Architecture, Design and Conservation
Danish Portal for Artistic and Scientific Research

Aarhus School of Architecture // Design School Kolding // Royal Danish Academy

Vedvarende holdbarhed

Vadstrup, Søren

Publication date:
2018

Link to publication

Citation for pulished version (APA):
Vadstrup, S. (2018). *Vedvarende holdbarhed: Bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger*. (1 udg.) Søren Vadstrup.

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 ?

Take down policy
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.

Download date: 25. Apr. 2024

ARKITEKTSKOLEN AARHUS Designskolen Kolding Det Kongelige Akademi

Søren Vadstrup

Vedvarende holdbarhed

Bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger

2018

Vedvarende holdbarhed

Bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger

Forfatter: Søren Vadstrup, arkitekt m.a.a.
Forskningslektor på Kunstakademiets Arkitektskole (KADK)
Underviser og forsker i Center for Bygningsbevaring i Raadvad (Raadvad-Centeret)
e-mail: soren.vadstrup@kadk.dk

1. udgave 2018

Fotos og illustrationer:
Søren Vadstrup og Center for Bygningsbevaring

Tekster fra bogen kan citeres med kildeangivelse
Tegninger og fotos må kun bruges med tilladelse

ISBN nr. 978-87-970382-3-9

I samme serie, af Søren Vadstrup:

1. Håndværk og Bygningsrestaurering. *Forskning og ny viden om istandsættelse af ældre bygninger* (2018)
2. Bevaringsværdige bygninger – *sikring af bevaringsværdier* (3. udgave 2018)
3. Bevaringsværdige bygninger – *gode løsning til energiforbedring og indeklimaforhold* (2018)
4. Vedligeholdelses-Manual – *for bygninger, opført før 1960-70*. (2018)
5. Restaurering og Transformation *af en fredet, fynsk, firelænget bindingsværksgård 2001 – 2018*. (2018)
6. Vedvarende holdbarhed. *Bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger* (2018)
7. Analyse- og Værdisætning af *20 Bygnings- og Kulturmiljøer i Danmark* (2018)
8. By- og Bygnings-Undersøgelser. *Analyse og Værdisætning af bygninger, bebyggelser og byrum* (2018)
9. Bevaringsplanlægning. *Vejledning i bevarende lokalplaner efter ny-SAVE-metoden* (2018)
10. Genius Loci. *Bygningskulturens Immaterielle Værdier*. (2018)
11. Bygningen som kundskabskilde - *ved restaurering og transformation* (2018)
12. Frihåndstegning og akvarel - *lokalfarver og analytisk tegning af bygninger og byskaber* (2018)

Udarbejdet som led i forskningsprojekterne:

A. Ny viden om materialer og metoder, holdninger og principper til restaurering, transformation og energiforbedring af ældre bygninger. (publikation nr. 1-5)

B. Ny viden om bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger og byggeri med vedvarende holdbarhed. (publikation nr. 6) (denne publikation)

C. Nye standardiserede metoder til analyse og værdisætning af bygninger, bebyggelser og byrum. (publikation nr. 7-11)

På Kunstakademiets Arkitektskoles kandidat-program i Kulturarv, Transformation og Restaurering og Center for Bygningsbevaring i Raadvad. Støttet af Realdania og Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen

Forsiden
Dør fra 1770'erne, malet 20 gange, men tydeligvis stadig holdbar i mindst 250 år *mere.* Så er vi oppe på ca. 500 år, der må kaldes ubegrænset/vedvarende holdbar. Med mindre den bliver plastikmalet.

Søren Vadstrup,
arkitekt m.a.a.

Vedvarende holdbarhed

Bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger
2018

Intet er åbenbart for småt til ***ikke*** at kunne gå galt,
når man i dag bygger nye, 'bæredygtige' træhuse
Søren Vadstrup
se side 43

Indhold

Indledning

1 Vedvarende holdbarhed 5
1.1 Projektets baggrund 5
1.2 Forskningsprojektet 'Bæredygtig Bygningsarv' 6
1.2.1 Problemformulering 6
1.2.2 Hypoteser 7
1.2.3 Forskningsprojektet 'Vedvarende Holdbarhed' 9
1.3 Begrebsafklaringer 10
1.3.1 10 nye begreber 10
1.3.3 Byggeaffald og Farligt byggeaffald 11
1.3.4 CO_2-regnskab, CO_2-beregning 13
1.3.5 Genanvendelse, genbrug, genvinding og nyttiggørelse 14
1.3.6 Renovering, restaurering og transformation 14
1.3.7 Nyt begreb: Vedvarende holdbarhed 14
1.4 Forskning og ny viden 15
1.4.1 Den praksisbaserede forskningstradition 15
1.4.2 Fremgangsmåde 16
1.4.3 Konkret forskning og formidling. Kort oversigt. 17
1.5 Projektets resultater 19
1.5.1 Forskningsprojektets samlede konklusioner 19
1.5.2 Handleplan 20
1.5.3 Hvad er bæredygtig bygningsrenovering/bygningsrestaurering 21
1.5.4 Kort resumé af ny viden fra forskningsprojektet 22

2 Hvad er levetiden for ældre bygninger i Danmark? 23
2.1 60 - 60 – 60 24
2.2 Dokumenteret holdbarhed og levetider for eksisterende bygninger i Danmark? 26
2.3 De klassiske byggematerialer 27
2.4 Den tekniske udvikling indenfor byggeriet, siden 1960 30
2.5 (Konklusion 1): Hvad er levetiden for eksisterende bygninger i Danmark? 32

3 Hvad er en bæredygtig bygning? 33
3.1 Bæredygtighed 33
3.2 Ny definition på Bæredygtighed for bygninger 35
3.3 FN's Verdensmål for en bæredygtig udvikling 36
3.4 DGNB, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen 40
3.5 (Konklusion 2): Hvad er en bæredygtig bygning? 42
3.5.1 Kan man bygge nye huse med 'vedvarende holdbarhed i dag? 42
3.5.3 Nyt bæredygtigt byggeri i bræddebeklædt stolpeværk 43

4 Genanvendelse og cirkulær økonomi for bygninger 47
4.1 Nyt syn på 'genanvendelse' af bygninger (konklusion 3) 47
4.2 Af gammelt jern smedes nye våben... 51
4.3 Cirkulær økonomi –for bygninger (konklusion 4) 58
4.4 Hvis Jorden skal overleve... 60
4.5 VINDUER i 1940'ernes og 50'ernes almennyttige etagehuse - energiforhold og driftsøkonomi 62
4.5 1 Udstilling om cirkulær økonomi på Arkitektskolen, KADK 72

5 Kan bygningskulturen bidrage til en bæredygtig udvikling? 83
5.1 Man skal aldrig lade en god krise gå til spilde... 83
5.2 Ældre bygningers klimatilpasning 86
5.2.1 Ældre bygninger er godt rustet til fremtidens ekstreme vejr 86
5.2.2 ANALYSE af det danske enfamiliehus' gode og bæredygtige tekniske løsninger 1700 – 1970 92
5.2.3 NOTAT om lermaterialer og kalkpuds samt fugt, skimmel og tæthed i ældre bygninger 94
5.3 Rehabilitation of Half Timbered Houses with Clay Fillings in Denmark 96
5.4 Sustainable energy improvement of old buildings 101
5.5 Energiforbedring af bevaringsværdige bygninger med respekt for bevaringsværdierne (resumé) 109
5.5.1 Bevaringsværdige bygninger 109
5.5.2 Ældre bygninger yder et positivt bidrag til klodens miljø- og klimaregnskab 109
5.5.3 Energiforbedring med respekt for bevaringsværdierne 110
5.5.4 Prioriterede energiforbedringer 110
5.5.5 Ny viden 111
5.5.6 Ny metode til energiforbedring af bevaringsværdige bygninger 111
5.5.7 Konklusion (konklusion 5) 112

Litteratur og noter 113

Indledning

Efter i årtier at have fornægtet, at *vedvarende energi* fra bl.a. vindkraft, kunne komme til at spille nogen som helst afgørende rolle for det samlede energiforbrug i Danmark, og da slet ikke for biler, er de fleste blandt politikerne og i den brede befolkning vendt 'på en tallerken' og tror nu på, overbevist af fakta, se bl.a. grafen side 13, at dette godt kan lade sig gøre. Så nu satses der massivt på vedvarende energi overalt. Snart også for biler.

Men indenfor byggeriet er vi stadig tilbage i 1970-erne, dengang de første moderne energiproducerende vindmøller dukkede op, vidensmæssigt og tankemæssigt i forhold til et tilsvarende begreb, der også kan gøre os stort set 'fossilfrit' i fremtiden: *Vedvarende holdbarhed* indenfor byggeriet.

