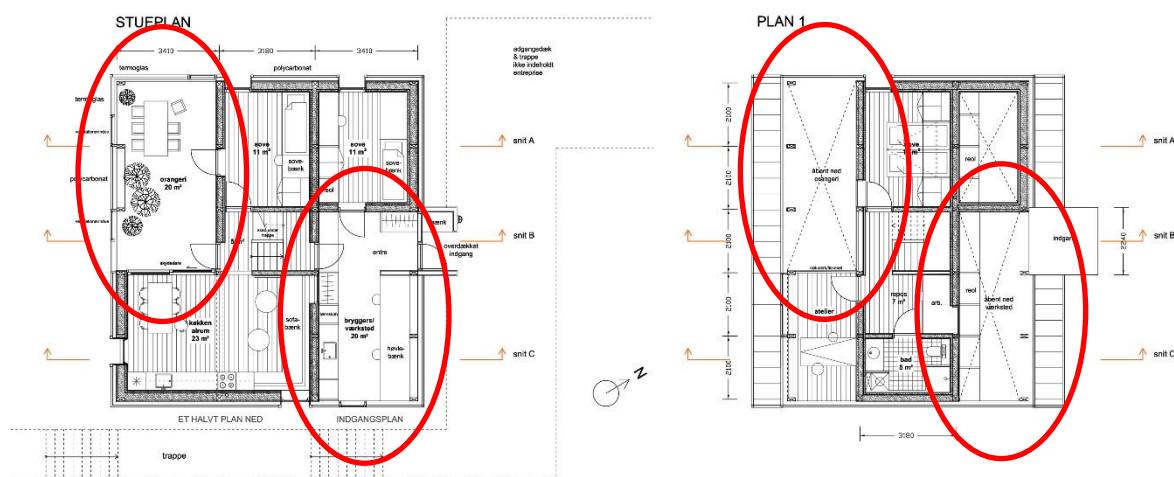
### **Kritiske punkter er:**

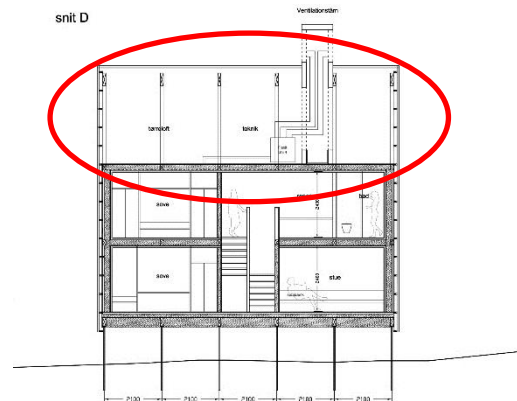
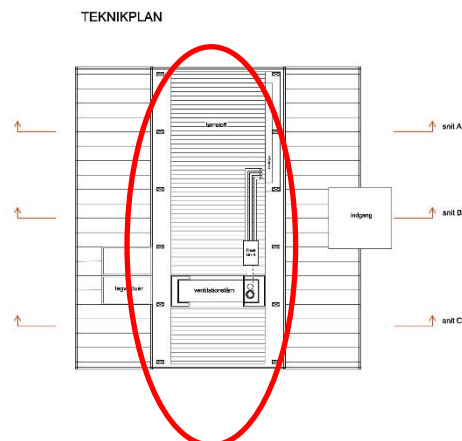
Arbejdsgruppen ser flere risici:

- for høj fugtighed i kombination med utilstrækkelig ventilering
- vanskelighed ved at tilvejebringe en effektiv ventilation med god komfort uden et højt energiforbrug
- vanskelighed ved at tilvejebringe en behagelig temperatur i forhold til anvendelsen, uden at det medfører et højt energiforbrug
- udvikling af alge- og skimmelvækst partielt på den indvendige side af polycarbonattaget
- udvikling af skimmelsvamp, med afsmitning til indeklimaet i selve boligen
- overophedning om sommeren, med påvirkning af selve boligen
- at mellemzonen kun vil være anvendelig i en begrænset periode forår og efterår, fordi der ellers enten vil være for varmt eller for koldt

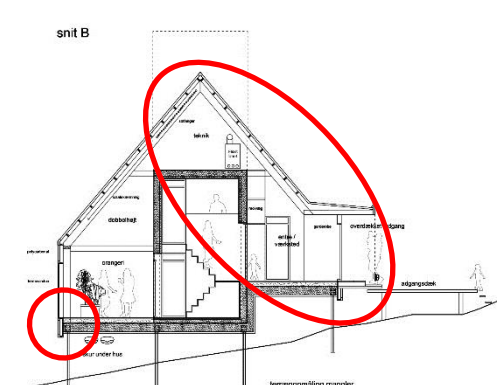
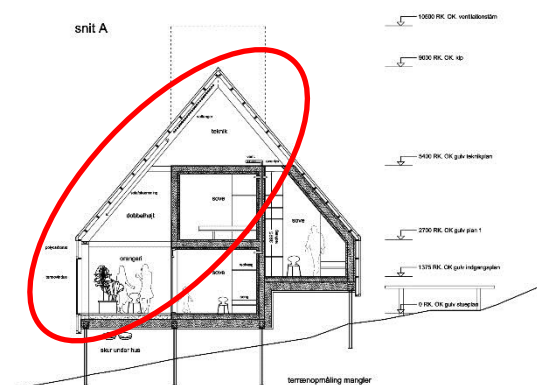
En del af mellemzonen benævnes på tegningerne "orangeri". Det er forhåbentlig blot et ord; det vil det være meget energikrævende at hæve temperaturen i mellemzonen om vinteren fra -15-25°C til +5-10°C, som er nødvendigt for subtropiske planter.

*De røde markeringer angiver de kritiske punkter for mellemzonen.*





OBS! Der er på loftsplan og længdesnit vist et ventilationstårn, som siden er droppet.



### a. Temperatur i mellemzonen – uden klimatisering

Hovedtanken har været at skabe en zone, hvor passiv solvarme og læ vil give opholdsklima, selv om det er køligt og blæsende uden for.

Det vurderes at:

- Om vinteren vil temperaturen generelt svare til udetemperatur – dvs. ca. et halvt år med frostgrader.
- Tilskud fra passiv solvarme vil formentlig spille en rolle i en periode på ca. 1 måned før og efter henholdsvis forårsjævnendøgn og efterårsjævnendøgn – på de dage, hvor solen skinner.
- Her vil der givetvis være dage i april-maj og september-oktober, hvor der er en behagelig opholdstemperatur i mellemzonen.
- Om sommeren, hvor solen skinner meget og længe – selv om der ikke er midnatssol i Nuuk – vil temperaturerne i mellemzonen kunne overstige +25-30 °C, selv om temperaturen uden for ligger omkring +15 °C. Den næsten lukkede konstruktion i det nuværende projekt vil øge tendensen til overophedning.

Der mangler en anskueliggørelse af, hvor mange dage om året, at mellemzonen reelt vil være anvendelig til ophold, set i relation til den påtænkte brug (der er selvfølgelig forskel på et orangeri og så et sted, hvor man kan partere rendyr).

### **b. Luftfugtighed og risiko for skimmelsvamp**

Den grønlandske luft indeholder generelt ikke meget fugt, især ikke om vinteren, men der er store udsving.

Nuuk er et af de steder i Grønland<sup>x</sup> med mest nedbør.

De store forskelle i temperatur og luftfugtighed mellem inde og ude kan være en af årsagerne til skimmelsvamp, som der hyppigt rapporteres om i grønlandske bygninger.<sup>y</sup>

Det fremgår ikke, hvordan temperatur og luftfugtighed vil være i mellemzonen. Der er en potentiel risiko for høj luftfugtighed og kondens, og dermed også for skimmelsvamp. Rådgiverne er klar over problematikken, men der er ikke vist en samlet analyse af risici og løsningsmuligheder.

Den fugtige luft kan stamme fra:

- Varm luft fra indezonen (boligen), som indeholder mere fugt end udeluft.  
Man kunne have en mistanke om, at beboere vil vælge at lufte ud ved at åbne mod mellemzonen, i stedet for ud til det fri, især om vinteren.
- Fra den måde rummet bruges på:
  - fra mennesker og aktiviteter i rummet
  - hvis der er mange planter (som vist i projektmaterialet)
  - hvis der tørres tøj i rummet (det er angivet, at den øverste del af mellemzonen er et tørreloft)
  - hvis der opbevares meget vådt overtøj og slæbes sne ind om vinteren. Rådgiverne oplyser dog, at der er planlagt et tørreskab i mellemzonen for opbevaring af vådt overtøj
- Udefra: ved regn/blæst, og hvis der ikke er tilstrækkelig sikring mod fygesne.

Fugt og skimmel kan modvirkes med

- Effektiv ventilation og opvarmning
- Materialevalg – det kan være uorganiske materialer som fx fibercement eller aluminium (dog ikke plast), eller hygroskopiske materialer, der er mindre udsatte for skimmelvækst som fx massivt træ.

Det fremgår ikke, hvilke egenskaber de foreslåede materialer har i forhold til fugt og risikoen for skimmelsvamp.

- Polycarbonatpladerne isolerer – men er det tilstrækkeligt til at minimere risikoen for kondens på den indvendige side?<sup>z</sup>
- Hvis der opstår kondens, vil fugten typisk løbe af og samles i revner og sprækker samt hjørner, hvor der ikke er tilstrækkelig ventilation. Her vil der potentielt være grobund for skimmel, også på tværunderstøtningerne for polycarbonat pladerne.
- Kan øverste dæk (hvis beklædning svarer til gulvbelægningen) tåle det, hvis smådryp accepteres?

---

<sup>x</sup> Nedbørsmængden i Nuuk svarer til lidt mere end det danske gennemsnit. Godt halvdelen kan forventes som regn. Mere end en tredjedel af nedbøren falder i månederne juli-september.

Nuuk har dobbelt så meget nedbør som Sisimiut, og tre gange så meget som Ilulissat.

<sup>y</sup> Omfanget af skimmelsvamp er ikke videnskabeligt kortlagt, men det antages almindeligvis, at skimmelsvamp optræder hyppigt i Grønland. DTU ARTEK forbereder en kortlægning af problematikken i samarbejde med Ilisimatusarfik og SDU.

<sup>z</sup> Hvis det er tilfældet, vil der til gengæld være risiko for udvendig kondens. Det giver andre, men nok mindre, problemer.

- Beklædningen udvendigt på boligenheden?  
Det er ikke helt klar, om der er tale om brædder, OSB/ESB-plader, krydslaminerede plader (samme plader som anvendes indvendigt)<sup>æ</sup> eller cementspånplader, fordi prøvehusprojektet er revideret på dette punkt.

### **c. Klimatisering af mellemzonen – opvarmning, ventilation, evt. køling**

Som nævnt er klimatiseringen for mellemzonen ikke "løst", og derfor bygger arbejdsgruppens vurdering på en blanding af de overvejelser, man er bekendt med, samt generelle betragtninger.

Mellemzonen har et stort volumen; det omfatter flere rum ("orangeri" og værksted/bryggers samt det indbyggede "atelier" og tørreloft/teknikrum), og det rækker i højden tre etager, som er indbyrdes forbundet.

Den har to forskellige funktioner

- som tag og ydervæg omkring de nævnte rum
- som hulrum mellem regnskærmen og den egentlige klimaskærm

De to funktioner hænger sammen, og det giver vanskeligheder, når man skal løse ventilation og evt. opvarmning.

Ser man alene på hulrummet mellem regnskærm og den egentlige klimaskærm, ville en naturlig løsning være et ventileret hulrum, åbent i bunden og toppen og med et par åbninger undervejs. Det ville fungere med naturlig ventilation og skorstenseffekten.

Hvis denne løsning breddes ud til de egentlige rum, arbejder det ikke sammen med en mulig / påtænkt opvarmning. Man opholder sig primært på nederste plan, og det er dér, man gerne vil have en lidt højere temperatur. Men den termiske opdrift vil fjerne varmen herfra, og den vil lægge sig øverst i det trippel-høje rum.

Den effekt kan begrænses med en stor varmeflade med lav temperatur. Derfor har rådgiverne overvejet gulvvarme. Men med en ventilationsspalte nederst i konstruktionen tæt på gulvoverfladen vil varmetabet formentlig være betydeligt.

Det ville i givet fald være vigtigt at frostsikre et vandbåret anlæg. Det kan løses<sup>ø</sup>, men stiller krav til den fremtidige drift.

Hvis luften i mellemzonen er varmere, kan den indeholde mere fugt. Denne fugt kan kondensere i det smallere og koldere mellemrum mellem regnskærmen og klimaskærmen, og give en øget fugtbelastning her.

---

<sup>æ</sup> De krydslaminerede plader indvendigt består af 3x7 mm massivt træ, og vurderes positivt i forhold til risiko for skimmelsvamp [Lektor Birgitte Andersen, DTU Bioengineering]

<sup>ø</sup> Man har tidligere været tilbageholdende med at tillade vandbåren gulvvarme i Grønland, netop p.g.a. risikoen for frostsprængninger, hvis huse står tomme i en periode. Lavenergihuset i Sisimiut har vandbåren gulvvarme, hvor der er tilsat frostvæske til cirkulationsvandet. Det kræver at driftspersonalet eller beboerne er opmærksomme på dette og at det vedligeholdes. Det er en risiko, når man ikke helt kender den fremtidige status for drift.

Evt. kunne man i stedet overveje at el-trace rørene.

En alternativ løsning kan være helt at undlade naturlig ventilation, og alene sørge for en styret, mekanisk ventilation, evt. med varmegenvinding.

Det vil kræve, at også hulrummet mellem det to klimaskærme ventileres mekanisk. Det vil kræve en del styring at få til at fungere, og det er spørgsmålet, om det er realistisk.

Der er en potentiel risiko i forhold til, hvis rummet i fremtiden anvendes "forkert" af beboere, der ikke er bekendt med detaljerne i funktionen.

Man kunne godt få den tanke, at nogen kunne finde på at dække ventilationsspalter til, opvarme rummet og inddrage det som beboelse – især fordi selve boligen ikke er voldsomt stor.

#### **d. Lys og mørke**

Alle rum i beboelsen har mindre vinduer mod det fri, men de store vinduesarealer ligger ud imod mellemzonen, og har derfor stor betydning for dagslyset i boligen.

Det er et springende spørgsmål, om der vil lægge sig sne på polycarbonattaget om vinteren. Hvis der ligger sne på taget, vil det opleves som meget mørkt, ikke kun i mellemzonen, men også indendørs.

Det taler imod at der lægger sig sne, at der er tale om en glat og relativt skrå flade; sneen vil derfor blæse væk.

Men hvis der fx dannes udvendig kondens, vil denne kunne fryse som dråber på overfladen, og sne vil kunne hægte sig fast på disse isdråber.<sup>å</sup> Det samme vil kunne ske, hvis der lægger sig regndråber, slud eller tøsne umiddelbart før frostvejr. Vejret kan skifte hurtigt i Nuuk.

Sneen vil formentlig kun blive liggende i perioder på dage eller evt. uger, men det vil i så fald være et tilbagevendende problem.<sup>aa</sup>

Sneophobning kan undgås, hvis varmetabet er tilstrækkeligt stort til at smelte sneen. Det er energikrævende.

Der har været talt om muligheden af at el-trace de områder, hvor man ikke ønsker sneophobning. Det vil også være energikrævende.

Se også afsnittet om klimapåvirkning vedrørende sne og is.

#### **e. Funktion – brugen af mellemzonen**

Der er på tegningen vist fem funktioner af mellemzonen:

- "orangeriet"
- entre / værksted / bryggers
- "atelier"
- tørreloft
- teknikrum

Som tidligere nævnt finder arbejdsgruppen ikke at "orangeri" er en heldig betegnelse. Rummet vil være for koldt om vinteren til tropiske og subtropiske planter. Det vil i så fald kræve

---

<sup>å</sup> Lading, T. November 2015. "Sne og is på tage og tagvinduer i Grønland", notat. DTU / Artek.

<sup>aa</sup> Lavenergihuset i Sisimiut har ovenlysvinduer i en meget skrå facade (hældningen er mere stejl end hældningen på prøvehuset). De er generelt dækket helt med sne i vinterperioden, og spalteventilerne er frosset til.

opvarmning, hvilket jf foregående afsnit ikke er bare-lige. Det vil alt andet lige også øge fugtbelastningen.

Desuden tvivler arbejdsgruppen på, at dyrkning af planter i et drivhus vil være den primære anvendelse i en grønlandsk kontekst.

Den viste indretning af entre / værksted / bryggers virker velfungerende og oplagt i en grønlandsk kontekst. Der er plads til vådt overtøj, tørreskab, "grej" og mulighed for at partere fisk og fangst.

Hvis rummet er koldt, skal vandrørene eltraces.

Hvis dette rum skal opvarmes (holdes frostfrit), bør det fysisk adskilles fra resten af mellemzonen og hulrummet i den todelte klimaskærm. Det kan få store konsekvenser for især ventileringen af dette rum og resten af mellemzonen/hulrummet.



*Tekst til illustration:*

*I Sydgrønland er der en tradition for at dyrke planter, men det aftager, jo længere nordpå man kommer. Det er i høj grad danskerne, der dyrker tomater i vindueskarmen og evt. får sig et drivhus.*

*GTO (Grønlands Tekniske Organisation) udviklede på et tidspunkt et standardtypehus med havestue, netop for at give mulighed for at dyrke egne grøntsager. Det blev dog aldrig den helt store succes blandt grønlænderne.*

## **f. Brand**

Det bør vurderes, om det sammenhængende rum i flere etager<sup>bb</sup> vil øge risikoen for spredning af brand i en sådan grad, at der bør træffes særlige foranstaltninger.

---

<sup>bb</sup> Det er et åbent spørgsmål, om huset skal betragtes som et 2-etagers eller et 3-etagers hus. Det kan få betydning for, hvordan det skal brandsektioneres.

### 3. Konstruktioner

#### Resumé af arbejdsgruppens vurdering

Arbejdsgruppen finder en række konstruktive problemer i prøvehuset.

Det vurderes dog som muligt at dimensionere det antydede system, således at huset er stabilt overfor vindlast og kan bære belastning fra sne.

Der er ikke fremlagt en dimensionering af selve husets konstruktion, men det er oplyst, at dette udbydes som et funktionsudbud.

Det må vurderes at være uhensigtsmæssigt at udbyde prøvehusprojektet med funktionsudbud.

Det må være konceptudviklernes / rådgivernes ansvar at detaljere de løsninger, som man ønsker afprøvet, for at få det samlede koncept og løsningerne til at fungere.

Der er foreskrevet en ydervægskonstruktion med en plade som dampbremse i stedet for en traditionel dampspærre. Arbejdsgruppen vil ikke anbefale denne konstruktion – heller ikke som forsøg - i denne sammenhæng.

Dels er der generelt usikkerhed om konstruktionen, og i et arktisk klima er der større risici.

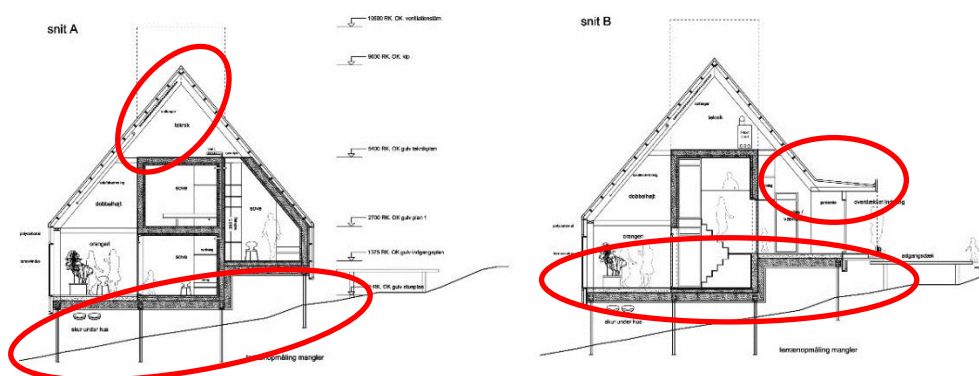
Desuden er der i forvejen mange forsøgselementer i prøvehuset, og det kan være svært at sikre, at alle kommer i mål.

Samtidig kan man risikere en situation, hvor det efterfølgende kan være svært at identificere årsager til eventuelle fejl og misfunktioner, fordi de mange samtidige forsøg kan give et mudret billede af årsagssammenhængen.

Vedrørende opbygningen af klimaskærm samt montering og sammenbygningsdetaljer henstår ligeledes en række uafklarede spørgsmål. Også her anses det for uhensigtsmæssigt at overlade detaljeringen til entreprenør og producenter. Løsninger på et isoleret problem vil ikke nødvendigvis fungere i den samlede helhed.

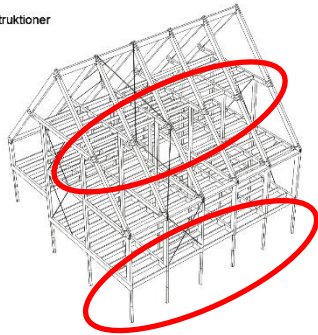
Derfor vil det være hensigtsmæssigt, at prøvehusprojektet er detailudviklet under rådgivernes ansvar, inden det sendes i udbud.

#### Arbejdsgruppens bemærkninger

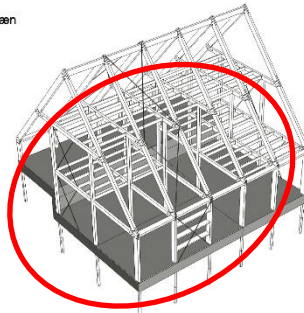


De røde markeringer angiver de kritiske punkter.

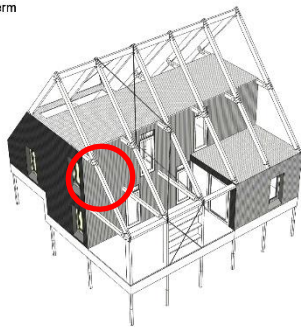
Bærende konstruktioner



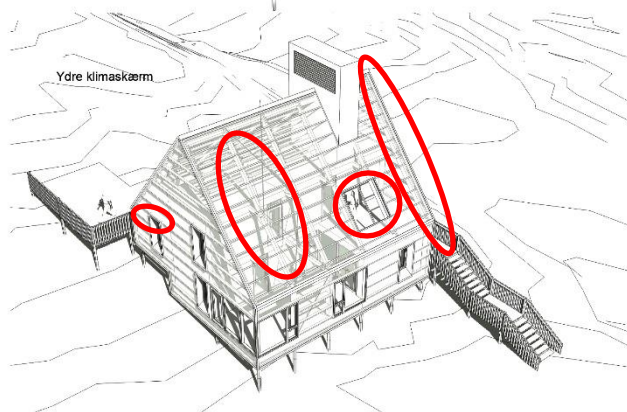
Dæk mod terræn



Indre klimaskærm



Ydre klimaskærm



**Ydre klimaskærm (se beskr.):**

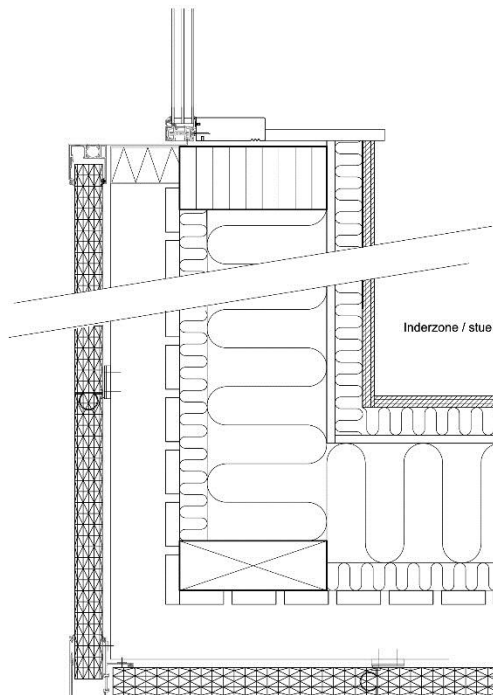
Polykarbonat plader, monteret med clicksamling  
Regler 125x50mm C-C 765mm  
Faste og gående glaspartier 3-lags termoglas i alu-alu  
mod mellemzonen og træ-alu partier mod inderzonen  
Inddækninger, løskanter etc. i rå alu.

**Ydervægge:**

Udføres som BD30  
Lodret bræddebeklædning med åben fuge  
Diffusionsåben dug  
Træregler  
Spærfag / træuldisolering 267mm  
ESB plader, samlinger udføres lufttætte med not og fer,  
tættes med fugetape.  
Træregler / isolering 50 mm  
Bræddebeklædning med 21mm 3-lags krydsslimelede plader

**Bemærkninger [red.]:**

- Udvendig beklædning er så vidt vides ændret til en pladebeklædning.  
Åben bræddebeklædning + dug er ikke BD30.
- Træuldisolering er ændret til træfiberisolering.
- ESB-plader er OSB-plader fra en tysk producent, med særlige dampbremsende egenskaber.



**Kritiske punkter er:**

- Fundering
- Dæk
- Overbygningen (konstruktionen og den ydre klimaskærm)
- Polycarbonatfacade og -tag
- Opbygning af ydervægge, herunder dampbremse/dampspærre
- Sammenbygningssdetajler

**a. Fundering**

Prøvehuset er punktfunderet.

Punktfundering var tidligere den mest anvendte fundering til småhuse i Grønland.

I dag foretrækker man betonfundamenter, støbt i en såkaldt krakkemutforskalling (dvs. en forskalling, der følger klippen). Det har dels konstruktive årsager, dels foretrækker folk generelt et lukket rum under husene. Det giver opbevaringsplads, og det reducerer træk og fodkulde. Det skal dog bemærkes, at det også giver øget risiko for skimmel (hvilket er hyppigt).

Punktfunderede huse bliver ofte (= næsten altid) inddækket af beboerne, hvilket er et tydeligt træk i byer og bygder. Kun få huse får lov til at stå med et åbent fundament.

Kældre, der ikke er udført byggeteknisk korrekt og med den fornødne ventilation, kan være medvirkende årsag til skimmelsvamp.<sup>cc</sup>

Prøvehuset er punktfunderet på stålsøjler. Problemerne med denne konstruktion er flere:

- Der er antydning tværafstivninger i form af diagonaler. Denne konstruktion vil først være stabil, når dækket over terræn er etableret, da dette skal fungere som træk- og trykstænger for diagonalerne.
- Dækket må integreres i stålsøjler og diagonaler for at gøre fundamentet stabilt – dette er en kritisk løsning.
- På et meget ujævnt terræn er det vigtigt at kunne justere og tilpasse fundamentet. De galvaniserede stålprofiler skal således tildannes på stedet, hvilket medfører svage punkter i rustbeskyttelsen.
- Hvis stålprofilerne skal støbes fast i borede huller i klippen, virker det ikke helt i overensstemmelse med ideen om det begrænsede "fodspor".
- Der er generelt ikke den store erfaring med stålarbejde, som kun anvendes i begrænset omfang i byggesektoren. Fejl sker ofte, hvis branchen skal håndtere uvant arbejde og det ikke er muligt at tilkalde kvalificeret arbejdskraft udefra.

Man kunne have valgt en teleskopløsning for stålsøjler for at undgå tilpasning på stedet.

Man kunne også have overvejet fundering på træstolper, monteret i stolpesko. Det er let at tilpasse, og en kendt teknik i Grønland.

---

<sup>cc</sup> Det er således i overensstemmelse med anbefalingerne, at der er åbent under huset i projektet.

Arbejdsgruppen kan dog være bekymrede for, om fremtidige beboere alligevel vælger at følge traditionen og lukke omkring funderingen. Man kunne alternativt fra starten tænke en løsning ind, der skærmer, men stadig har den fornødne åbenhed og er byggeteknisk i orden.

Der er på tegningerne vist / antydning et skur under en del af huset. Afskærmning og funktion af dette bør afklares.

### **b. Dæk**

(Dækket i de underste etager - ikke etagedæk).

Dækkonstruktionen er beskrevet, men ikke om det er tænkt som elementer eller en insitu konstruktion.

Dækket er en kritisk konstruktion, idet det skal udgøre platform for konstruktion af hele overbygningen, og samtidig fungere som afstivning for fundamentet.

Et dæk udgør en potentiel risiko for byggefugt, fordi det vil stå uafdækket i en længere periode, indtil overdækningen er etableret. Med et træbaseret dæk, og ikke mindst med træfiberisolering, er der risiko for udvikling af skimmelsvamp.