Men modsat vindkraften, så har vi stående beviser gennem de sidste 800 år på, at dette rent faktisk kan lade sig gøre. Vi kikker på disse beviser hver dag, men langt de fleste mennesker ser dem bare ikke: Bygninger der er bygget af mursten og træ gennem, lad os bare nøjes med de sidste 300 år. Og som, rigtigt vedligeholdt, kan holde i mindst 300 år mere.

Det med den 'rigtige' vedligeholdelse er ret vigtigt, for det er her, det går galt, og det er derfor også det, denne bog handler om. Det har vi nemlig forsket i, og har mange og lange erfaringer med, så derfor kan vi nu sige meget præcist, hvad der er rigtigt og hvad der er forkert vedligeholdelse og istandsættelse, og hvad der holder og hvad der ikke holder - *længe*. Hvad der jo i virkeligheden ikke er særlig svært, for vi har tusind af eksempler i vores land på begge dele: Forkert vedligeholdelse og istandsættelse, der ødelægger husene på kort tid, og rigtig vedligeholdelse og istandsættelse, der forlænger deres holdbarged ubegrænset – vi kan også sige *vedvarende*.

Hvad har dette så med *bæredygtighed og cirkulær økonomi* at gøre. Det skal jeg vende tilbage til. Men det er meget mærkeligt, og helt i pagt med energidebatten siden 1970-erne, at stort set alt, hvad der siges og gøres i dagens Danmark om bæredygtighed og cirkulær økonomi indenfor byggeriet - går i den forkerte retning – trods de fine ord: Vi bruger helt unødigt flere og flere naturressourcer, vi udleder helt unødigt fossile brændstoffer og vi producerer helt unødigt mere og mere affald, herunder farligt affald, indenfor byggeriet.

Allerede i dag udgør vedligeholdelse, istandsættelse af eksisterende bygninger 60-80% af aktiviteterne i byggebranchen. Men vi kan samtidigt konstatere, at 60-80% af dette udføres forkert, og med forkerte materialer og metoder. Men hvis vi kan komme op på 80-90% vedligeholdelse, istandsættelse, ombygning og energiforbedring af *eksisterende bygninger*, udført efter den nyeste, forskningsbaserede viden, så holdbarheden forlænges med mindst 100-200 år, og samtidigt reducerer *nybyggeriet* til 10-20% af aktiviteterne, så vil Danmark have langt bedre mulighed for at nå sine klimamål, end i dag.

De 10-20% nybyggeri i fremtiden må kun undtagelsesvis 'koste' nedrivningen af en eksisterende bygning, der er ældre end 1970, og kun efter en meget grundig analyse og værdisætning af dens historiske, tekniske og arkitektoniske værdier. De eksisterende bygninger kan, viser vores forskning, energiforbedres nænsomt, så de kommer 'ned' på et energiforbrug på ca. 50 kWh/m^2 år, produceret fra vedvarende energikilder, uden at svække bevaringsværdierne. Og ved at følge de 'nye' regler for vedligeholdelse, istandsættelse og ombygning – af byggebranchen med et ret upræcist ord kaldt *renovering* – kan disse huse opnå en *vedvarende holdbarhed*. Derved sparer vi som nævnt en masse unødigt affald – fra nedrivninger af ældre huse – fossile brændstoffer – til produktion af nye materialer og forbrug af begrænsede naturressourcer – til nye materialer til nye huse.

Det siger sig selv, at hvis man vedligeholder og istandsætter en murstensfacade, så bevarer og 'genanvender' man denne i højere grad, end hvis man river den ned, renser murstenene og genbruger disse i en ny bygning. Det sidste koster jo også langt mere energi, kørsel, naturressourcer, udleder CO_2 og skaber affald, end det første. Derfor tillader jeg mig at kalde vedligeholdelse og istandsættelse *Høj grad af genanvendelse* og nedrivning, genbrug og genvinding for en lavere *grad af genanvendelse*. Hvis vi tager det tredje udtryk, i nedrivningssammenhæng, *nyttiggørelse*, d.v.s. nedknusning eller afbrænding af 'byggeaffaldet', så sparer det naturligvis lossepladserne for tonsvis af materialer, men dels 'koster' denne proces endnu mere energi, kørsel og udledning af CO_2, f.eks. fra det afbrændte træ og plastik, dels har man på en måde bare flyttet lossepladserne ud som vejfyld eller anden 'opfyldning' i naturen. Ikke, at man ikke skal gøre dette ved uundgåelige nedrivninger. Men det er helt klart det laveste trin i værdikæden, bare at knuse eller brænde byggeaffaldet.

Alligevel diskuteres dette skisma stort set ikke, i den offentlige debat, i pressen, på klima-kongresser indenfor byggeriet eller i bredere sammenhæng. Det håber jeg at dette forskningsprojekt og denne bog vil ændre på.

Hvis du vil gå direkte til projektets resultater, konklusioner og anbefalinger, så findes disse samlet på side 19-22.

Søren Vadstrup 2018

Hvor længe kan bygninger i Danmark holde? Hygroskopiske salte fra tøsaltning kan en sandsten som denne, der er 185 år, ikke lide. Men heldigvis er Bygningskulturen også indrettet, så det er forholdsvis enkelt at reparere eller skifte ødelagte dele ud. Men heller ikke for meget. Her er det allerede sket nederst mod terrænet – men stenen oven på denne kan åbenbart godt vente lidt. Københavns Synagoge, opført 1832-22 af G.F. Hetsch.

Hvor længe kan totalt ubehandlet træ holde i det danske vejr og klima? Ja, denne bullade af egetræ har for størstedelens vedkommende holdt i over 300 år – uden at have været behandlet med maling eller lignende.

1 Vedvarende holdbarhed

1.1 Projektets baggrund

For præcist 100 år siden, i 1918, fik vi i Danmark den første Lov om Bygningsfredning, med det formål at værne – og forhindre nedrivning af – 'Bygninger eller Bygningsdele, som har kunstnerisk eller historisk værdi, og tillige som Regel er over 100 Aar gamle.' I 1966 blev denne definition udvidet til '*landets ældre bygninger af arkitektonisk, kulturhistorisk eller miljømæssig værdi, herunder bygninger, der belyser bolig-, arbejds- og produktionsvilkår og andre væsentlige træk af den samfundsmæssige udvikling*.

Denne lov har resulteret i udpegningen af ca. 9.000 fredede bygninger i Danmark. Over 1.000 ældre kirkebygninger er beskyttet under anden lovgivning

Men hvad med alle de andre, helt almindelige, eksisterende bygninger i landet, hvorfor skal vi værne og forhindre nedrivning af disse? Tiden går jo sin gang, og vi har vel siden 'arilds tid' skiftet de gamle og utidssvarende huse ud med nye, bygget om og til, som vi lystede, efterhånden som kravene til husene og byggeteknikken skiftede. Danmark skal jo ikke været et rent museum.

Det skal vi primært af tre grunde:

1. Fordi alle de 'helt almindelige', ældre huse og bygningsmiljøer fortæller en ligeså vigtig immateriel og materiel historie om, hvem vi er, hvor vi kommer fra og hvorfor vores samfund ser ud, som det gør. Oven i købet på et meget langt stræk.
2. Fordi disse 'helt almindelige huse' har en ret betydelig *brugsværdi*, den dag i dag. De er meget fleksible, de kan bygges om og –til og de kan vedligeholdes meget enkelt. Man kan også sige, at de på grund af dette er meget *bæredygtige*.
3. Fordi de fleste ældre bygninger og byområder helt klart *beriger* vores omgivelser rent æstetisk og arkitektonisk. Det kan nye bygninger også gøre, men *blandingen* af gammelt og nyt, både i den enkelte bygning og i et byområde, medfører ofte en særlig identitet, atmosfære og arkitektonisk helhed, der er meget attraktiv og værd at bevare.

Ældre bygningers kvaliteter og holdbarhed
Vi har i dag cirka 1.3 mil. bygninger i Danmark, det er lidt under en tredjedel af alle bygninger, der er bygget i en 800-årig periode, fra den brændte teglsten blev indført her i landet omkring 1160 - til cirka 1960. Disse bygninger er i dag fra ca. 800 år til ca. 60 år gamle. Samlet repræsenterer de et register på blot omkring 50 byggematerialer, idet der til den enkelte bygning ofte kun er brugt omkring 25 forskellige materialer. Se side 27.

Det er materialer, der indgår i konstruktioner, der *foreløbigt* har vist sig at kunne holde i 150 til 800 år, de 'korteste', eksempelvis støbejern og portlandcement, fordi disse ikke har været kendt og brugt i længere tid. Meget, meget få af disse 60-800 år gamle bygninger er i dag ved at falde sammen. Stort set *intet* – jeg skal vende tilbage til hvad – kan forhindre, at de *ikke* kan holde i mindst 200 år *mere*. Det tillader jeg mig at kalde *vedvarende holdbarhed*.

Vi skal her for det første forstå, at ældre bygninger er meget anderledes bygget, indrettet og tænkt fra starten, end stort set alle andre 'forbrugsgoder', vi omgiver os med. Eksempelvis computere, mobiltelefoner, biler, cykler, tøj, møbler, termoruder, trykimprægneret træ, eternit mm. Ældre bygninger er fra starten bygget til at holde i mindst 200 år eller mere.

For det andet spiller mode og den tekniske udvikling kraftigt ind på levetiden for biler, computere osv. Det gør det også i mange eksisterende bygninger gennem uheldige udskiftninger - på engelsk kaldt 'retrofitting' = ny teknologi til gamle elementer, f.eks. biler.

Men med en række nye løsninger til 'genmontering' af gamle, gennemprøvede elementer og løsninger (en slags 'refitting') i ældre bygninger, kan vi modvirke dette meget effektivt, så gamle bygninger kan leve videre, uden at lide yderligere skade af dårligt tilpassede og ugennemtænkte mode-flip eller tekniske eksperimenter. Og de kan endda også ofte slippe af med disse, og genopstå tæt på deres fordums skønhed. Det er såmænd det, vi kalder 'restaurering'.

1.2 Forskningsprojektet 'Bæredygtig Bygningsarv'

Denne publikation er som nævnt en afrapportering af forskningsprojektet

- *Ny viden om og nyt syn på bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger – med vedvarende holdbarhed*,

som jeg har gennemført på Kunstakademiets Arkitektskole i årene 2014 – 2017 i samarbejde med 3 andre forskere, professor Christoffer Harlang og lektorerne Nicolai Bo Andersen og Thomas Kampmann – som et del-projekt af et samlet projekt, støttet af Realdania, benævnt 'Bæredygtig Bygningsarv'.

For mit vedkommende har dette projekt hængt sammen med to sideløbende projekter:

- *Materialer og håndværksmetoder til istandsættelse af ældre bygninger – med vedvarende holdbarhed*
- *Materialer og metoder til energiforbedring af eksisterende bygninger – med respekt for bevaringsværdierne – og med vedvarende holdbarhed.*

Udført i samarbejde med Center for Bygningsbevaring i Raadvad, støttet af Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen

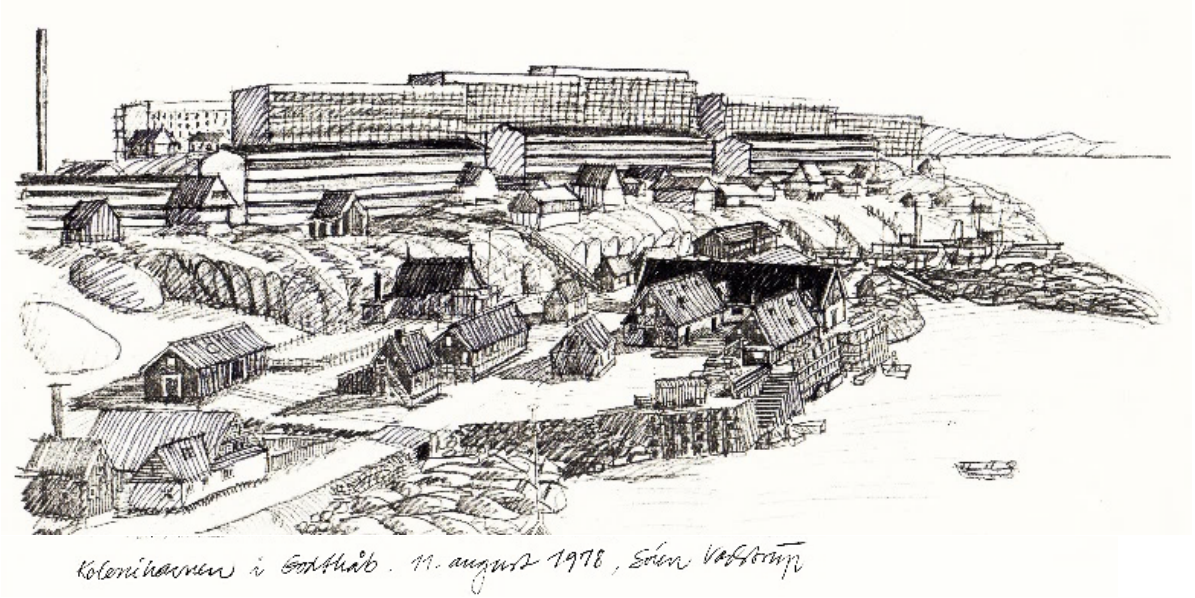
1.2.1 Problemformulering

Bæredygtige bygninger ses ofte som bygninger der forbruger lidt energi. Et affødt problem af dette er, at man enten river ældre bygninger ned, fordi de har et for højt energiforbrug, sammenlignet med helt nye huse, eller at man energiforbedrer eksisterende bygninger på en så voldsom og gennemgribende måde, at arkitekturen og bygningskulturen i disse og deres omgivelser forringes.

Vores tese er imidlertid, at en bæredygtig bygning først og fremmest er en bygning, der holder længe, løbende vedligeholdes og energiforbedres med skyldig hensyn til arkitekturen. Ifølge Bygnings- og boligregisteret (BBR) findes der i dag ca. 200.000 bygninger i Danmark, der er opført før 1900 og ca. 1.100 million, der er opført i årene 1900-1960. Det vil sige, at vi har 1,3 mio. bygninger, der er opført før 1960. Vi har med andre ord cirka en halv million store og små bygninger, der foreløbigt har holdt i over 100 år, og som herunder har tilpasset sig og skiftet til nye funktioner i takt med, at nye generationer er kommet til.

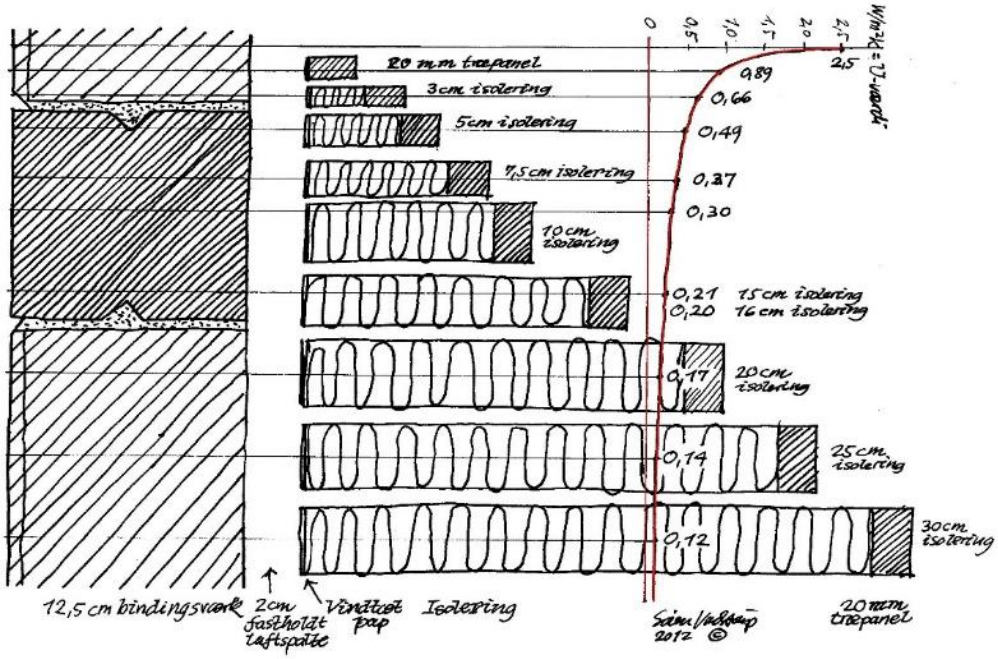
Det er også en bygning med en smuk arkitektur og et godt håndværk, som man helt naturligt tager til sig og tager vare på, netop fordi den rummer historiske, tekniske og arkitektoniske kvaliteter, der peger mange år frem i tiden, og som udgør en meget væsentlig del af vores bygningskultur.

Nyere forskningsresultater fra USA og Norge tyder på at det - set fra en ensidig energioptik - ofte bedre kan betale sig at istandsætte, energiforbedre og genbruge en eksisterende bygning end at bygge et nyt nulenergi-hus. (side 103 – 106)



Det er nu ikke altid at energi-amok'en går ud over de ældste bygninger. De første beton-boligblokke i Nuuk/ Godthaab i Grønland, opført i 1970'erne, der ses på tegningen på første række, over 'Kolonihavnen', blev i 2010, efter kun 40 år, revet ned til fordel for bedre isolerede og mindre energiforbrugende - betonblokke.

De gamle træ- og stenbygninger i forgrunden, fra 1728 – 1950'erne står der endnu og benyttes fortsat – efter en nænsom istandsættelse og energiforbedring - af bl.a. undertegnede.