Det bemærkes, at konceptet med den lette overdækning burde give en oplagt mulighed for at kunne bygge selve boligenheden i et beskyttet miljø, og dermed undgå byggefugt. Det ville være en kærkommen løsning til grønlandske forhold, hvor den korte sæson for udendørsbyggeri netop ofte giver problemer.

Derfor er det ærgerligt, at denne mulighed ikke er udviklet.

### **c. Overbygningen**

Overbygningen består af limtræsrammer, som er samlet af præfabrikerede komponenter med stålbeslag (så vidt det kan ses). Længdestabiliteten klares med slappe diagonaler i tagflade og facader. Der mangler dog trykstænger en del steder.

Limtræsrammerne er placeret pr. 2,1 m. Den ydre klimaskærm bæres af træåse, der spænder mellem rammerne. Disse kan formodentlig fungere som trykstænger for de slappe diagonaler. Tværstabiliteten kan klares af limtræsrammerne, hvis der udformes momentstive hjørner. Der er også vist slappediagonaler i gavlene til optagelse af tværkræfterne.

Der er ikke fremlagt en dimensionering af selve husets konstruktion, men det er oplyst at dette udbydes som et funktionsudbud.

Det vurderes, at det vil være muligt at dimensionere det antydede system, således at huset er stabilt overfor vindlast og kan bære belastning fra sne.

Der er dog erfaring for, at limtræskonstruktioner revner på Grønland som følge af de lave fugtigheder om vinteren. Da konstruktionen er integreret i klimaskærmen, kan der også opstå fugt- og temperaturbetingede deformationer. Det er formentlig primært et æstetisk forhold, og ikke et konstruktivt.

### **d. Polycarbonatfacade og -tag**

Fastgørelsen af polycarbonatpladerne er beskrevet som et "add-on system", men det er ikke nærmere defineret. Det er formentlig et beslagsystem, udviklet af producenten.

Det er ikke dokumenteret, at plader og montering er dimensioneret til de grønlandske normer for vindlast.<sup>dd</sup>

Producenten af polycarbonat har øjensynlig ikke anvisninger for anvendelse af pladerne som tagbeklædning.<sup>ee</sup>

---

<sup>dd</sup> Jf de grønlandske forskrifter <http://www.byginform.gl/da-dk/lovgivning/forskrifter.aspx>

<sup>ee</sup> <http://www.gallina.it/en/index.php>

Bevægelserne på polycarbonatpladerne har arbejdsgruppen beregnet til ca. 2,5 cm (Møller) i længderetningen. Det stiller ganske store krav til befæstigelse og kantprofiler, der skal kunne følge med disse bevægelser.

Det ses ikke, hvordan det løses.

#### **e. Opbygning af ydervægge, herunder dampbremse/dampspærre**

Den foreslåede ydervægskonstruktion for boligboksene synes at indeholde flere kritiske punkter.

Det er i første række en udførelse uden egentlig membran (dampspærre), der bekymrer.

I princippet kan man godt udføre en konstruktion med en dampbremse (plade) i stedet for en traditionel dampspærre. Konstruktionen vurderes imidlertid at være meget afhængig af korrekt udførelse, herunder ikke mindst samlingsdetaljerne, som ikke ses løst.

Der er foreskrevet en "lufttæt samling med fer og not" – hvordan skal det sikres, at den er lufttæt? Hvordan vil man sikre tætte samlinger i hjørner og mellem tilskårne plader, hvor der ikke er fer og not? Hvordan vil man sikre tætte samlinger mod vinduer og døre? Hvordan arbejder plader og tætningstape sammen? Holder tapen på pladerne?

Det vurderes ikke som uladsiggørligt, men som i praksis meget vanskeligt, fordi det vil være krævende for både håndværkere og tilsyn. Grønlandske håndværkere er generelt dygtige til at bygge tæt med almindelig dampspærre, men det er næppe den rigtige kontekst til at afprøve helt nye metoder, som heller ikke er kendt blandt danske håndværkere eller hos rådgiverne. Det kræver endvidere en grundig detailprojektering.

Arbejdsgruppen kender ikke de tyske ESB-plader, og havde vanskeligt ved at finde dem på nettet. Arbejdsgruppen er usikker overfor pladernes dampbremsende effekt, og ikke mindst dens holdbarhed. Så vidt det kan konstateres, er ESB-plader det samme som OSB, men blot fra en bestemt producent.

SBI har undersøgt anvendelse af træfiberisolering i Nordsverige og Finland, og skriver blandt andet:

"De finske og svenske konstruktionseksempler isoleret med cellulosefyld er karakteriseret ved, at dampspærren er erstattet af en dampbremse eller en luftspærre (membran der har til hensigt at sikre lufttæthed). Erstatning af dampspærren med en dampbremse med en lavere vanddampdiffusionsmodstand vil i kolde perioder alt andet lige betyde et højere, om end ikke nødvendigvis kritisk, fugtindhold i konstruktionernes ydre dele." [red. fremhævnin]<sup>ff</sup>

På baggrund af ovennævnte betragtninger finder arbejdsgruppen det mere sikkert at udføre en konstruktion med en traditionel dampspærre. Det vil være en fordel for en tæt udførelse af de tapede samlinger, at dampspærren udføres på underlag af netop OSB-pladerne. Det vil være lettere at udføre tætte hjørner, hvis en membran kan bøjes om hjørnet og samles på en plan flade, frem for at skulle tapes i hjørnesamlingen. En membran vil også lettere kunne optage de revner, der vil komme som følge af husets bevægelser, herunder fugtbetingede deformationer.

---

<sup>ff</sup> Hjørlev Hansen, M., Skibstrup Eriksen, S. 2000. "Brug af alternativ isolering i Finland og Sverige", s. 49. SBI-meddelelse 127. Statens Byggeforskningsinstitut.

Et af argumenterne for konstruktionen uden dampspærre (ikke mindst i kombination med træfiberisolering) er "det åndbare hus", dvs. et hus, hvor den indefra kommende fugt kan diffundere ud gennem konstruktionen.

Arbejdsgruppen finder, at der formentlig sker en sammenblanding mellem begreberne diffusionsåbenhed og hygroskopi<sup>gg</sup>. Arbejdsgruppen er enig i, at det vil være en fordel for indeklimaet, såfremt der er en høj grad af hygroskopiske overflader. Det vil virke stabiliserende på luftfugtigheden og reducere risikoen for skimmelsvamp. Det vurderes, at de krydslimede plader, der er tænkt anvendt som indvendig beklædning på alle overflader, som udgangspunkt vil være hygroskopiske.<sup>hh</sup>

Hvis man ønsker at teste en konstruktion uden dampspærre, kan det ske i et af de "forsøgsskure" med styret indeklima, som er planlagt sideløbende med prøvehuset.

#### **f. Sammenbygningsdetaljer**

Som nævnt i afsnittet om klimapåvirkning er sammenbygningsdetaljerne erfaringsmæssigt de punkter, der ofte giver problemer i Arktis p.g.a. påvirkningen fra stærk vind, is og sne.

- Sammenbygning mellem et let pladetag og ovenlysvinduer vil efter arbejdsgruppens opfattelse ikke kunne holdes tæt, jf tidligere bemærkninger.
- Sammenbygningen mellem det lette pladetag og halvtaget over indgangen er et vanskeligt punkt, ikke mindst fordi der vil lægge sig sne på halvtaget.
- Hvordan løses sammenbygningen mellem de almindelige vinduer / døre og polycarbonaten, uden at der opstår punkter, hvor der kan lægge sig sne og vand med risiko for indtrængning i konstruktionen? Der er vist detaljer for de fleste andre knudepunkter, men ikke for netop dette kritiske punkt.
- Sammenbygningen mellem panelerne i polycarbonatfladen vil formentlig ikke kunne holde tæt, medmindre de allerede fra starten fuges med silicone. Se s. 37 vedrørende reference fra en polycarbonatvæg i Nuuk.
- Dette vil imidlertid gøre det endnu vanskeligere senere at udskifte enkelte paneler, hvis disse beskadiges.

Det er ikke kun et problem hvordan konstruktionen samles, men også hvordan den kan skilles ad igen, fx i forbindelse med reparationer.

Der er en risiko for, at polycarbonatpanelerne vil kunne blive udsat for hærværk, fx hvis huset står tomt<sup>ii</sup> – men det er ikke til at se, hvordan et enkelt panel kan udskiftes, i hvert fald ikke uden at det vil gå ud over samlingen. Danske erfaringer med polycarbonatplader fra blandt andet sports- og kulturhuset Prismen på Amager viser, at disse har en begrænset slagfasthed. Derfor må det påregnes, at udskiftning vil være relevant.<sup>jj</sup>

---

<sup>gg</sup> Hygroskope materialer kan optage og afgive fugt.

<sup>hh</sup> De kan ikke males eller lakeres – så forsvinder evnen til at optage og afgive fugt. De kan ludbehandles som foreskrevet.

<sup>ii</sup> Der er flere erfaringer med tilsvarende hærværk i Grønland – blandt andet master, som der blev skudt til måls efter. Det ses også, at der bliver smidt sten på tage på erhvervsbygninger, der ligger under fx en klippekold.

<sup>jj</sup> Adspurgt på workshop svarer rådgiverne, at de ikke kender dette projekt og erfaringerne herfra. Det ville formentlig være en fordel, hvis man havde undersøgt (eller undersøget) relevante referenceprojekter.



*Prismen – kommunalt sports- og fritidscenter på Amager, arkitekt Dorte Mandrup  
Her er der anvendt polycarbonat i såvel facader som tag.*

*[Foto fra [www.dortemandrup.dk](http://www.dortemandrup.dk)]*



*Nylige nærbilleder af den 10 år gamle facade.*

*At pladerne ikke er tilstrækkeligt slagfaste ses dels ved flere mindre mærker, dels hvor et dørhåndtag er banket op i væggen og har slået hul i en plade. Pladerne var oprindeligt hvide, men er med tiden gulnet i kanten og fremstår derfor med lodrette striber formentlig en følge af UV bestråling.*

*Bemærk, at panelerne er samlet med alu-profiler, i modsætning til de "click-samlinger", der tænktes anvendt på prøvehuset. Der må være erfaringer, som gør at man har valgt denne løsning her.*

*Valget af monteringsmetode har betydning for muligheden for senere udskiftning af beskadigede plader.*



*Man kan diskutere arkitekturen i projektet, og have forskellige meninger om den. Umiddelbart finder arbejdsgruppen, at huset er smukt i mørke, når det er oplyst, og indefra (ikke vist her) – men materialet ældes ikke med ynde, og det vinder ikke ved at blive set tæt på i dagslys.*

*[Fotos: Eva Møller]*

## 4. Materialer

Her er kun kommenteret på de materialer, der er atypiske eller utraditionelle i forhold til sædvane, samt på materialer / bygningsdele, som nok er "sædvanlige", men giver anledning til bemærkninger p.g.a. den sammenhæng, de indgår i.

De "utraditionelle" materialeløsninger er:

- Polycarbonat som overdækning og udvendig beklædning
- Træfiberisolering
- Beklædning udvendig på boligenheden.
- Krydslimede plader til vægge, lofter og gulve

De "sædvanlige" løsninger, hvor der er bemærkninger, er døre og vinduer.

### **Resumé af arbejdsgruppens vurdering**

#### ***Polycarbonat***

Arbejdsgruppen finder ikke, at projektmaterialet anviser den fornødne dokumentation eller godtgør, at polycarbonat egner sig de givne forhold.

Det er især vindlast, tæthed og brandsikkerhed, der er alvorlige punkter.

#### ***Træfiberisolering***

Arbejdsgruppen har svært ved at se begrundelsen for at anvende et materiale som træfiberisolering. Det gælder især i forhold til risikoen for skimmelsvamp i et klima, hvor netop dette er et udpræget problem.

Dertil skal lægges, at der i Grønland ingen tradition er for løsfyldsisolering og derfor næppe hverken udstyr eller kompetencer til udførelsen.

Arbejdsgruppen har overvejet de brandtekniske forhold i forhold til isoleringen. Træfiberisolering er ikke i samme brandklasse som mineraluld, men kan/skal pakkes ind, så det lever op til kravene. Det er muligt at gøre. Men set i relation til de bemærkninger, som er givet til de brandtekniske forhold for den samlede konstruktion<sup>kk</sup> (og her ikke mindst polycarbonatpladerne), ville arbejdsgruppen også af brandtekniske årsager anbefale mineralsk isolering.

#### ***Beklædning på udvendig side af boenheden***

Det anbefales at vælge en fast plade som vindstopper i stedet for en dug. Det kunne være en fibercementplade, som har høj pH-værdi og derfor er forholdsvis skimmelresistent (hvilket ser ud til at være gjort i beskrivelsen, der afviger fra tegningen).

#### ***Krydslimede plader til vægge, gulve og lofter***

De krydslimede plader er en 21 mm trelags træplade.

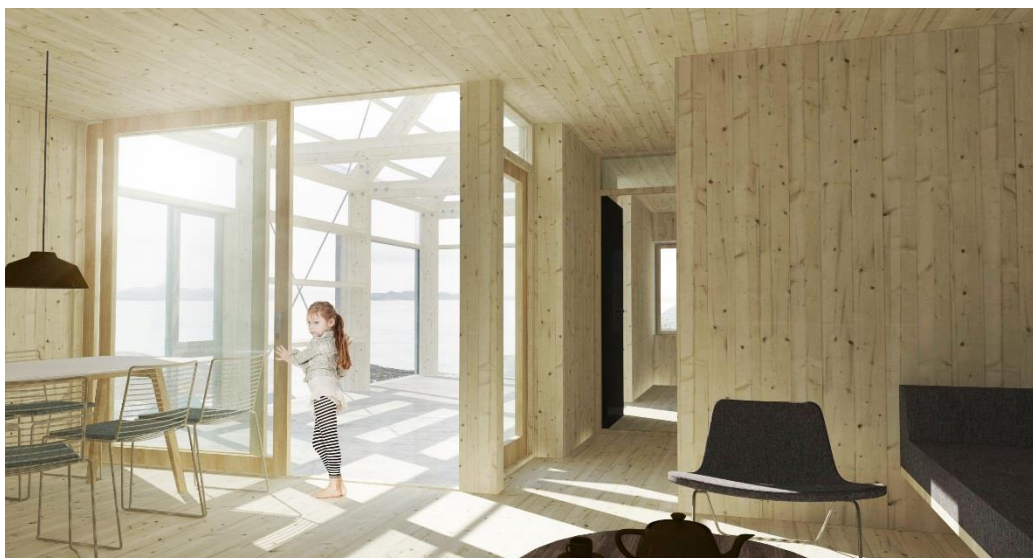
Man må antage, at pladerne vil være mere stabile end massivt træ i forhold til fx udtørring, og at de stadig – p.g.a. lagtykkelsen – vil have en række af de fordele, som massivt træ har. Det skal dog sikres, at formaldehydafgivelsen ikke overskrider WHO's grænseværdi.