Voldsom efterisolering betaler sig ikke. Her ses en 12,5 cm tyk bindingsværksvæg, der helt uden efterisolering har en U-værdi på 2,5 W/m²K. Bare man sætter en bræddevæg på 2 cm tykkelse, indvendigt på bindingsværksvæggen, 2 cm fra denne, falder U-værdien til 0,89 W/m²K. Hvis man yderligere isolerer væggen med 10 cm isolering, hvor selve isoleringsmaterialet er fastholdt luft – det gælder f.eks. mineraluld (der dog ikke anbefales af miljømæssige og fugtmæssige grunde), træfiber, hør, hamp eller papir m.fl., så falder U-værdien til 0,30 W/m²K. Ved 15 cm 'luftfyldt' isolering når U-værdien (den røde kurve) 0,21 W/m²K, men herefter falder isoleringsevnen ikke nævneværdigt, selv om man fylder centimeter på centimeter isolering på. Altså ud over 10 – 15 cm isolering er det skønne spildte kroner at efterisolere mere. Med mindre, man har virkelig god plads, f.eks. oven på et uudnyttet loft. Se også side 107.

1.2.2 Hypoteser

En stor del af problemet er, at mange husejere og håndværkere vedligeholder ældre bygninger med forkerte og uhensigtsmæssige materialer og metoder.

Vores hypoteser, der bl.a. bygger på forskning og langvarige erfaringer, udført som led i forskningsprojektet *Nye metoder til analyse og værdisætning af bygninger, bebyggelser og byrum* på KADK/KTR er, at hvis man vedligeholder, istandsætter og transformerer ældre bygninger med brug af de klassiske byggematerialer, bygningskonstruktioner og håndværksmetoder, opnår man følgende fordele:

- De er teknisk velegnede til at kombinere med ældre bygningers materialer og konstruktioner
- De har meget lang holdbarhed, hvis de udføres korrekt
- De understøtter husets historiske helhed gennem deres tekstur samt smukke slid og patinering
- De understøtter husets arkitektoniske kvaliteter gennem deres æstetiske kvaliteter
- De har den bedste totaløkonomi for husejeren, bl.a. i kraft af mindre og enklere vedligeholdelse

Dette er i øvrigt en erfaring, der deles af de antikvariske myndigheder i Danmark, Norge og Sverige, samt Holland, England og Frankrig.

Vi kan på dem anden side konstatere at mange nyligt udførte 'energirenoveringer' på ældre bygninger:

- Forringer arkitekturen
- Har dårlig holdbarhed
- Har dårlig økonomi (tilbagebetaling)
- Forøger CO2- forbruget – på kort sigt
- Indeholder mange nye og uprøvede materialer med kort levetid og skadelige miljømæssige egenskaber

Tal fra det norske miljødirektorat viser at mængden af farlige kemikalier i de fleste moderne materialer, som anvendes til bygningsvedligeholdelse, bl.a. fugestoffer, plastikmaling og lim, er stærkt stigende (INGENIØREN 12.11.13).

De gamle, gennemprøvede materialer som luftkalkmørtel, linoliemaling, kaseinlim mm. er ikke tilsvarende skadelige.

Vi har erfaringer for i Danmark, at vinduer af træ har en holdbarhed og levetid på mindst 400 år – hvis de vedligeholdes med linoliemaling og linolie. Hvis de får et lag plastikmaling – rådner de efter få år.

1.2.3 Forskningsprojektet 'Vedvarende Holdbarhed'

Forskningsprojektet, der som nævnt udgør en del af det førnævnte, samlede projekt 'Bæredygtig Bygningsarv' (2014 – 2017) har gået ud på at undersøge, hvorvidt ældre bygninger, hvis de bevares, transformeres og energiforbedres *nænsomt* kan:

- Reducere CO2-udledningen i Danmark
- Reducere energiforbruget i Danmark
- Reducere affaldsmængderne
- Benytte bedre tekniske løsninger med lang holdbarhed og levetid
- Bevare husets originale materialer og substans
- Opretholde husets arkitektoniske helhed – i sig selv og i forhold til omgivelserne
- Opnå et sundt hus med gode og sunde, ikke forurenende, materialer
- Vise stor fleksibilitet overfor en ny indretning og moderne bekvemmeligheder
- Opnå en bedre økonomi for husejerne

- i højere grad end tilsvarende højisoleret nybyggeri eller mere voldsomt højisolerede ældre bygninger.

Herudover har projektet fremlagt en metode til energiforbedringer af ældre bygninger, der omfatter en metodisk bygningsundersøgelse og værdisætning – et såkaldt 'bevarings- og energisyn' – samt et historisk, teknisk og arkitektonisk helhedssyn på bygningen, der i forhold til det energitekniske også omfatter materialernes og konstruktionernes dokumenterede levetid og det reelle energi- og CO2-forbrug, også til fremstillingen af nye materialer samt til bortskaffelse ved nedrivninger.

Forskningsspørgsmål

Projektet har omhandlet følgende fem spørgsmål, som jeg skal besvare i det følgende:

1. Hvad er levetiden for ældre bygninger i Danmark
2. Hvad er en bæredygtig bygning?
3. Hvad betyder 'genanvendelse' af bygninger?
4. Hvad betyder 'cirkulær økonomi' for bygninger?
5. Kan bygningskulturen (eksisterende bygninger) bidrage til en bæredygtig udvikling?

Det store spørgsmål er selvfølgelig også, om det er muligt at istandsætte og energiforbedre en eksisterende bygning, der er ældre end 1960, til fuld 'moderne' standard -uden at forringe bevaringsværdierne. Og om dette også er det mest bæredygtige og økonomiske valg i forhold til nedrivning og nybyggeri?

Begrebsafklaring og definitioner

Normalt starter man en afhandling som denne med en *begrebsafklaring* af de vigtigste emner indenfor projektet. Her naturligvis 'bæredygtighed' og 'cirkulær økonomi'. Men da jeg kun beskæftiger mig med en *mindre del* af disse begreber, nemlig henholdsvis bæredygtighed *–for byer og bygninger* og cirkulær økonomi *–for byer og bygninger*, vil jeg gennemgå disse begreber i forbindelse med besvarelsen af forskningsprojektets spørgsmål 2 og 3 i kapitel 3 og 4 side 33 og 47. Dette omfatter også definitionen på et helt nyt begreb, som dette projekt har lanceret: *Vedvarende holdbarhed for bygninger*. (side 14).

I det følgende afsnit vil jeg dog bringe nogle definitioner på en række andre relevante begreber i forhold til 'bæredygtighed' og 'cirkulær økonomi', bl.a. 'Byggeaffald', CO_2-regnskab, genbrug, recirkulering, renovering, restaurering og transformation.

Social og økonomisk bæredygtighed

Projektet, og dermed denne publikation, beskæftiger sig kun indirekte med 'Brundtlands rapportens' to andre nøglebegreber, ud over miljømæssig bæredygtighed, nemlig 'social bæredygtighed' og 'økonomisk bæredygtighed'.

Da projektets emne er, hvordan vi kan vedligeholde, istandsætte, energiforbedre og ombygge eksisterende bygninger, så de opnår *vedvarende holdbarhed*, er det naturligvis en forudsætning at de nuværende beboere eller firmaer bliver boende i bygningerne, så længe de lyster. Det ville være direkte asocialt at tvinge nogen til at flytte – som en nedrivning og nybyggeri i sagens natur jo gør! Så i forhold til social bæredygtighed står det **1-0** til bevaring og restaurering frem for nedrivning og nybyggeri.

I rapporten 'Værdien af Bygningsarven', udgivet af Realdania, slås det bl.a. fast, at *salgspriserne* for enfamiliehuse, der er registreret som *bevaringsværdige*, modsat hvad de fleste 'tror', er 30 % højere end gennemsnittet i et lokalområde. Så bygningsbevaring og -restaurering 'hæmmer' på en måde den sociale 'ligevægt/bæredygtighed' i et område, fordi husejernes indkomstniveau ofte vil følge de stigende huspriser for de pænt bevarede, ældre huse. Men ligefrem at rive en smuk gammel bygning ned, og bygge et nyt hus i stedet, for at dette grimme syn kan få huspriserne til at falde igen, er måske lige outreret nok.

Det samme gør sig gældende for *økonomisk bæredygtighed*. I dag gøres der generelt alt for meget, forkert og for dyrt ved ældre bygninger. Men med eksempel i en nænsom, partiel istandsættelse og energiforbedring af den mest sammensatte og komplicerede bygningsdel på en bygning, nemlig *vinduerne*, der beviseligt er billigere end en udskiftning, i udførelse, energibesparelse, vedligeholdelse og finansiering, følger det, at hele husets, langt enklere istandsættelse og energiforbedring m.v. *også* må være billigere end nybyggeri i samme kvalitet. Hvortil kommer en beviselig mindre vedligeholdelse. Så i forhold til økonomisk bæredygtighed står det også her **1-0** til bevaring og istandsættelse, frem for nedrivning og nybyggeri.