---

<sup>kk</sup> Notat af 18.08.16 fra møde vedr. brandforhold mellem red. og Grunde Joomas, lektor på DTU og ekspert i brand.

### **Døre og vinduer**

Aluminium til vinduer og døre har visse ulemper i Grønland, selv om der også er fordele. Arbejdsgruppen anbefaler, at man rådfører sig med de grønlandske rådgivere og deres erfaringer.



*Illustrationen viser et kig fra køkken/alrummet ud i mellemzonen. Den viser også, hvordan vægge, gulve og lofter er beklædt med træ (krydslimede plader).*

### **Arbejdsgruppens bemærkninger**

#### **Arbejdsgruppen har bemærkninger til følgende materialer / bygningsdele:**

- Polycarbonatpladerne
- Træfiberisoleringen
- Beklædning under regnskærmen
- Krydslimede plader til vægge, gulve og lofter
- Døre og vinduer

#### **a. Polycarbonatpladerne**

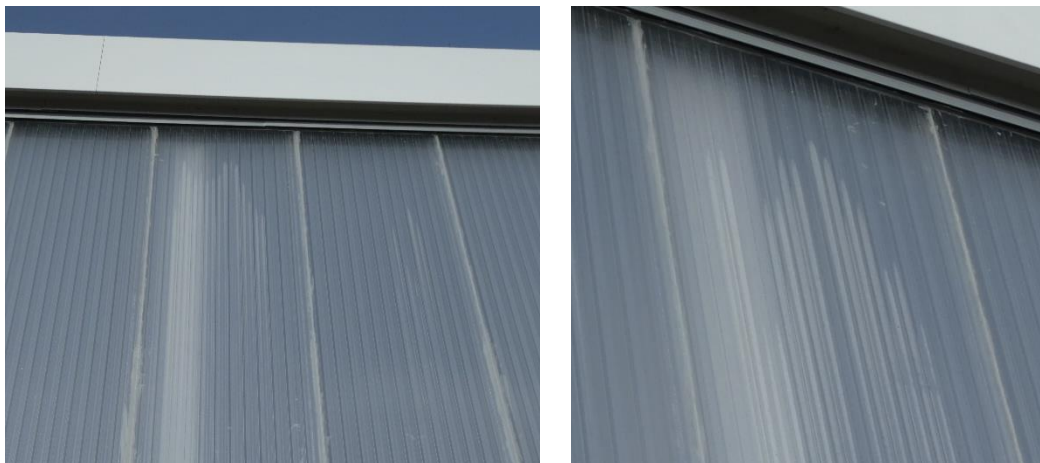
Der har været nævnt flere forhold omkring polycarbonatpladerne i de øvrige afsnit, så her kommer blot nogle supplerende bemærkninger samt en opsummering.

Polycarbonatpanelerne er flerlags kanalplader. Kanalerne skal tætnes, så der ikke trænger fugtig luft ind. Det gøres ved at forsegle dem med en særlig tape.

Arbejdsgruppen er ikke overbevist om holdbarheden af denne tape – og igen især ikke under arktiske forhold. Det forekommer umiddelbart vanskeligt at udføre en sikker endeforsegling af en kanalplade in situ med tape.

Kondens i kanalerne er i sig selv uheldigt, fordi det går ud over gennemsigtigheden i pladerne. Derudover udgør det potentielt en risiko for, at der kan udvikles skimmel eller algevækst inde i kanalerne.

I udbudsmaterialet fra februar 2016 har rådgiverne foreskrevet, at der skal garanteres 20 års holdbarhed på polycarbonatpladerne. Det virker ikke realistisk, i og med at pladerne ikke er testet og dokumenteret under arktiske forhold. Det vil i givet fald være en garanti uden dækning.



*Disse billeder er fra referencen: den skrå facade på ambulancemodtagelsen på hospitalet i Nuuk. Der er tydelig kondens i kanalerne på nogle af pladerne. Det tyder på, at den forseglende tape enten er utilstrækkelig, eller ikke er udført korrekt. Det gør knap så meget her, fordi det er et tag på en garage. Men på prøvehusets klare tag vil det være meget synligt. [Foto: Tove Lading]*

Samlet set har arbejdsgruppen følgende anmærkninger til polycarbonatpladerne:

- Vindlast – kan de klare de grønlandske normer?
- Tæthed i samlingerne overfor slagregn og smeltevand fra sne
- Kan monteringsmetoden klare de store termiske bevægelser i materialet samt vindlast?
- Sammenbygning med øvrige bygningsdele (døre, vinduer m.m.)
- Udskiftning af enkelte paneler (i tilfælde af skader).
- Risiko for indvendig eller udvendig kondens
- Risiko for kondens i kanaler
- Holdbarheden af forseglingstapen.
- UV-bestandighed, herunder om den særlige film kan modstå støvstorme og is?
- Dokumentation for anvendelsen som tagbeklædning.
- Hvad er den sandsynlige holdbarhed?
- Referencer fra anvendelse under sammenlignelige vejrforhold.
- Brandklassifikation.

### **b. Træfiberisolering**

Træfiberisolering er et relativt nyt produkt på det danske marked, og arbejdsgruppen har ikke et grundigt kendskab til det.

Træfiberisolering er en løsfyldsisolering. Fugtindholdet er typisk 12-14% til 18%, afhængig af (dansk) årstid.<sup>11</sup> Produktet brandsikres med ammoniumpolyfosfat (ca. 2,5-5 % vægt).

---

<sup>11</sup> Oplysninger fundet fra flere kilder, ved at søge på "træfiberisolering" på nettet.

Ammoniumpolyfosfat er uorganisk salt af polyfosforsyre og ammoniak. Jf Miljøstyrelsen er det effektivt som brandhæmmer, og anses normalt for ufarligt i forhold til sundhed og miljø. Det har en lav opløselighed i vand<sup>mm</sup>.

Det oplyses, at konstruktioner med træfiberisolering eventuelt kan give lugtgener (af ammoniak eller urin), hvis de er udsat for fugt<sup>nn</sup>.

Ammoniumpolyfosfat anvendes også som gødningsstof. Det betyder, at det også kan nære mikroorganismer, og således ikke har nogen fungicid effekt<sup>oo</sup>. Sveriges Provnings- og Forskningsinstitut har testet et træfiberisoleringsprodukt i forhold til skimmelresistens. Prøvningsrapporten viser, at produktet på alle prøver bedømmes til karakteren 4<sup>pp</sup> ud af 5 mulige, hvor 0 er bedst og 5 er værst. Det konkluderes dog, at isoleringsmaterialet ikke angribes kraftigere end den trækonstruktion, det er indbygget i. <sup>qq</sup>

Ifølge en producent, Thermocell, skal ydervægskonstruktioner udføres med et lufttæt lag på den indvendige side<sup>rr</sup>. Jf bemærkninger til konstruktioner anses det ikke for sikkert, at konstruktionen kan udføres lufttæt alene med plader (uden dampspærre).

Thermocell oplyser, at produktet er godkendt som brandklasse B materiale<sup>ss</sup>. Hermed menes sandsynligvis brandklasse D-s2,d2 efter det nye klassificeringssystem.

Træfiberisolering er et løsfyldsprodukt. Løsfyld blæses ind, en teknik der i Danmark primært anvendes til efterisolering af hulmure samt indblæsning på lofter.

Da grønlandske huse ikke er bygget med lofter og hulmur, er det formentlig ikke en teknik, man kender i Grønland, og der findes formentlig heller ikke hverken certificerede entreprenører eller udstyr til indblæsning. Dvs. at man skal påregne at importere såvel udstyr som udførende, hvis huset skal isoleres med løsfyld.

SBI-informationen om isolering i andre nordiske lande nævner tillige, at man her normalt er meget opmærksom på at krydslægge konstruktionen. Det betyder at løsfyld ved indblæsning når ud i hele hulrummet. Den danske håndværkstradition er at anvende løsholter i trækonstruktioner. Er det tilfældet, kan løsfyldet ikke fordele sig.<sup>tt</sup>

---

<sup>mm</sup> Miljøstyrelsens hjemmeside:

<http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2003/87-7614-040-7/html/kap10.htm>

<sup>nn</sup> I flg. Tommy Bunch-Nielsen

<sup>oo</sup> Dette i modsætning til borsalte, der også anvendes som brandhæmmer i blandt andet papirisolering. Bor har en kraftig fungicid effekt, hvilket er en fordel i de organiske isoleringsprodukter. Bor er dog på EU's liste over stoffer, der skal udfases. Det er karakteriseret som reproduktionstoxisk.

<sup>pp</sup> Karakteren 4: "Riklig påväxt över hela materialet eller fläckvis kraftig påväxt på materialet, mellan fläckarna förekommer påväxt i mindre omfattning"

<sup>qq</sup> Tobin, L. og Johansson, P. 2002. *P200064. Provning av mögelresistens*. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut / Byggnadsfysik. <http://www.thermocell.dk/download-3.html>

<sup>rr</sup> <http://www.thermocell.dk/download-5.html>

<sup>ss</sup> <http://www.thermocell.dk/> - oplysningen står som nyhedsbanner på forsiden d. 23.10.16.

<sup>tt</sup> Hjorslev Hansen, M., Skibstrup Eriksen, S. 2000. "*Brug af alternativ isolering i Finland og Sverige*", s. 49. SBI-meddelelse 127. Statens Byggeforskningsinstitut

### **c. Beklædning på udvendig side af boenheden**

Som nævnt under diskussionen om skimmelrisiko i mellemzonen, er der en vis usikkerhed om, hvad der rent faktisk er valgt som udvendig beklædning. Der er tilsyneladende sket revisioner på dette punkt.

Det vurderes som mere sikkert at vælge en plade som vindspærre frem for en dug. Det kunne være en fibercementplade, der som udgangspunkt vil have en høj pH-værdi og derfor er forholdsvis skimmelresistent. Med tiden vil pH-værdien aftage, men pladen vurderes også da at være mere skimmelresistent end et organisk materiale ville være. Af nyeste revision af projektmaterialet fremgår det, at man tilsyneladende foretrækker en cementspånplade (denne vil sandsynligvis være anvendelig).

### **d. Krydslimede plader til vægge, gulve og lofter**

De krydslimede plader er en 21 mm trelags træplade. De anvendes som indvendig beklædning på både gulv, vægge og lofter.

Man må antage, at pladerne vil være mere stabile end massivt træ i forhold til fx udtørring, men at de stadig – p.g.a. lagtykkelsen – vil have en række af de fordele, som massivt træ har med hensyn til hygroskopiske egenskaber og en vis grad af skimmelresistens (på trods af, at det er et organisk materiale).

Det skal dog sikres, at formaldehydafgivelsen ikke overskrider WHO's grænseværdi. Det valgte produkt overholder de europæiske grænseværdier for formaldehydafgivelse. Det skal dog bemærkes, at hvis materialer, der afgiver formaldehyd, anvendes i ubehandlet form både på gulv, væg og lofter, kan det betyde at WHO's grænseværdi overskrides. Dette selvom materialet i sig selv overholder grænseværdien. Selv hvis afgivelsen er væsentlig lavere end den maksimale grænse, kan den resulterende grænseværdi blive overskredet.<sup>uu</sup>

Undersøgelsen, der påviste problemet, indeholdt målinger for flere forskellige byggevarer og viste, at for de krydsfinerplader, der blev målt på, var formaldehydafgivelsen væsentlig lavere end det maksimalt tilladte. Muligvis gør det samme sig gældende for de plader, der er anvendt i dette projekt. Forholdet bør dog kontrolleres.

### **e. Døre og vinduer**

Der er foreskrevet gående rammer i rå alu for vinduer ud til det fri, og i træ/alu ud mod mellemzonen.

Erfaringen siger, at man skal overveje anvendelsen af aluminium i forbindelse med vinduer og døre i Grønland flere gange p.g.a. risikoen for kuldebroer<sup>vv</sup> samt risiko for deformationer som følge af påvirkning fra vejr og vind. Det er ikke noget tilfælde, at GTO i 60'erne og 70'erne udviklede et særligt Grønlands-vindue, med kraftige rammer og særligt stærke beslag.

---

<sup>uu</sup> Kolarik, B., Gunnarsen, L., Winther Funch, L. 2010. *Afgivelse af formaldehyd fra byggevarer og forbrugerprodukter; SBI 2010:09*, s. 5. Statens Byggeforskningsinstitut.

<sup>vv</sup> Lavenergihuset i Sisimiut har træ-aluvinduer. Der er målt kuldebroer på rammer og karme: -12 °C på alubundstykket i altandøren ved -15 °C uden for – og dørgrebet når sjældent op på to cifrede varmegrader om vinteren.

Vinduer og døre, der åbnes i blæsevej, kan fanges af vinden og blive slået hårdt op mod væggen. Sker det for et vindue med aluminium, er der risiko for at alu-profilerne kan blive slået skæve. Det kan gøre det svært at lukke vinduet igen, og det kan være svært at reparere<sup>www</sup>. En træramme derimod kan få et hak, men den bliver ikke på samme måde slået skæv, og den kan repareres.

Der anvendes også træ/alu-vinduer i Grønland, blandt andet til etagehuse, fordi de ikke skal males udvendigt. De grønlandske rådgivere har erfaring for, at nogle produkter egner sig bedre til grønlandske forhold end andre.

Der er vist en stor skydedør fra køkken/alrummet ud til mellemzonen.

Der er eksempler på, at den type døre i Grønland bliver skæve p.g.a. store forskelle i fugt mellem ude og inde.

---

<sup>www</sup> Det skete også i Lavenergihuset. Under et stormvejr blev altandøren åbnet. Vinden fangede døre og slog den op med en sådan kraft, at fastholderbeslaget blev slået af og slået skævt, og døren var nær aldrig blevet lukket igen.

## 5. Brand

Prøvehuset er brandteknisk kompliceret. Der er tale om et nyt designprincip, med materialer anvendt på en ny måde – og materialer, der ikke entydigt har de bedste brandmæssige egenskaber.

Samtidig er der kommet nye brandklassifikationer, der erstatter de gamle BD- og BS-betegnelser, som var kendt i branchen.

I dag skal det enkelte produkt have en godkendelse, der er således ikke tale om, at polycarbonat har en generel klassifikation, men at fx produktet Arcowall 5613 skal kunne fremvise en.

### Arbejdsgruppens bemærkninger

Nedenstående bemærkninger bygger på et notat fra et møde med Grunde Jomaas<sup>xx</sup> samt oplysninger hentet fra producenten<sup>yy</sup>:

Polycarbonat som Arcowall 5613:

- Klassificeret som s1,d0, dvs. i den næst(eller tredje-)bedste kategori, med begrænset røgudvikling og ingen risiko for dråber (smeltet materiale).
- Polycarbonatpladerne har en brandklassifikation EuroClass B-s1,d0, hvilket svarer til den gamle "klasse A materiale".
- Den gamle "klasse 1 beklædning" svarer til ny klassifikation som K1 10 B-s1,d0, hvor 10-tallet definerer den tid, hvor konstruktionen kan modstå brand. K definerer brandbeskyttelsesevnen.
- Der vil formentlig være et krav fra myndighederne om en K-klassificering, når materialet anvendes som tag og udvendig beklædning.  
Polycarbonat har ikke et K i brandklassifikationen<sup>zz</sup>.
- Polycarbonat er formentlig ikke brandklassificeret som tagbeklædning.  
Tagbeklædning klassificeres ikke alene, men som del af en samlet tagkonstruktion (Broof(t2) i Norden).
- Polycarbonat er formentlig ikke brandklassificeret på underlag af træ.
- Det er vanskeligt umiddelbart at finde krav til klassificering til en konstruktion som i prøvehuset, netop fordi den er ny.

Det er således ikke afklaret, om polycarbonat brandmæssigt kan godkendes i de konstruktioner, der anvendes i prøvehuset.

---

<sup>xx</sup> Notat af 18.08.16 fra møde vedr. brandforhold mellem red. og Grunde Joomas, lektor på DTU / University of Edinburgh og ekspert i brand.

<sup>yy</sup> <http://www.gallina.it/en/index.php>

<sup>zz</sup> Hvilket også bemærkes fra Selvstyrets Departement for Boliger i en mailkorrespondance med rådgiverne.

Selvstyrets Departement for Boliger nævner i en mailkorrespondance, at rådgiverne fx kunne indhente en udtalelse fra DTUs brandeksperter om de særlige brandforhold.

I forhold til en større bebyggelse er vurderingen følgende<sup>ææ</sup>:

- Den største betænkelighed i dette tilfælde er ikke risiko for mennesker, men derimod for, om der – populært sagt – vil opstå et stort bål, som kan være vanskeligt at slukke.
- Selv om polycarbonat ikke afgiver røg eller dråber, kan det godt nære en brand. Der er bundet ganske store mængder energi i et plastmateriale.
- Der er en potentiel risiko for brandsmitte i en større bebyggelse. Man skal være opmærksom på afstandskrav og brandsektionering. Evt. brandvægge og brandkamme vil kunne gå ud over arkitekturen.
- Adgangsforholdene og tilkørsel for brandkøretøjer ser ikke umiddelbart ud til at være løst [på den rendering af en samlet bebyggelse, der er vist i projekt materialet / red.].



*"Luftfoto"-rendering af en større bebyggelse, hentet fra ansøgningen<sup>øø</sup>  
Husene er grupperet omkring dæk udført i træ, med adgang fra fælles p-pladser.  
Der er ikke vist køre- eller redningsveje omkring husene.*

---

<sup>ææ</sup> Notat af 18.08.16 fra møde vedr. brandforhold mellem red. og Grunde Joomas, lektor på DTU / University of Edinburgh og ekspert i brand

<sup>øø</sup> Ansøgning af marts 2015.

Dertil kommer, at det er beskrevet, at adgangsveje til og mellem husene skal ske via gangbroer og dæk i træ. Der er ikke omtalt eller vist alternative (køre)veje, og der tales andetsteds i prøvehusprojektet om, at husene kan anlægges på skrån timer, hvor der normalt vil være for stejlt til at bygge<sup>åå</sup>.

Det vil i givet fald betyde, at eneste mulige vej væk fra huset i tilfælde af brand kan være en brandbar vej. Set i relation til bekymringen om udvikling af "et stort bål" kan det ikke anses for sikkert.

Arbejdsgruppen anbefaler, at man får løst de brandtekniske forhold, ikke blot for prøvehuset, men også i relation til den større bebyggelse, som prøvehuset er forløberen for. Det giver formentlig ikke mening at bygge et prøvehus, hvis ikke den større bebyggelse lader sig realisere af brandtekniske årsager.

Det bemærkes, at Københavns Kommune må have gjort sig overvejelser vedrørende de brandtekniske forhold i forbindelse med myndighedsbehandlingen af projektet Prismen (se s. 33). Muligvis kan man drage nytte af erfaringerne her fra.

---

<sup>åå</sup> Ansøgning af 15. marts 2015, bilag 1, s. 2.

# Baggrundsmateriale

Evalueringen er gennemført på baggrund af:

- **Ansøgning til den A.P. Møllerske Støttefond af 2015.03.15** (kaldet Ansøgningen)  
Arnfred, J. et al. *Ansøgning. New Artic Building Practice*. Vandkunsten, Rambøll, DTU.
- **Tilsagnsskrivelse fra den A.P. Møllerske Støttefond af 2015.05.28** (kaldet Tilsagnet)  
Stilet til DTU / Center for Arktisk Teknologi v/ professor Niels Andersen.
- **Projektmateriale, hentet fra prøvehusprojektets Dropbox > NABLAB (1)**  
([https://www.dropbox.com/home/NABLAB%20\(1\)/01\\_F%C3%A6lles](https://www.dropbox.com/home/NABLAB%20(1)/01_F%C3%A6lles))<sup>aaa</sup>

Pr. 21.12.2016 omfatter projektmaterialet følgende:

## NABLAB (1) ¶ 01\_Fælles

NN. 2015.10.09/2015.01.10. 1100019220 021-001-2A Fordelingsmaterice arbejdsplaner.pdf. ? Rambøll.<sup>bbb</sup>  
NN. 2015.11.11/2015.10.09/2015.01.10. 1100019220 021-001-2A Fordelingsmaterice arbejdsplaner.xlsx. ?  
Rambøll.<sup>ccc</sup>  
Hedegaard, L. et al. 2015.10.27. 1100019220 531-001-1 Info fra DTU.pdf [inkl. mailkorrespondance mellem  
Rambøll/Vandkunsten og DTU v/ Rode, C. og Lading, T.]. Rambøll.  
Hedegaard, L. 2015.10.29. 1100019220 531-001-1 Indtryk fra workshop 1.pptx. Rambøll.  
NN. 2016.01.28. Hovedtidsplan NABLAB 28.01.2016.pdf. Tegnestuen Vandkunsten.  
NN. 2015.11.07. Opgaveliste.xlsx. Rambøll.  
Arnfred, J.T. 2016.01.06. PROGRAMNUUKd.docx. Tegnestuen Vandkunsten.  
NN. 2016.01.10/2015.12.31. Prøvehus i Nuuk\_summarisk bygningsdelsbeskrivel...1 2016\_2016.pdf. Tegnestuen  
Vandkunsten, Rambøll.<sup>ddd</sup>  
NN. 2016.01.15/2016.12.14 [formentlig fejldateret, skal være 2015] Prøvehus Nuuk, mødenotat, møde på Nuuk  
Rådhus 14-dec-2016.docx. ?

## ¶ Projektforslag klar til udbud

Ahlmann, O. 2015.12.31/2016.01.10. 1100019220 5313-001-0A Udbudsbrev.pdf. DTU Space (sekundært  
Rambøll).<sup>eee</sup>

---

<sup>aaa</sup> Det bemærkes, at for en stor del af materialet ligger dokumenternes datering forud for den revisionsdato, der står i filoversigten. Det kan skyldes, at dokumenterne først er lagt efterfølgende. Det gør det dog i nogle tilfælde vanskeligt at afgøre, hvornår dokumenter er udsendt, samt hvilken version, der er gældende.

<sup>bbb</sup> Der ligger to dokumenter af samme navn og samme dato i dokumentet, men med forskellig filtype og forskellig dato i indholdsfortegnelsen.

<sup>ccc</sup> Dokumentet er dateret med revisionsdato 09.10.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 10.01.2016.

<sup>ddd</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 10.01.2016.

<sup>eee</sup> Udbudsbrevet er sendt på vegne af Danmarks Tekniske Universitet. Bygherre er angivet som DTU Space. Brevpapiret her påført DTUs og Rambølls logoer. Forfatteren er ansat på Tegnestuen Vandkunsten. Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 10.01.2016.

NN. 2016.01.10/2015.12.31.1100019220 5313-002-0A *Tilbudsliste.xlsx*. DTU Space, Rambøll, Tegnestuen Vandkunsten.<sup>fff</sup>

NN. 2016.01.10/2015.12.31. 1100019220 5313-003-01 *Procesbeskrivelse.docx*. Rambøll, Tegnestuen Vandkunsten.<sup>ggg</sup>

NN. 2016.01.10/2015.12.31. *Hovedtidsplan NABLAB 31.12.2015.pdf*. Tegnestuen Vandkunsten.<sup>hhh</sup>

NN. 2016.01.10/2015.12.31. *Prøvehus i Nuuk\_summarisk bygningsdelsbeskrivel...1 2016\_2016.pdf*. Tegnestuen Vandkunsten, Rambøll.<sup>iii</sup>

#### ¶ old

Ikke medtaget – mappe til forældet materiale.

### NABLAB (1) ¶ 02\_DTU

NN. *Beslutningsreferat af PM 10.docx*. Polar DTU?

NN. *NAB projektfølgegruppe.docx*. Polar DTU?

Thomasen, H. 2015.09.17. *Referat NAB møde 16. september 2015.docx*. Polar DTU.

Thomasen, H. 2015.10.22/2015.08.26. *Referat NAB møde 26. august 2015.docx*. Polar DTU.

Thomasen, H. 2016.08.26/2015.09.14. *Referat NAB styregruppemøde 25. aug 2016\_Rambøll kommentarer.docx*. Polar DTU.

Thomasen, H. 2015.10.22/2015.10.08. *Referat PM 2 NAB møde 8. oktober 2015.docx*. Polar DTU.

Thomasen, H. 2015.10.22. *Referat PM 3 NAB møde 22. oktober 2015.docx*. Polar DTU.

Thomasen, H. 2015.11.06. *Referat PM 4 NAB møde 29. oktober 2015.docx*. Polar DTU.

Thomasen, H. 2015.11.06. *Referat PM 5 NAB møde 5. november 2015.docx*. Polar DTU.

Thomasen, H. 2015.11.19. *Referat PM 7 NAB møde 5. november 2015.docx*. Polar DTU.

### NABLAB (1) ¶ 03\_Vandkunsten

NN. 2016.02.22/2015.12.31 *Tilbudsliste\_med mængder.xlsx*. DTU, Rambøll, Vandkunsten.<sup>jjj</sup>

#### ¶ 20151231\_Udbudstegninger

NN. *Axo\_snit.pdf*. [Dokumentet er tomt.]

NN. *Bebyggelsesplan\_Myggedalen.pdf*. Vandkunsten?

NN. 2016.01.10/2015.12.31. *Dokumentliste\_ARK\_projektforslag.pdf*. Vandkunsten.<sup>kkk</sup>

NN. 2016.01.06. *DSC\_3098.jpg [modelfoto]*. Vandkunsten?

NN. 2016.01.06. *DSC\_3109.jpg [modelfoto]*. Vandkunsten?

NN. 2016.01.10. *DSC\_3112.jpg [modelfoto]*. Vandkunsten?

NN. 2016.01.06. *DSC\_3126.jpg [modelfoto]*. Vandkunsten?

CSHS, JOA. 2016.01.09./2015.12.31. *Facade syd-vest og nord-øst.pdf*. Vandkunsten.<sup>lll</sup>

CSHS, JOA. 2016.01.09./2015.12.31. *Facade syd-øst og nord-vest.pdf*. Vandkunsten.<sup>mmm</sup>

---

<sup>fff</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 10.01.2016.

<sup>ggg</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 10.01.2016.

<sup>hhh</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 10.01.2016.

<sup>iii</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 10.01.2016.

<sup>jjj</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 22.02.2016.

<sup>kkk</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 10.01.2016.

<sup>lll</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 09.01.2016.

<sup>mmm</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 09.01.2016.

JOA. 2016.01.10./2015.12.31. *Lodret snit ved tagfod.pdf*. Vandkunsten.<sup>nnn</sup>  
 JOA. 2016.01.10./2015.12.31. *Lodret snit\_gulv i inderzone.pdf*. Vandkunsten.<sup>ooo</sup>  
 JOA. 2016.01.10./2015.12.31. *Lodret snit\_gulv i mellemzone.pdf*. Vandkunsten.<sup>ppp</sup>  
 NN. 2016.01.10./2015.12.31. *Oversigt primære bygningsdele.pdf*. <sup>qqq</sup>  
 NN. 2016.01.10./2015.12.31. *Principdiagram\_klimazoner.pdf*. <sup>rrr</sup>  
 NN. 2016.01.09. *Prøvehus i Nuuk\_fra C E Janssensvej\_beskåret.jpg [rendering]*. Vandkunsten ?  
 NN. 2016.01.09. *Prøvehus i Nuuk\_fra C E Janssensvej.jpg [rendering]*. Vandkunsten ?  
 NN. 2016.01.07. *Prøvehus i Nuuk\_kig fra inderzone til mellemzone.jpg [rendering]*. Vandkunsten ?  
 CSHC, JOA. 2016.01.09./2015.12.31. *Situationsplan\_prøvehus.pdf*. Vandkunsten.<sup>sss</sup>  
 CSHC, JOA. 2016.01.09./2015.12.31. *Snit C og snit D.pdf*. Vandkunsten.<sup>ttt</sup>  
 CSHC, JOA. 2016.01.09./2015.12.31. *Snit til situationsplan.pdf*. Vandkunsten.<sup>uuu</sup>  
 CSHC, JOA. 2016.01.09./2015.12.31. *SnitA og snitB.pdf*. Vandkunsten.<sup>vvv</sup>  
 CSHC, JOA. 2016.01.09./2015.12.31. *Stueplan og plan 1.pdf*. Vandkunsten.<sup>www</sup>  
 CSHC, JOA. 2016.01.10./2015.12.31. *Tegninger & Illustrationer\_Ark\_Prøvehus i Nuuk.pdf*. Vandkunsten.<sup>xxx</sup>  
 CSHC, JOA. 2016.01.09./2015.12.31. *Teknikplan og tagplan.pdf*. Vandkunsten.<sup>yyy</sup>  
 CSHC, JOA. 2016.01.10./2015.12.31. *Vandret snit i hjørne, samlet facade.pdf*. Vandkunsten.<sup>zzz</sup>  
 JOA. 2016.01.10./2015.12.31. *Vandret snit i indre og ydre klimaskærm.pdf*. Vandkunsten.<sup>ææææ</sup>

#### ¶ 20160226\_Udbudstegninger\_rev

Denne mappe er tom.