Målgrupper

Forskningens primære målgruppe er de husejere der tager beslutninger om hvordan deres bygninger skal istandsættes, energiforbedres eller ombygges. Derudover er rådgivere og håndværkere en central målgruppe for projektets undersøgelser og resultater.

1.3 Begrebsafklaringer

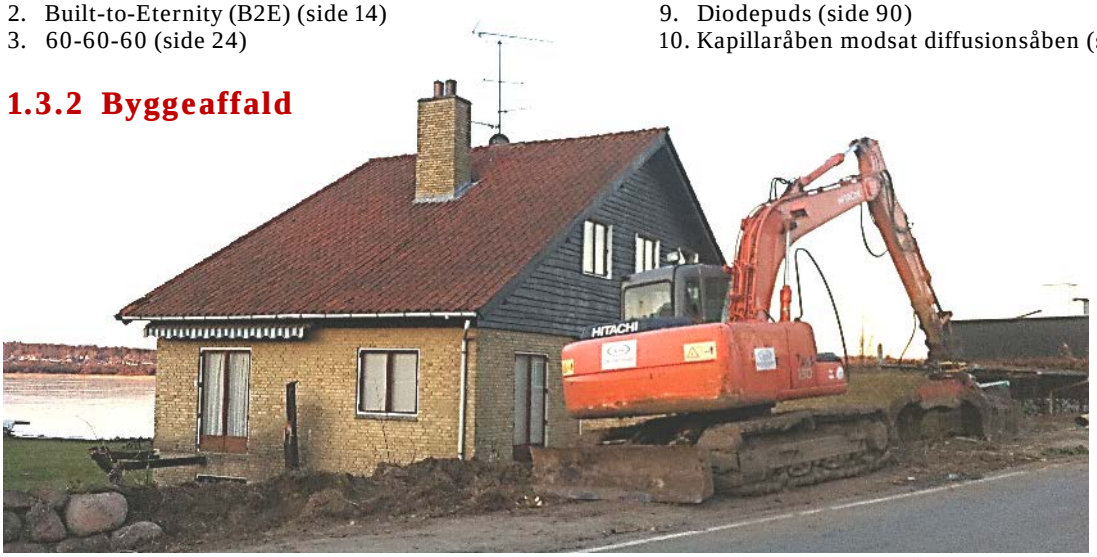
Vedr. **social bæredygtighed** og **økonomisk bæredygtighed** – se side 9.
Vedr. **bæredygtighed og cirkulær økonomi**: se kapitel 3 side 33-47 og kapitel 4 side 47-58.

1.3.1 10 nye begreber

I forlængelse af dette forskningsprojekt introducerer jeg 10, for de fleste mennesker, helt *nye* udtryk og begreber indenfor arkitektur, byggeri og bygningsbevaring, der bliver forklaret i det følgende, bl.a.:

1. Vedvarende holdbarhed (side 14)
2. Built-to-Eternity (B2E) (side 14)
3. 60-60-60 (side 24)
4. De klassiske byggematerialer (side 27)
5. Træhuse i *stolpeværks*-konstruktion (side 43)
6. Høj, middel og lav genanvendelse (side 47)
7. Høj, middel og lav cirkulær økonomi (side 47)
8. Luftkalk og luftkalkmørtel (side 90)
9. Diodepuds (side 90)
10. Kapillaråben modsat diffusionsåben (side 90).

1.3.2 Byggeaffald



Bulldozeren' holder klar. Om kort tid er denne bygning fra 1950'erne revet ned. Dens eneste brøde er, at den ligger på en meget attraktiv grund ud til Furesøen og dernæst at den er for lille og for lidt prestigefuld. Kun kampestenene er lagt til side til genbrug. Se også side 49.

Ved *byggeaffald* forstås det affald, i form af materialerester, fraskæring, spild, fejlleverancer, emballage osv. der stammer fra en nedrivning/nedbrydning eller et nybyggeri, og som køres væk fra byggepladsen.

Ifølge 'Miljøstyrelsens affaldsstatistik for 2015', der er den seneste vi har, blev der i 2015 produceret 4,2 mio. tons byggeaffald til 'deponering', d.v.s. eksklusiv jord, hvilket udgør over 1/3 af det affald, der hvert år produceres i Danmark. Mængden er i 2015 steget med ca. 500.000 tons for 3. år i træk. De 4.2 mio tons affald fordeler sig bl.a. på:

Beton	1.061.000
Mursten	170.000
Tegl og keramik	77.000
Blandede fraktioner af disse	444.000
Træ	107.000
Glas	15.000
Plast	5.000
Kabler	9.000
Asfalt og kultjæreholdigt affald	889.000
Jern og stål	263.000
Isoleringsmaterialer	14.000
Forurenet byggeaffald (bl.a. PCB og asbest)	141.000
Blandet bygnings- og nedrivnings affald	450.000

Bemærk at over 3.0 mil. tons af disse affaldsmængder, svarende til 2/3, kommer fra beton, blanding af beton og mursten, asfalt, forurenet byggeaffald og såkaldt 'blandet bygnings- og nedrivningsaffald', der kun kan nedknuses eller deponeres på lossepladser – d.v.s. den allerlaveste 0g mest primitive form for 'genanvendelse'. Se side 47–58, inkl. skema side 58.

Hertil skal, for *nybyggeriets* vedkommende lægges det affald, der fremkommer under selve produktionen af materialer til byggeprocessen. Også i andre lande. Ingen har tal på dette.

Salg til genbrug
Der er i Danmark et stort marked for brugte byggematerialer. Det gælder vinduer, døre, tagsten, mursten, køkkeninventar, vvs-udstyr som brusekabiner, vaske og wc'er, detaljer som dørgreb og beslag.

Nogle forhandlere af brugte byggematerialer har et bredt udvalg, mens andre har specialiseret sig i fx mursten, tagsten, døre, vinduer eller brædder. Mest kendt er nok Genbyg på Amager, Gamle mursten i Svendborg og Jakobsen Tegl i København SV. For fredede bygninger findes der et genbrugslager for byggematerialer på Frederiksdal, der udleveres som tilskud i forbindelse med restaureringsarbejder.

1.3.3 Farligt byggeaffald

Farligt byggeaffald, og byggeaffald med miljøproblematiske stoffer er nok det værste problem for nedrivning af ældre bygninger i det hele taget og også 'selektiv nedrivning', hvor man forsøger at sortere og genanvende de 'genanvendelige' materialer, der findes i bygningen, f.eks. mursten, tagsten, skiferplader, gulvbrædder m.v.

Men især efter 1950'erne og frem til 1980-erne har man i mange bygninger brugt en række miljøproblematiske stoffer, der dels skal sorteres fra og destrueres på en speciel og dyr måde, af særligt uddannede folk i specialdragter, men dels kan mange af disse stoffer have spredt sig til tilgrænsende byggematerialer, f.eks. vinduer fuget med gummifugemasse.

For visse giftige materialer, f.eks. blyholdig maling, der ikke er farlig eller giftig, der hvor den sidder, er det mest miljøvenlige og mindst skadelige for miljøet egentlig at lade malingen sidde i bygningen, og blot male den over. Men det kræver, at bygningen bliver bevaret og istandsat i stedet for at blive revet ned.

Farligt byggeaffald kan være:

PCB
PCB er en forkortelse for Poly-Chlorerede Biphenyler.PCB er en af de farligste miljøgifte i verden og er i dag helt forbudt at anvende. Men et ukendt antal bygninger kan stadig indeholde PCB-holdige byggematerialer. PCB blev tidligere brugt som fuge- og forseglingsmaterialer i byggematerialer og i industrien, indtil man i 1970'erne fandt ud af, at PCB kan skade både mennesker og miljø. I dag er al anvendelse af PCB forbudt, men stoffet findes som nævnt stadig i vores omgivelser. Se nærmere på hjemmesiden: http://pcb-guiden.dk/fakta-om-pcb.

- PCB kan overføres til mennesker gennem kosten, ved indånding og ved hudkontakt med PCB-holdige materialer.
- Ved langvarig udsættelse for høje værdier kan hud og forplantningsevne tage skade.
- Langtidsophobningen af PCB er også sat i forbindelse med skader på lever, skjoldbruskkirtel, immunapparat og hormonsystem.
- PCB mistænkes også for at være kræftfremkaldende.