#### ¶ Bebyggelsesplaner

CSHC, JOA. 2016.01.22./2015.12.31. *20160122\_Prøvehus i Nuuk\_situationsplan Myggedalen\_1til1000\_A3.pdf*. Vandkunsten.  
 CSHC, JOA. 2016.01.04./2015.12.31/2016.02.04. *201600204\_Prøvehus i Nuuk\_byggemodning.pdf*. Vandkunsten.<sup>øøø</sup>  
 NN. 2015.09.12. *Landskabsmodel\_Nuuk.skp*. Vandkunsten ?  
 NN. 2016.02.04. *NAB\_bebyggelsesmodel\_20160126.skp*. Vandkunsten ?  
 NN. 2016.02.04. *NAB\_Prøvehus\_BEBYGGELSESPLAN\_20160122.dwg*. Vandkunsten ?  
 NN. 2015.11.11. *Tegningsbilag Sagsfremstilling\_20151111.pdf*. Vandkunsten ?

---

<sup>nnn</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 10.01.2016.

<sup>ooo</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 10.01.2016.

<sup>ppp</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 10.01.2016.

<sup>qqq</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 10.01.2016.

<sup>rrr</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 10.01.2016.

<sup>sss</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 09.01.2016.

<sup>ttt</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 09.01.2016.

<sup>uuu</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 09.01.2016.

<sup>vvv</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 09.01.2016.

<sup>www</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 09.01.2016.

<sup>xxx</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 10.01.2016.

<sup>yyy</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 09.01.2016.

<sup>zzz</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 10.01.2016.

<sup>ææææ</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 10.01.2016.

<sup>øøø</sup> Dokumentet er dateret med revisionsdato 04.01.2016, opr. dato 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 04.02.2016.

## ¶ NAB Illustrationer, feb. 2016

CSHC, JOA. 2016.01.22./2015.12.31. *201600222\_Prøvehus i Nuuk\_situationsplan Myggedalen\_1til1000\_A3.pdf*. Vandkunsten.

NN. 2016.02.25. *Alternativt teknikrum.pdf*. ?

CSHC, JOA. 2016.02.25./2015.12.31. *H\_01.pdf*. Vandkunsten.<sup>ååå</sup>

CSHC, JOA. 2016.02.25./2015.12.31. *H\_02.pdf*. Vandkunsten.<sup>aaaa</sup>

CSHC, JOA. 2016.02.25./2015.12.31. *H\_03.pdf*. Vandkunsten.<sup>bbbb</sup>

CSHC, JOA. 2016.02.25./2015.12.31. *H\_04.pdf*. Vandkunsten.<sup>cccc</sup>

CSHC, JOA. 2016.02.25./2015.12.31. *H\_05.pdf*. Vandkunsten.<sup>dddd</sup>

CSHC, JOA. 2016.02.25./2015.12.31. *H\_06.pdf*. Vandkunsten.<sup>eeee</sup>

NN, 2016.01.07. *Køkkenalrum\_langt kig\_01\_20160107 [rendering].jpg*. Vandkunsten ?

NN, 2016.02.12. *Orangeri\_amroc\_lysgrå\_bindingsværk.jpg [rendering]*. Vandkunsten ?

NN. 2016.02.04. *Prøvehus i Nuuk\_fra C E Janssensvej\_MORGENSTUND\_beskåret.jpg [rendering]*. Vandkunsten ?

NN. 2016.02.04. *Prøvehus i Nuuk\_fra C E Janssensvej\_MORGENSTUND.jpg [rendering]*. Vandkunsten ?

## ¶ Prøvehus tegninger

Denne mappe er tom.

## ¶ Teknik koordinering\_skitser

Denne mappe er tom.

## NABLAB (1) ¶ 04\_Rambøll

Denne mappe er tom.

## NABLAB (1) ¶ 05\_Produkter

Pietras, C., Jespersen, M. *10\_Priser\_paa\_byggematerialer\_Markedsundersøgelse. Byggerikonference Tema 3*. BMT (Rambøll).

## ¶ Brandventilation

Hedegaard, L., Høeg-Petersen, F. 2015.12.01. *SV Naturlig ventilation og brandventilation – Lidt materiale.msg [mailkorrespondance]*. Rambøll, Lumex.

- Bilag til mailkorrespondance: Høeg-Petersen, F. *Arktisk typehus i Nuuk*. Lumex.

## ¶ Dott Gallina\_Polycarbonat

*ARCOWALL5613\_ENG.pdf [brochure fra producent]*. dott.gallina s.r.l.

*BM Multiwall 55 mm 10 wall.pdf [datablad fra producent]*. marlon st LONGLIFE

---

<sup>ååå</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 25.02.2016.

<sup>aaaa</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 25.02.2016.

<sup>bbbb</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 25.02.2016.

<sup>cccc</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 25.02.2016.

<sup>dddd</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 25.02.2016.

<sup>eeee</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 25.02.2016.

## ¶ Polycarbonat\_referancer

NN. 2015.11.26. 3\_IMG\_2646\_inneneckenordwest.jpg [rendering/foto]. ?  
NN. 2015.11.11. 130522\_espinar\_001.jpg [foto]. ?  
NN. 2015.11.19. 130522\_espinar\_006.jpg [foto]. ?  
NN. 2015.10.23. 20061113\_111420\_holmbladsgade-007.jpg [foto]. ?  
NN. 2015.11.12. ddce667296a94f4e26b9da3538dc130\_1.jpg [foto]. ?  
NN. 2012.05.14. polycarbonat.jpg [foto]. ?  
NN. 2015.11.13. Prismen.jpg [foto]. ?  
NN. 2015.11.26. rodeca\_aranzacja\_03.jpg [foto].  
Eskerod, T. 2015.10.23. Torben-Eskerod2.jpg [foto]. TE  
NN. 2012.05.14. tumblr\_m2dyp8Acje1qat99uo1\_500.jpg [foto]. ?

## ¶ Rodeca\_Polycarbonat

NN. 2015.11.12. ddce667296a94f4e26b9da3538dc130\_1.jpg [foto]. ?  
GeneralInformation.pdf [producentmateriale]. rodeca.  
NN. 2015.11.12. Header [foto]. ?  
InstallationManual\_MWS\_application\_10-50mm.pdf [producentmateriale]. rodeca.  
InstallationManual\_Windows\_Series85.pdf [producentmateriale]. rodeca.  
NN. 2015.11.12. I\_5529\_mu\_\_\_I\_energie\_winter.jpg [diagramtegning]. ?  
ProductRange\_DIY.pdf [producentmateriale]. rodeca.  
ProductRange\_LBE.pdf [producentmateriale]. rodeca.  
ProductRange\_MWS.pdf [producentmateriale]. rodeca.  
ProductRange\_RT.pdf [producentmateriale]. rodeca.  
ProductRange\_Thermolight.pdf [producentmateriale]. rodeca.  
ProductRange\_UPanels.pdf [producentmateriale]. rodeca.  
TechnicalManual\_LBE50mm.pdf [producentmateriale]. rodeca.

## NABLAB (1) ¶ Materiale til udbud\_samlet

Ahlman, O. 2016.01.15/2015.12.31. 100019220 5313-001-0A Udbudsbrev.pdf. DTU Space (sekundært Rambøll og Vandkunsten).<sup>ffff</sup>  
NN. 2016.01.15/2015.12.31. 1100019220 5313-002-0A Tilbudsliste.xlsx. DTU Space (sekundært Rambøll og Vandkunsten).<sup>gggg</sup>  
NN. 2016.01.10/2015.12.31. 1100019220 5313-003-0A Procesbeskrivelse.docx. Rambøll, Vandkunsten.<sup>hhhh</sup>  
NN. 2016.02.29/2015.02.26 [formentlig fejldateret – skulle have været 2016]. 1100019220 5513-002-2A Prøvehus i Nuuk\_summarisk bygningsdelsbeskrivel...2 2016\_revA.pdf. Tegnestuen Vandkunsten, Rambøll.<sup>iiii</sup>  
Ahlmann, O. 2016.02.10. "Prøvehus Nuuk" svarskrivelse.msg [mailkorrespondance, udbud]. Vandkunsten.  
NN. 2016.01.10. Dokumentliste\_ARK\_projektforslag.pdf. Vandkunsten.<sup>iiii</sup>  
NN. 2015.12.23. EL-001. Mængdeberegning, 20151231.pdf. ?

---

<sup>ffff</sup> Udbudsbrevet er sendt på vegne af DTU Space. Brevpapiret her påført DTUs, Rambølls og Vandkunstens logoer.. Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 15.01.2016.

<sup>gggg</sup> Udbudsbrevet er sendt på vegne af DTU Space. Brevpapiret her påført DTUs, Rambølls og Vandkunstens logoer.. Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 15.01.2016.

<sup>hhhh</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 10.01.2016.

<sup>iiii</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 10.01.2016.

<sup>iiii</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men står i indholdsfortegnelsen med datoen 10.01.2016.

NN. 2015.12.23. *GEN-001. Tegnings- og dokumentfortegnelse 20151231.pdf*. Rambøll.

NN. 2016.01.10/2015.12.31. *Hovedtidsplan NABLAB 31.12.2015.pdf*. Vandkunsten.<sup>kkkk</sup>

NN. 2016.12.23. *KON001 og KON002 5102-001-0a Prøvehus Nuuk.pdf*. Rambøll.

NN. 2016.01.10/2015.12.31. *Prøvehus i Nuuk\_summarisk bygningsdelsbeskrivelse\_07 01 2016\_2016.pdf*. Vandkunsten, Rambøll.<sup>llll</sup>

NN. 2015.02.26/2015.12.31 [formentlig fejldateret, skulle have været 2016.02.26]. *Prøvehus i Nuuk\_summarisk bygningsdelsbeskrivelse\_26 02 2016\_revA.pdf*. Vandkunsten, Rambøll.

NN. 2016.02.01. *Prøvehus Nuuk\_rettelsesblad 01.msg / RET-01 Rettelsesblad 01 20160201 m.v.pdf*. Rambøll, DTU.<sup>mmmm</sup>

Ahlmann, O. 2016.02.04. *Prøvehus Nuuk\_svarskrivelse 01.msg og Prøvehus Nuuk\_svarskrivelse 01.pdf*. Vandkunsten.

NN. 2016.01.10/2015.12.31 *Tegninger & illustrationer\_Ark\_Prøvehus i Nuuk.pdf*. Vandkunsten.<sup>nnnn</sup>

#### **NABLAB (1) ¶ Prøvehus Nuuk delt med Green House Aps**

NN. 2016.03.02. *2016.03.02\_PRØVEHUS NUUK\_totalmodel – Google placeret i Nuuk.skp*. Vandkunsten.

NN. 2016.03.02. *NAB\_Prøvehus\_20160301.dwg*. Vandkunsten.

MANB. 2015.12.22. *VENTILATION-001.pdf*. Rambøll?

MANB. 2015.12.22. *VENTILATION-002.pdf*. Rambøll?

MANB. 2015.12.22. *VENTILATION-003.pdf*. Rambøll?

MANB. 2015.12.22. *VENTILATION-004.pdf*. Rambøll?

MANB. 2015.12.22. *VENTILATION-005.pdf*. Rambøll?

NN. 2015.12.22. *VVS-001. Måleroversigt og målerhieraki, 20151231.pdf*. Rambøll.

NN. 2015.12.22. *VVS-001. Måleroversigt og målerhieraki, 20151231.pdf*. Rambøll.

NN. 2016.01.08./2015.12.31. *VVS-002. Varme- og vandprincipp, 20151231*. Rambøll.<sup>oooo</sup>

NN. 2015.12.22. *VVS-003. Varme plan, 20151231.pdf*. Rambøll.

NN. 2016.01.08./2015.12.31 *VVS-004. Afløbsprincip, 20151231*. Rambøll.<sup>pppp</sup>

---

<sup>kkkk</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 10.01.2016.

<sup>llll</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 10.01.2016.

<sup>mmmm</sup> Dokumentet har Rambølls logo, DTU står skrevet ved siden af. Vandkunsten står ikke på rettelsesbladet, men har sendt rettelsesbladet på mail.

<sup>nnnn</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 10.01.2016.

<sup>oooo</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 08.01.2016.

<sup>pppp</sup> Dokumentet er dateret 31.12.2015, men i indholdsfortegnelsen er datoen 08.01.2016.

## NOTAT fra workshop

### Prøvehus i Nuuk

Ny Arktisk Byggeskik

05.04.2017 / TLAD / 17.04.2017

**Afholdt** Tirsdag d. 4. april 2017 kl. 12-17 på DTU

|                  |                                 |                                             |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Deltagere</b> | Olmo Ahlmann                    | Tegnestuen Vandkunsten                      |
|                  | Nikolaj Haaning                 | Rambøll                                     |
|                  | Lars Hedegaard Jepsen           | Rambøll                                     |
|                  | Eva B. Møller                   | Statens Byggeforskningsinstitut (evaluator) |
|                  | Tommy Bunch (delvist)           | Bunch Bygningssysik (evaluator)             |
|                  | Lars Schiøtt Sørensen (delvist) | DTU Byg (brand)                             |
|                  | Carsten Rode (delvist)          | DTU Byg (mellemzonen)                       |
|                  | Tove Lading (ref.)              | DTU Byg / ARTEK, mødeleder                  |

**Baggrunds-  
materiale** Evalueringsrapport af 30.01.17, DTU  
Notat vedr. brandforhold fra Rambøll / Vandkunsten, af 27.03.2017.  
Notat vedr. mellemzonen fra Rambøll / Vandkunsten, af 29.03.2017.

**Formål** Workshoppen blev afholdt på baggrund af konklusionen fra DTUs evalueringsrapport af januar 2017. Rapporten peger på en række forhold i projektet, som skal løses inden det kan realiseres, men identificerer især to punkter, som projektet står og falder med:

- Brandforhold
- Konceptet for mellemzonen, herunder klimatiseringen

Formålet med workshoppen var se, om man i fællesskab kunne nå frem til en løsning på disse to forhold.

TL fremlagde baggrunden for workshoppen, og understregede, at formålet med evalueringsprocessen og denne workshop

- *ikke* er processen i udviklingsprojektet men resultatet, og at få fastslået, om der kan bygges et prøvehus,
  - hvor konceptet og prøve-elementerne er entydigt defineret
  - hvor prøvehuset grundlæggende er sundt og byggeteknisk korrekt udført
  - hvor såvel uforudsete som risikoen for uforudsigelige hændelser og skader er minimeret
- samt
- at projektet på det nuværende stadium er nået et punkt, hvor fokus skal være på at få færdigudviklet og løst ideerne, ikke at udvikle nye muligheder.

## 1. Brand

LSS deltog under dette punkt.

Det skal bemærkes, at Rambølls notat (replik til evalueringsrapporten) omhandler et andet polycarbonatprodukt end dét, der var nævnt i det projektmateriale, der ligger til grund for evalueringsrapporten. Der er formentlig her tale om et produkt, der er tilsat brandhæmmer, hvilket anses for positivt.

LSS bemærker, at beklædningsmateriale (polycarbonaten) skal være klassificeret som K1 10 B-s1,d0 (som er den nye betegnelse for den gamle klasse1beklædning)

Tag skal være Broof(t2) for udefra kommende brand og dette forhold skal også afklares.

Vedrørende polycarbonaten nævner LSS tre muligheder:

- Vælg polycarbonat-plader som allerede er klassificeret til K1 10 B-s1,d0 eller
- Lad de ønskede polycarbonat-plader teste og klassificere jf. EN 13501 eller
- Udarbejd en risikoanalyse som skal vise, at brandsikkerheden ikke kompromitteres hvis der anvendes et PC-produkt, som ikke er K1 10 B –s1,d0

LSS kontakter Rambølls brandekspert Finn Larsen (der desværre ikke havde mulighed for at deltage i workshoppen). På baggrund heraf udarbejder LSS et notat, som der helst skal være konsensus omkring.

## Konklusion vedr. brand, foreløbig

- Det anses for muligt at få løst brandproblematikken omkring polycarbonat. Den mest oplagte løsning vil være at anvende et produkt, der har den fornødne klassificering.  
Det anbefales, at man uanset konkurrencebestemmelser peger på ét bestemt produkt, der opfylder kravene.
- Problematikken omkring adgang for redningskøretøjer, flugtveje og brandsektionering kan løses i forbindelse med projekteringen.
- Den endelige konklusion afventer notat fra LSS efter samtale med Rambøll.

### 1.a

#### Polycarbonat som materiale

I forlængelse af diskussionen omkring brandforholdene for polycarbonat var der en kort drøftelse af andre forhold vedr. polycarbonat: montering, UV-bestandighed, ældning, farve etc.

Det blev understreget, at det er vigtigt at vælge et materiale med følgende egenskaber:

- høj UV-bestandighed (dokumenteret)
- et monteringssystem, der gør det muligt at udskifte enkelte plader for reparation
- et monteringssystem der kan dimensioneres til de aktuelle vindforhold.

Dette indikerer også nødvendigheden af at pege på ét bestemt produkt.

### 2.

#### Mellemzonen

CR deltog fra 13.30-14. Tommy Bunch deltog indtil kl. 14, og fra kl. 16-17.

LHJ og NH fremlagde Rambølls notat vedrørende mellemzonen, herunder de overvejelser, man løbende har gjort sig vedrørende konceptet.

Der er ikke taget et endeligt valg m.h.t. koncept (se muligheder nedenfor), men det har været mulighed a), der har været den, som rådgiverne har hældt til.

./.

EVM, TB og TL kommenterede på dette. EVM's overheads er bilagt dette notat.

CR efterlyser det oprindelige koncept: et beskyttende telt ("paraply") over et hus.

Diskussion af tre mulige koncepter:

- a) en **frostfri mellemzone** – opvarmet til +4,9°C, og med naturlig ventilation
- b) **hus-i-hus** – hvor også mellemzonen er et "hus" med styret klima med mekanisk ventilationsanlæg og varmegenvinding, opvarmet til +4,9°C

- c) naturlig klimatisering - en **uopvarmet (passivt opvarmet) mellemzone** med naturlig ventilation (den simple løsning)

NB! Grænsen på  $+4,9^{\circ}\text{C}$  skyldes krav om, at rum, der opvarmes til en højere temperatur regnes som opvarmede beboelsesrum. De er dermed omfattet af helt andre krav vedr. isolering, varmekilder etc.

Følgende emner er centrale i vurdering af løsningerne:

- Fugtbelastning samt bortventilering af fugt.
- Overophedning – ventilation.
- Sikring mod gener som fygesne, træk, hyl (vind) etc.
- Anvendelse af mellemzonen.
- Energiforbrug, herunder: hvad der er et acceptabelt energiforbrug, set i lyset af målet om bæredygtige løsninger.
- Brugervenlighed og driftssikkerhed– hvor nemt er det for brugerne at få en velfungerende løsning uden professionel bistand.
- Dagslys, herunder om der kan lægge sig is/sne på tagfladen.

#### Løsning a) – opvarmet til $+4,9^{\circ}\text{C}$

##### Fordele

- Bedre anvendelsesmuligheder p.g.a. frostfrit rum

##### Ulemper

- Potentielt stor fugtbelastning. Denne fugt skal ventileres væk → potentielt stort energiforbrug (naturlig ventilation + ingen varmegenvinding)
- Komplex løsning – mere kompliceret; kan det virke? Hvad nu hvis xxx.
- Kræver mere af brugerne (uddannelse)

#### Løsning b) – hus-i-hus

##### Fordele

- Helt styret klima, herunder styring af fugtforholdene.
- Vil muligvis have logistiske fordele, fordi der er adgang i mellemrummet mellem den ydre og den indre klimaskærm.
- Flere brugsmuligheder.

##### Ulemper

- De to klimaskærme skal have et mellemrum på ca. 50 cm → større areal.
- Mere kompliceret teknisk løsning.
- Sammenblanding af naturlig og mekanisk ventilation – fordi brugere fx vil åbne døre og vinduer om sommeren – kan få anlægget til at fungere dårligt. Kan potentielt føre til øget varmeforbrug.

- Mekanisk ventilation under overophedning kan give træk.
- Mere kompliceret indregulering; det er et kendt problem i Grønland, at der ofte er problemer med anlæg, der ikke er korrekt indreguleret
- Kræver meget af brugerne (uddannelse)

### Løsning c) – naturlig klimatisering

#### Fordele

- Den simple løsning.
- Teknisk ukompliceret.
- Let at håndtere for brugerne.
- Billig.
- Skønnes at ville kunne fungere.

#### Ulemper

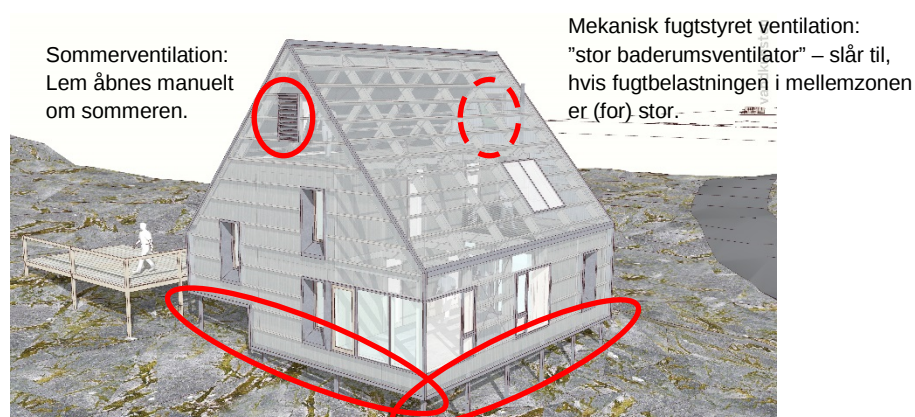
- Temperaturen om vinteren vil svare til udetemperatur – med mindre der er tilskud af passiv solvarme → vil (muligvis) begrænse anvendelsesmulighederne
- Naturlig basisventilation vil muligvis ikke kunne ventilere fugt væk i tilstrækkeligt omfang (om vinteren ved særlig fugtbelastning, fx meget vådt overtøj, tørring af tøj etc.)

### Konklusion, mellemzonen

- Det anses for sandsynligt at løsning c) vil give et fungerende koncept, hvis det suppleres med en simpel mekanisk fugtstyret ventilator ("forstørret baderumsventilator").

Derfor arbejdes der videre med denne løsning, jf nedenstående skitse.

Løsningen skal selvfølgelig dokumenteres. Det vil være hensigtsmæssigt, hvis der kan findes referenceeksempler.



Basisventilation, spalte, svarende til dén, man har i en ventileret facade. Sikres med snefang. Kan ikke lukkes.

Ventilationsåbning skal kunne øges om sommeren ("oplukkeligt gulvbræt").

Sommerventilation kan også øges med åbne døre og vinduer.

### 3. Øvrige bemærkninger

#### Energiforbrug

Der kan ikke gives et entydigt svar på, hvad der er et acceptabelt energiforbrug, set i forhold til bæredygtighed. Det hænger dels sammen med energikilden, dels med hvad man opnår ved det øgede energiforbrug.

Nuuk satser i fremtiden på fjernvarme, opvarmet med varmepumper, samt vandkraft. El-varme kan i begrænset omfang bruges, hvis det er afbrydelig varme.

Decentrale varmepumper kan evt. anvendes (hvis de kan fungere), og hvis de er afbrydelige.

Generelt er der et mål i at nedbringe energiforbruget, og det er en af tankerne bag den todelte klimaskærm.

Simple løsninger på vedvarende energi – fx solvarme – kan integreres i det endelige projekt.

DTU kan evt. i år 2 eller 3 af driftsperioden gennemføre forsøg med periodisk opvarmning af mellemzonen med en varmepumpe – hvis man ønsker det. Det er ingen forudsætning. Kan evt. være et muligt alternativ til den el-ovn eller terrassevarme, som man af erfaring ved at nogle kunne finde på at bruge.

#### Snefang

Alle ventilationsåbninger skal sikres med snefang.

Der bør tages højde for, hvor evt. fygesne lander på trods af dette – vel vidende, at det kan ske.

#### Sneophobning og isdannelser

Med valget af en uopvarmet løsning kan man ikke fuldt ud sikre, at der ikke lægger sig sne på de skrå flader om vinteren.

Men:

- Risikoen er primært til stede i de perioder, hvor dagene i forvejen er meget korte. Derfor er det kun et kortvarigt tidsrum, og i en periode, hvor folk normalt er på arbejde.
- Brugt dagslys fra mellemzonen er ikke eneste dagslysindtag – alle rum har vinduer til det fri.
- Snelaget vil formentlig være delvist transparent.
- Den uopvarmede løsning vil formentlig være bedre i forhold til at undgå isdannelser. Isdannelser opstår, når det underste lag af sneen tør (ved varme indefra) og herefter fryser til is, når udetemperaturen daler.

#### 4. Plan for det videre forløb

Afgørelsen om, hvorvidt projektet skal genoptages, afhænger primært af to punkter:

1) **Om det er muligt at løse de forhold, som der peges på i evalueringsrapporten.**

Det drejer sig i første omgang om de to forhold: Brand og konceptet for Mellemzonen.

Jf det forudgående anses det for muligt, forudsat at LSS' notat vedr. brand også bekræfter dette

Evalueringsrapporten peger på en række andre forhold, som også skal løses, men som anses for "løsbare".

2) **Om der kan skaffes finansiering til forskningsprojektet**

Som tidligere nævnt er det en forudsætning for prøvehusprojektet, at der også tilvejebringes midler til etablering af et forskningsprojekt.

DTU arbejder på dette, men det er ikke helt enkelt.

**Projektledelsens plan er indtil videre som følger:**

- På baggrund af evalueringsrapporten og dette notat vil DTU's ledelse tage beslutning om den videre proces.
- Som udgangspunkt kan projektet først realiseres, når der er fundet en løsning på forskningsprojektet.

Forud for genoptagelse af projektet:

- Der skal etableres et aftalegrundlag mellem rådgiverne og DTU samt en ydelsesbeskrivelse.
- Organisationen omkring projektet skal (re)defineres, herunder skal der lægges en projektplan med milepæle.
- Der skal laves et nyt budget med økonomiske rammer for opgavens løsning. Det hidtidige budget holder ikke.
- Fokus skal være på at få løst det koncept og design, som man vælger at arbejde videre med, jf dette notat.  
Der skal kun i meget begrænset omfang udvikles nye ideer. (De kan reserveres til en evt. større bebyggelse, som ikke involverer DTU.)

■

Bilag: Eva B. Møllers slides til workshoppen.

## NOTAT

**Vedr.** Prøvehus i Nuuk  
Brandsikkerhed

**Fra** DTU Byg, Lars Schiøtt Sørensen

20. april 2017  
Isso

---

### Brandforhold ved NAB-projekt

Kommentarer til Rambøll's notat brand (5314-002), dateret 2016-02-12 og med rev. Dato 2017-03-27.

Side 1:

De i projektet foreskrevne Polycarbonatplader er tilsyneladende ikke klassificeret som klasse 1 (K1 10 B-s1,d0). For at de kan blive det kræves en test iht. gældende prøvningssystem samt en klassificering iht. EN 13501 standarden. Produktet er heller ikke testet/klassificeret iht. klasse T (nu Broof(t2)). Der kan være mulighed for at lave en risikoanalyse i stedet for en klasse 1-klassificering af de påtænkte PC-plader, herom senere. Der henvises i Rambøll notat brand til Rodeca PC 2540-6, men dette er et andet produkt(navn) end det i projektet anvendte. Måske har Rodeca tilsat flammehæmmer?

Side 2:

Der omtales bærende konstruktioner: så må det vel være REI, og ikke (R)EI

Klasse T beklædning er den gamle betegnelse, nu hedder det Broof(t2).

De ønskede PC-plader er ikke klassificeret til Broof(t2), så enten må de blive dette, eller man kan (måske) komme igennem med en risikovurdering i stedet.

Side 4:

Kan man skifte til disse Rodeca-plader i projektet., ellers er vi enige i at der i stedet kan udføres brandtest af det ønskede produkt.