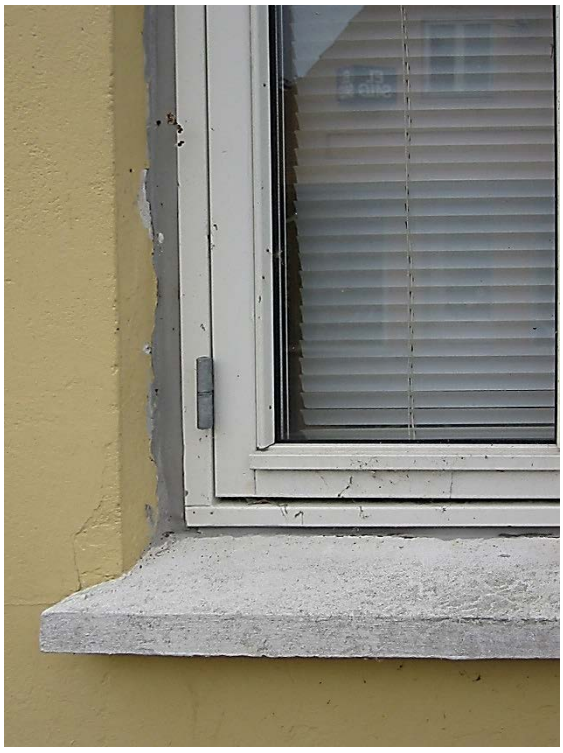
Byggematerialer, hvor man kan finde PCB:

- Elastiske fugematerialer
- Termoruder og fugerne omkring dem
- Plastikmaling
- Flydegulve (fx Acydur)
- Gulvbelægning i vådrum og på steder med kraftigt slid.
- Fliseklæb
- El-kabler

PCB kan også have spredt sig til tilstødende materialer eller være afdampet til andre materialer, fx tæpper, tapeter og betongulve. Fx kan der også være PCB i både vinduesrammen og væggen omkring vinduet, hvis der er PCB i fugerne omkring et vindue.

Byggeaffald, der indeholder PCB-holdige materialer, skal sorteres fra og deponeres eller destrueres efter de regler, der gælder i kommunen.
Sundhedsstyrelsen har fastlagt følgende 2 aktionsniveauer for PCB i indeluft:

- Niveauer over 3.000 ng PCB/m^3 luft indebærer en betydelig helbredsrisiko, og der bør gribes ind uden unødig forsinkelse.
- Niveauer i intervallet 300-3000 ng PCB/m^3 luft indebærer en sundhedsrisiko, hvis du opholder dig i det gennem længere tid. Der bør på sigt gribes ind for at bringe koncentrationen under 300 ng/m^3.



Her er der pladret godt med PBC-holdig 'gummifugemasse' ind i fugerne til de ny-udskiftede termovinduer. Ud over at være giftig er gummifugen alt for fugttæt, så det fugt eller vand, der via porerne i murværket, lander inde bag gummifugen, vil fugte karmtræet op, så det rådner i løbet af få år. Også den fugtige luft fra de indvendige rum, bliver stoppet her og fugter karmtræet op. En utrolig dårlig teknisk og æstetisk løsning – der ofte bliver yderligere forværret ved at fugen er 'stoppet' med/tætnet med mineraluld – der holder på fugten katastrofalt længe. Der må aldrig bruges mineraluld her.

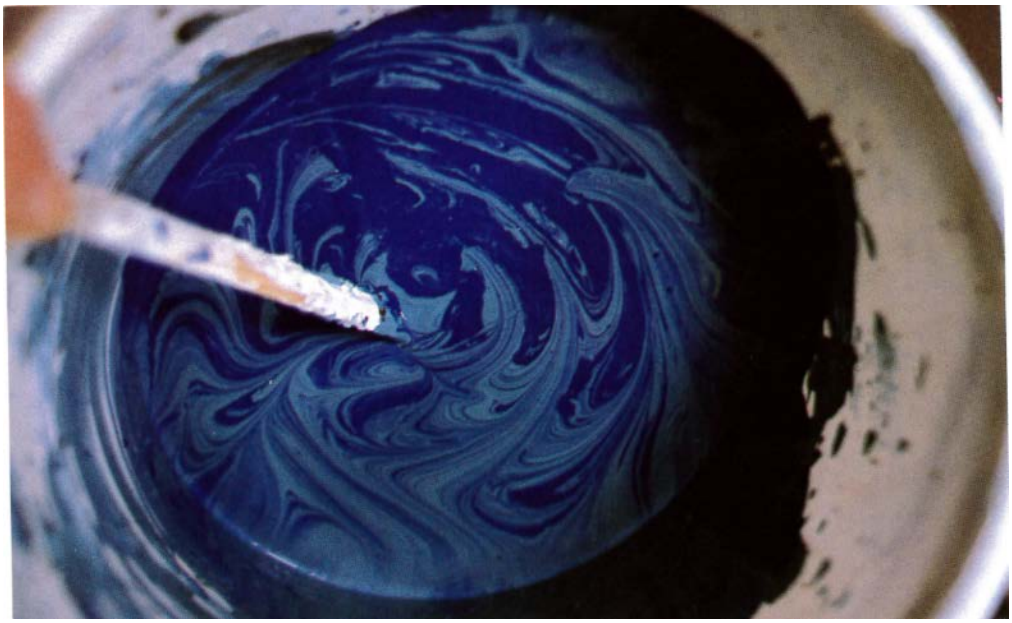
Asbest
Et ikke-brændbart materiale, fremstillet af mineralfibre og anvendt bl.a. til isolering og tagbeklædning. Asbest blev brugt i dansk byggeri i perioden mellem 1920-1986 og findes derfor i mange bygninger fra denne tid. Her ses det hyppigt i tagbeklædninger (fibercement/ eternittage) og lodrette beklædningsplader til udendørs og indendørs brug. Men det kan også findes i en række andre bygningsdele som fx i vinyl- og magnesitgulve, rør-, kedel- og kanalisolering samt i forskellige fliseklæbeprodukter og elastiske fugematerialer.

Asbestfibre er sundhedsskadeligt at indånde, så asbest blev forbudt i Danmark i 1980, og det er i dag forbudt at fremstille, importere, anvende eller blot arbejde med asbest eller asbestholdige materialer.

Phthalater
Ftalat (også skrevet som: Phthalat) er en betegnelse for farveløse, vandopløselige og højtkogende væsker, der bruges som blødgørere i PVC-plast-, farve-, lak- og kosmetikprodukter. Kemisk er der tale om forskellige estere af ftalsyren. Der produceres omkring 1 million tons ftalater i Europa hvert år.

Phtalaterne er et af flere syntetiske stoffer, der er under alvorlig mistanke for at have østrogen-lignende virkninger på dyr og mennesker. Det betyder, at de kan være medvirkende til at fremkalde de påviselige, hormonelle forstyrrelser, som kan konstateres hos fisk, padder og krybdyr i og ved vandløb, der modtager spildevand. Endvidere er ftalaterne under mistanke for at skade mænds sædkvalitet.

Hjemmeblandet limfarve indeholder ikke phthalater med mindre de sniger sig over fra plastikspanden



PVC (hård plastik)
Polyvinylchlorid findes bl.a. i plast-tagrender og nedløbsrør, i vinduesrammer og –døre af plastik, i plastik-fodpaneler og dørpaneler. PVC indeholder bl.a. *phthalater*.

Bly
Findes malingstyperne blyhvidt og blymønje, taginddækniger, rørsamlinger og telefonledninger.

Raadvad-Centeret har udviklet en af Miljømyndighederne godkendt metode til *Ikke-støvende afrensning af blyholdig maling*, der kan udføres uden andre værnemidler end handsker og forklæde. Denne metode gør det billigere og mere miljøvenligt at istandsætte gamle vinduer, frem for udskiftning.

Klorerede paraffiner
Findes i elastiske gummi-fugematerialer.

Diverse giftige kemikalier
Findes fx i lak, træbeskyttelsesmidler, trykimprægneret træ, spartelfarve og visse lime.

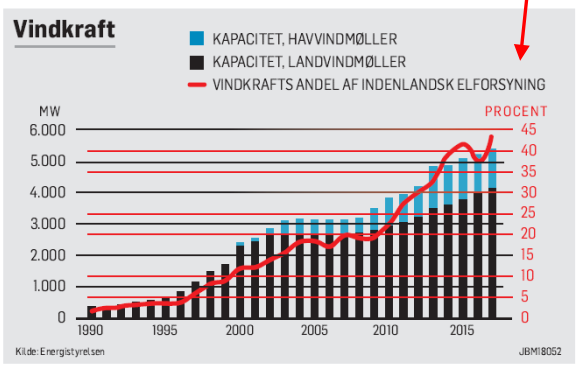
CFC
Findes i opskummende isoleringsmaterialer samt i kølemiddel i køleanlæg.

Celotex-plader
Træfiberplader (også kaldt bløde plader), kom frem i starten af 1900-tallet, og var yderst populære til indvendig isolering på vægge og lofter. Desværre suger de meget nemt fugt til sig, hvorved de fremmer svampevækst og skimmel i de konstruktioner, de sidder på. De er også brandfarlige og afgiver tilmed giftige dampe ved afbrænding. Det har været ulovligt at anvende celotex-plader til byggeri siden 1972. Men de findes stadig i mange ældre bygninger.