Med hensyn til redningsberedskabets indsatsmulighed, så er vi bekymrede for hvorvidt der er egnede tilkørselsforhold. Der tænkes her mest på problemer i forbindelse med kuperet terræn omkring byggeriet samt sneophobning og de begrænsede adgangsforhold dette kan medføre. Det er aftalt, at adgangsforhold vil blive undersøgt nærmere af Rambøll.

Vi er i øvrigt af den opfattelse, at problematikken omkring adgang for redningskøretøjer, flugtveje og brandsektionering kan løses i forbindelse med projekteringen.

## Konklusion og anbefaling

Som det fremgår af ovenstående, så omhandler Rambølls notat et andet polycarbonatprodukt end dét, der var nævnt i det projektmateriale, der ligger til grund for evalueringsrapporten. Der er formentlig her tale om et produkt, der er tilsat brandhæmmer, hvilket umiddelbart anses for positivt. Som det også fremgår af ovenstående skal beklædningsmateriale (polycarbonaten) normalt være klassificeret som K1 10 B-s1,d0.

Vedrørende polycarbonat-pladen ser vi derfor 3 muligheder:

1. Vælg polycarbonat-plader som allerede er klassificeret til K1 10 B-s1,d0
2. Lad de ønskede polycarbonat-plader teste og klassificere jf. EN 13501
3. Udarbejd en risikoanalyse som skal vise, at brandsikkerheden ikke kompromitteres hvis der anvendes et PC-produkt, som ikke er klassificeret som K1 10 B-s1,d0 men klassificeret som B-s1,d0 (klasse A materiale).

Vi anser det som muligt, at få løst brandproblematikken omkring polycarbonat. Rambøll vil formentlig benytte sig af den 3. mulighed (risikoanalyse m. komparative vurderinger).

Det anbefales, at man uanset konkurrencebestemmelser peger på ét bestemt produkt, der opfylder kravene. Problematikken omkring adgang for redningskøretøjer, flugtveje og brandsektionering kan løses i forbindelse med projekteringen.

Med hensyn til redningsberedskabets indsatsmulighed, så er vi bekymrede for hvorvidt der er egnede tilkørselsforhold. Der tænkes her mest på problemer i forbindelse med kuperet terræn omkring byggeriet samt sneophobning og de begrænsede adgangsforhold dette kan medføre. Adgangsforhold skal derfor undersøges og beskrives nærmere i projektet.

Rambøll v/ Finn Larsen (Master i Brandsikkerhed) tiltræder dette notat ved mail af 20.04.2017.

# PRØVEHUS I NUUK

## MELLEMZONEN



**STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT**  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

# Luftfugtighed og risiko for skimmelsvamp

Erfaringsopsamling:  
– Fra Arktis?  
– Andre steder fra?

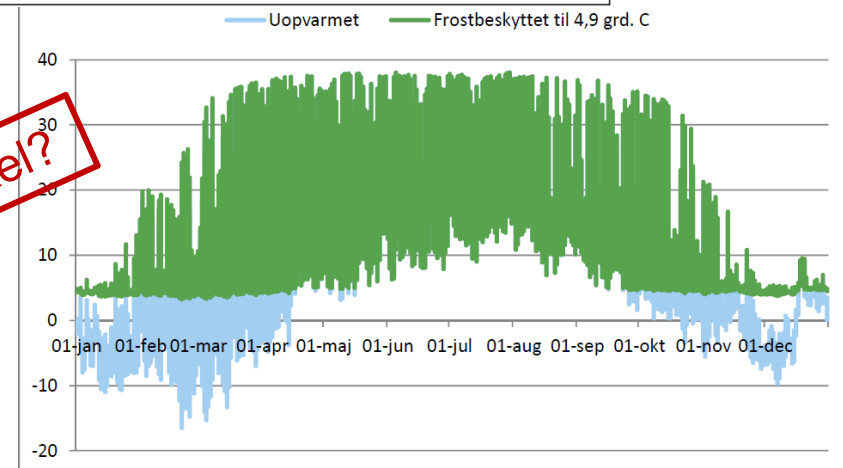
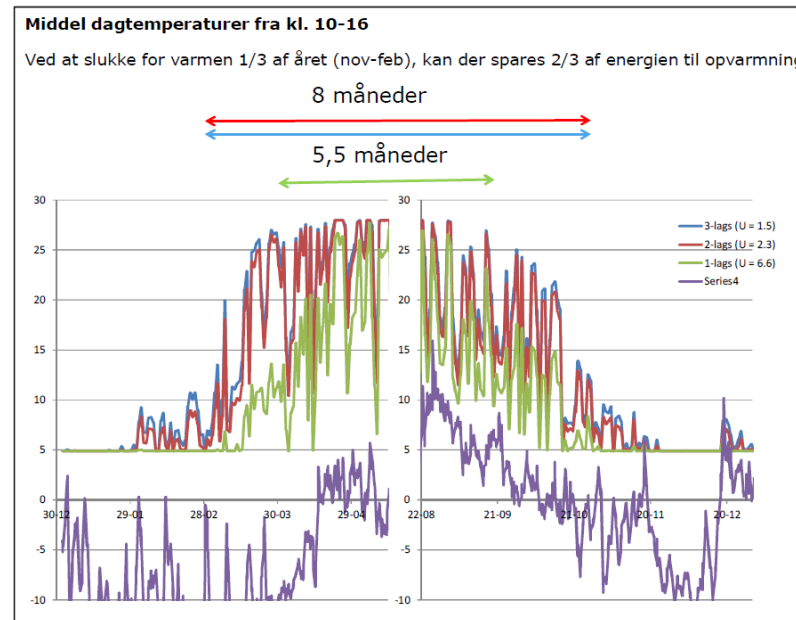
- Hvad kan vi forvente luftfugtigheden er i mellemzonen:
  - Hvilket fugttilskud forventes?
  - Sikring mod fygesne, hvis der er god ventilation
  - Isolerer polycarbonaten nok til at forhindre kondens på indvendig side?
- Skimmelproblematik
  - Kondens eller alger/skimmel på underside af polycarbonat
  - Evt. skimmel fra mellemzone til inderzone
  - Hvad sker der med vand der måtte dryppe fra polycarbonaten (kondens eller utætheder). Drypper det på "huset"? Kan den del af klimaskærmen tåle det?



# Temperaturer i mellemzonen

- Uden klimatisering:
  - Temperaturer i mellemzone ca. svarende til ude dvs. ca. halvt år med frostgrader
  - Gode dage 1 måned før og efter forårs- og efterårsjævnøg
  - Overophedning – over 25-30 °C om sommeren

Hvorfor den store forskel?



# Temperaturer i mellemzonen

- Med klimatisering:
  - Kraftig ventilation giver varmetab
  - Varmen fra gulvvarmen stiger op og varmer hvor den er knapt så ønsket
  - Gulvvarme skal frostsikres (vedligehold)
  - Styret mekanisk ventilation evt. med varmegenvinding?

|   | Energiforbrug<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] |                                 | Lufttemperatur i mellemzone<br>[°C] |      |      |      |
|---|----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------|------|------|
|   |                                        | U-værdi<br>[W/m <sup>2</sup> K] | 4.9                                 | 10.0 | 15.0 | 20.0 |
| A | 3-lags glas                            | 1.0                             | 93                                  | 110  | 135  | 161  |
| B |                                        | 1.5                             | 110                                 | 134  | 171  | 208  |
| C | 2-lags glas                            | 1.8                             | 116                                 | 145  | 187  | 229  |
| D |                                        | 2.3                             | 131                                 | 169  | 222  | 275  |
| E | 1-lags glas                            | 6.6                             | 248                                 | -    | -    | -    |

Forudsætninger:

100% vindue i taget

U-værdi ydre konstruktioner = 0,10 W/m<sup>2</sup>K

U-værdi indre skillevægge og etageadskillelser = 0,60/0,40 W/m<sup>2</sup>K

Ramme/karm andel = 15%

Paqibiq = 20 °C

Orientering = NV

Figur 11 Slide fra workshoppen der angiver årligt energiforbrug til at holde mellemzonen altid opva forskellige minimumstemperaturer.

# Klimatiseret mellemzone

- Energiforbrug

|                                                                                                                                                                              |  |                        |                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------|---------------------------------|
| Inderzonen komforttemperatur: 22 °C<br>Mellemzonen frostfri: 4,9 °C<br>Inderzonen infiltration: 1,0 L/s/m <sup>2</sup><br>Mellemzonen luftskifte: 88 L/s = 1 h <sup>-1</sup> |  | Peak opvarmningseffekt | Energiforbrug til rumopvarmning |
| Inderzonen                                                                                                                                                                   |  | 7,1 kW                 | 327 kWh/m <sup>2</sup> år       |
| Mellemzonen                                                                                                                                                                  |  | 8,7 kW                 | 161 kWh/m <sup>2</sup> år       |

|                                                                                                                                                                              |  |                        |                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------|---------------------------------|
| Inderzonen komforttemperatur: 22 °C<br>Mellemzonen frostfri: 4,9 °C<br>Inderzonen infiltration: 0,1 L/s/m <sup>2</sup><br>Mellemzonen luftskifte: 88 L/s = 1 h <sup>-1</sup> |  | Peak opvarmningseffekt | Energiforbrug til rumopvarmning |
| Inderzonen                                                                                                                                                                   |  | 2,4 kW                 | 105 kWh/m <sup>2</sup> år       |
| Mellemzonen                                                                                                                                                                  |  | 8,7 kW                 | 162 kWh/m <sup>2</sup> år       |

|                                                                                                                                                                       |  |                        |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------|---------------------------------|
| Inderzonen komforttemperatur: 22 °C<br>Mellemzonen uopvarmet<br>Inderzonen infiltration: 1,0 L/s/m <sup>2</sup><br>Mellemzonen luftskifte: 88 L/s = 1 h <sup>-1</sup> |  | Peak opvarmningseffekt | Energiforbrug til rumopvarmning |
| Inderzonen                                                                                                                                                            |  | 7,6 kW                 | 327 kWh/m <sup>2</sup> år       |
| Mellemzonen                                                                                                                                                           |  |                        |                                 |

|                                                                                                                                                                       |  |                        |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------|---------------------------------|
| Inderzonen komforttemperatur: 22 °C<br>Mellemzonen uopvarmet<br>Inderzonen infiltration: 0,1 L/s/m <sup>2</sup><br>Mellemzonen luftskifte: 88 L/s = 1 h <sup>-1</sup> |  | Peak opvarmningseffekt | Energiforbrug til rumopvarmning |
| Inderzonen                                                                                                                                                            |  | 2,9 kW                 | 113 kWh/m <sup>2</sup> år       |
| Mellemzonen                                                                                                                                                           |  |                        |                                 |

Hvorfor den store forskel?  
Er linjetab med?

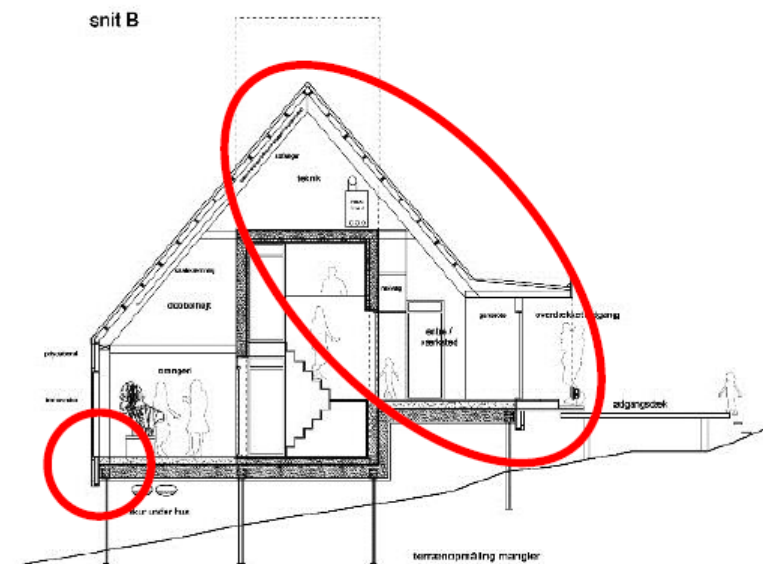
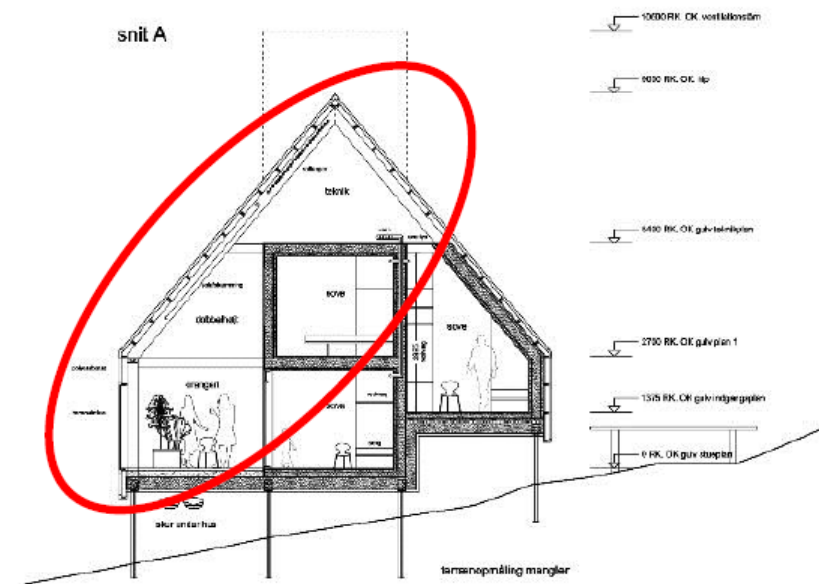
# Lys og mørke

- Dagslys i boligen
  - Gennem polycarbonaten
  - Lægger der sig sne?
    - Udvendig kondens til is som sneen hænger i
    - Smelt sneen væk
      - Eltrace udvalgte dele
      - Dårlig isolering

Erfaringsopsamling:  
– Fra Arktis?  
– Andre steder fra?

# Brug af mellemzonen

- Er det ens på de to sider af huset?



DTU Byg  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Danmarks Tekniske Universitet

Brovej, Bygning 118  
2800 Kgs. Lyngby  
Tlf. 45 25 17 00

[www.byg.dtu.dk](http://www.byg.dtu.dk)

ISBN=9788778774699