1.3.4 CO_2-regnskab, CO_2-beregning

CO_2, eller kuldioxid er en såkaldt 'klimagas' eller 'drivhusgas', der får atmosfæren rundt om Jorden til bedre at holde på den varme fra solen, der rammer Jorden. Dette bevirker, at Jorden bliver varmere og klimaet forandrer sig. Ved planters og træers fotosyntese optager de kuldioxid fra luften og afgiver ilt. Når de rådner eller brænder, bruger de ilt og afgiver kuldioxid til luften. Ved afbrænding af såkaldte 'fossile brændstoffer' i motorer eller kedler, i form af kul, olie, gas eller benzin, der er dannet af plantestoffer for millioner af år siden, udledes der store mængder kuldioxid og bruges ilt.

Bygninger udleder CO_2, hvis den energi, der anvendes til deres opvarmning eller afkøling, bygger på afbrændingen af fossile brændstoffer. Men bygninger udleder også CO_2, når de bliver opført, herunder ved produktionen og transporten af materialer, samt under vedligeholdelsen og reparationen af bygningen. Dette kalder man bygningens CO_2-regnskab, og det er mere retvisende for bygningens 'klimabelastning' end eksempelvis selve energiforbruget eller varmetabet, der benyttes i det danske Bygningsreglement. Især hvis energien kommer fra den CO_2-neutrale *solcelle-* eller *vindmøllestrøm*, hvad flere og flere m^2 gør.



*De gamle vinduer kan, korrekt istandsat, holde i 100-150 år mere. Det kan man med god ret kalde **ægte** genbrug, cirkulær økonomi og bæredygtighed – ja hele 'remsen', mens en udskiftning med nye vinduer ikke fortjener disse prædikater.*

1.3.5 Genanvendelse, genbrug, genvinding og nyttiggørelse

Udtrykkene *genanvendelse, genbrug og genvinding* bruges meget ofte helt i flæng, men man bør være opmærksom på, at de ligesom de engelske udtryk, reuse, recycle, regain og recovery, betyder noget ret forskelligt.

I den danske miljølovgivning er *genanvendelse* det overordnede, samlede begreb for det at undgå at skabe affald på forskellige måder, især disse tre:

- **Genbrug** (reuse)**:** Anvendelsen af en tidligere produceret genstand til samme formål, evt. efter en istandsættelse, eller blot en skylning og rensning, f.eks. flasker af glas. I byggebranchen eksempelvis tagsten, mursten, døre, vinduer etc.

  Man mangler her et udtryk for at tingene, her bygningerne, slet ikke rives ned, men istandsættes og *genanvendes* som de er, på stedet. Istandsættelse var måske et godt ord – jf. billedet, hvor et gammelt vindue bliver istandsat. 'Renovering' eller 'renovation' dur ikke, jf. senere.

- **Genvinding /genindvinding** (recycle,)**:** Anvendelse af en tidligere produceret genstand, eller dele af denne, til et nyt formål, efter en større eller mindre bearbejdelse. Vi mangler her gode eksempler fra Byggebranchen, men Tegnestuen Vandkunsten har forsøgsvis rettet nogle kasserede ventilationskanaler af zink ud, og brugt dem som facadebeklædning – dog kun i en udstilling.

  I forlængelse af udtrykket 'recycle' taler man, også på dansk, om at 'upcycle' og 'downcycle', henholdsvis at løfte i værdiniveau eller sænke dette.

- **Nyttiggørelse** (recoverability)**:** Anvendelse af en tidligere produceret genstand som råstof i nye materialer, f.eks. efter knusning, smeltning eller adskillelse. Herunder også afbrænding og varmeproduktion af f.eks. træ eller plastik.

Som man kan se er der forskel på graden af, i hvor stort omfang 'originalmaterialet' skal bearbejdes for at kunne genbruges, genvindes eller nyttiggøres.

Man kan derfor ikke tale om, at man 'knuser beton til genbrug'. Men man kan tage en jernbetondrager ned fra en eksisterende bygning, og *genbruge* den som jernbetondrager i en ny bygning, eller man kan skære den i mindre stykker og *genvinde* den som en lodret søjle, eller man kan *nyttiggøre* den som vejfyld ved at knuse betonen og omsmelte armeringsjernene.

Se en yderligere uddybning af dette side 33-72.

1.3.6 Renovering, restaurering og transformation

Det er også vigtigt, at holde disse tre begreber adskilt, da de betyder noget ret forskelligt:

Renovering: Herved forstås en fornyelse eller udskiftning (Latin: *renovare = forny, gøre nyt, - også bortfjerne affald/latriner)* af eksisterende bygningsdele i en bygning, f.eks. vinduerne, taget, gulve, lofter eller trapper. Ofte på en meget grov og ufølsom måde, hvor man ikke bevarer ret meget af de oprindelige materialer og konstruktioner. Moderne materialer foretrækkes frem for de klassiske byggematerialer, der passer til huset. Denne fremgangsmåde bør derfor helt undgås på ældre bygninger. Også fordi begrebet *renovering* bruges i flæng om alle mulige og forskellige holdninger, metoder og måder, nærmest med hver mand sin egen, uden en standardiseret eller formuleret fællesnævner. Ordet *renovering* forveksles ofte med *renovation*, der betyder fjernelse af affald. Heller ikke noget godt udgangspunkt for kvalificerede indgreb i ældre bygninger. (se også side 22).

Restaurering: Herved forstås en håndværksmæssig istandsættelse eller reparation af de eksisterende materialer, elementer eller dele på en eksisterende bygning. Restaureringsprojektet hviler altid på en forudgående historisk, teknisk og arkitektonisk analyse og værdisætning af bygningsdelen eller hele bygningen. Ved en restaurering sker der en høj grad af bevaring og konkret istandsættelse af de eksisterende originalmaterialer, f.eks. ved at skifte de rådne dele af en dør ud (udlusning), og kun disse. Hele døren istandsættes, så den bliver teknisk fuldt funktionsdygtig, helstøbt som element og i overensstemmelse med dørens oprindelige historiske og arkitektoniske udtryk. Det samme skal gælde for hele bygninger, der restaureres. En tagomlægning med genanvendte tagsten – eller nye helt magen til de eksisterende – kan også repræsentere en restaurering af taget.

Transformation: Herved forstås en større eller mindre ombygning, omdannelse eller tilbygning af en eksisterende bygning, ofte til et nyt formål eller til samme formål, men med væsentlige funktionsmæssige eller indretningsmæssige ændringer. En transformation repræsenterer løsninger, design og arkitektoniske valg, der er indlevet i husets arkitektur, historie og bærende bevaringsværdier - ud fra en forudgående historisk, teknisk og arkitektonisk analyse og værdisætning af disse. En transformation kan omfatte fjernelse af eksisterende bygningsdele i bygningen, hvis indgrebet kan begrundes arkitektonisk eller funktionelt.

I bogen: Vadstrup, Søren: *Håndværk og Bygningsrestaurering – Forskning og ny viden om istandsættelse af ældre bygninger* (2018), i samme serie som denne, er disse begreber yderligere beskrevet og defineret, især 'bygningsrestaurering'.

Ved 'bygningsrestaurering' udskifter man kun de dele, der er absolut dårlige.

Murstenene renses og kommer tilbage i tavlene.

Dette er også det billigste for ejeren og bevarende for huset.

Gavlen på 'Viby Hospital' i landsbyen Viby på Fyn

1.3.7 Nyt begreb: Vedvarende holdbarhed

Dette begreb introduceres i denne rapport/publikation/bog. Udtrykket er især er knyttet til bygninger, der er opført *før* ca. 1960-70, og betyder at et hus, der f.eks. allerede har holdt i 200 år – bl.a. fordi det jo beviseligt står der endnu, kan blive stående i mindst 200 år *mere*, hvis det vedligeholdes og istandsættes med de klassiske byggematerialer. Det er tæt på en ubegrænset levetid og vedvarende holdbarhed, som dansk bygningskultur har tusindvis af eksempler på.

På engelsk har man begrebet 'Cradle-to-Cradle' (C2C), på dansk 'vugge-til-vugge', der har afløst det ældre og mindre progressive udtryk 'vugge-til-grav'. Men konkret for (ældre) *bygningers* vedkommende er det som nævnt nødvendigt, at vi tænker noget længere end den ret korte, menneskelige livscyklus, som begge disse udtryk afspejler. 'Vedvarende holdbarhed' kan oversættes til 'Sustained/persistent/unlimited durability'. Men hvad med: 'Built-to-Eternity' (B2E)?

1.4 Forskning og ny viden

1.4.1 Den praksisbaserede forskningstradition

Tømmerkonstruktionen til en 'Haubarg', bygget af studerende på Arkitektskolen i 2012 som led i et forskningsprojekt på kandidatprogram i 'Kulturarv, Transformation og Restaurering. Se også side 43.

De to forskningsprojekter på Kunstakademiets Arkitektskole, som denne bog omhandler:

- *Ny viden om og nyt syn på bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger – med vedvarende holdbarhed.*
- *Ny viden om materialer og metoder, holdninger og principper til restaurering, transformation og energiforbedring af ældre bygninger,*

bygger bevidst videre på en tidligere etableret forskningstradition på Arkitektskolen i København, som man kan kalde 'praksisbaseret viden, kombineret med videnbaseret praksis'.

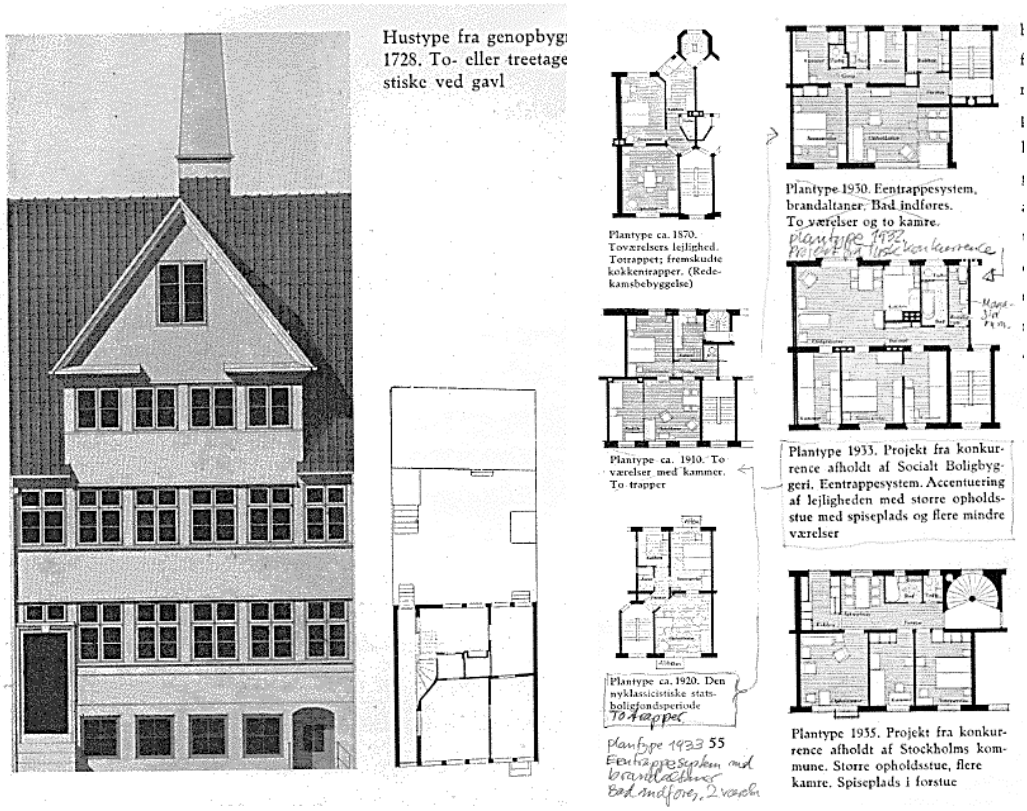
Denne forskningstradition, som professorerne Kay Fisker (1893 – 1965), Kaare Klint (1888-1954) og Steen Eiler Rasmussen (1898-1990) stod i spidsen for, blev skabt i 1930'erne og 50'erne. Det var henholdsvis 'Boliglaboratoriet', der undersøgte dansk bolighistorie og kom med forslag til udvikling af nye boligformer, tilpasset det moderne samfund, 'Møbelskolen, der udviklede en række nye kvalitets-møbler, så man kunne møblere den af 'Boliglaboratoriet' skabte funktionelle bolig, på en ny og funktionel måde, og til en overkommelig pris, og 'Byplanafdelingen', der opdyrkede en tilsvarende virkelighedsnær og socialt engageret dansk byplanpraksis.

Denne praksisbaserede forskningstraditions kendemærke, gik også i stor udstrækning ud på at integrere forskningen med undervisningen på Akademiet, en tradition, der blev videreført i 1960-erne og 70-erne af professor Peter Bredsdorff (1913 – 1981), indenfor byplanlægning, docent Hans Henrik Engqvist (1912 – 2003) indenfor bygningshistorisk forskning og lektor Curt von Jessen (1925 – 1999) indenfor historisk bygningsteknologi. De studerende medvirkede naturligt til at opmåle og undersøge de objekter, man arbejdede med, det være sig huse, boliger, møbler eller byplaner.

I 2009 har vi genoptaget denne forskningstradition på Kunstakademiets Arkitektskole i tilknytning til Kandidatprogrammet for Kulturarv, Transformation og Restaurering, der blev etableret dette år med Christoffer Harlang som professor.

Hvordan griber vi så denne metode an i dag? Indledningsvis skal man naturligvis formulere projektets emne, formål, forskningsmetoder, særlige problematikker og forudgående (restaurerings)-holdninger.

Forskningsmetoden består herefter af fem trin, der hver især afsluttes med et sammendrag:



På Kay Fiskers Boliglaboratorium på Kunstakademiets Arkitektskole målte de studerende i 1930-erne og 40-erne en række gamle boligtyper op (t.v.) og analyserede deres oprindelige indretning.
Illustrationer fra Kay Fiskers artikel 'Boligens Former' i bogen 'Moderne Dansk Boligkunst' fra 1946, hvor der imidlertid er byttet godt og grundigt rundt på billedteksterne. Det har næppe huet Fisker.

1.4.2 Fremgangsmåde

1. State of the Art
– hvad findes der indenfor området
Registrering og dataindsamling, herunder især opmålinger og bygningsundersøgelser af de historiske, herunder kulturhistoriske, tekniske og arkitektoniske forhold, plus andre.
Indsamling af teoretisk viden fra andre lignende projekter.

2. Problemformulering
– hvad mangler at blive undersøgt
I dette projekt bl.a. – se også næste side:

- Levetider for eksisterende bygninger, konstruktioner og materialer
- Årsager til reducerede levetider (bl.a. uhensigtsmæssige materialer). Hvor går det galt?
- Samlet bevarings- og energisyn (Analyse og Værdisætning + immaterielle værdier + principper
- Anbefalede materialer og metoder til vedligeholdelse og istandsættelse – med 100 års levetid
- Materialer og metoder til energiforbedring og efterisolering (primært indvendig efterisolering) af eksisterende bygninger – med 100 års levetid
- Det nordiske træhus, herunder af bindingsværk, og den nordiske træstad
- Kalk, mørtel og murværk. (testfelter på Marienlystmuren i Helsingør – ikke afsluttet i 2018).
- Kridtstenshuse på Stevns.
- Vinduer af træ i 1940'ernes og 50'ernes etagehuse
- Den immaterielle kulturarv som bevaringskriterie
- Prioriterede energiforbedringer på eksisterende bygninger.

3. Afprøvning
– bl.a. sammen med studerende på KTR
Forslaget eller forslagene udføres og afprøves, enten som 1:1 afprøvning eller i mock-up, model, tegning eller andet.

I dette projekt:
'Hvordan indpasser man nye huse af træ - i den historiske bykerne i træbyen Helsingør'? (semesteropgave, efteråret 2015)
'Vinduer af træ i 1940'ernes og 50'ernes etagehuse' (semesteropgave, forår 2016),
'Den immaterielle kulturarv som bevaringskriterie' (semesteropgave, efteråret 2016, Vikingeskibshallen, Bæredygtig transformation og cirkulær økonomi. (semesteropgave, foråret 2017, Svanemølleværket, Semesteropgave efteråret 2017, Annebergparken ved Nykøbing Sjælland.)

Indvendige vægge af brædder, rørvæv og puds af luftkalkmørtel, der limfarves, optager og afgiver rumfugten meget villigt, bl.a. fordi overfladerne er kapillaråbne – i stedet for diffusionsåbne. Her ses dog kun selve rørvæv og brædder. Fuldskalaforsøg i fredet bygning.

1.4.3 Konkret forskning og formidling. Kort oversigt.

Af praktiske grunde har mit forskningsprojekt været opdelt i følgende tre del-emner:

1. *Ny viden om og nyt syn på bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger – med vedvarende holdbarhed,*
2. *Materialer og metoder til energiforbedring af ældre bygninger – med respekt for bevaringsværdierne, og med vedvarende holdbarhed.*
3. *Materialer og håndværksmetoder til istandsættelse af ældre bygninger – med vedvarende holdbarhed*

I de følgende kapitler er resultaterne fra det første af disse projekter gennemgået nærmere, plus nogle af resultaterne fra de to andre. Herunder også, hvor disse er formidlet og publiceret. Her følger et kort resume over de emner, projekterne har beskæftiget sig med:

Ny viden om og nyt syn på bæredygtighed og cirkulær økonomi for byer og bygninger - med en vedvarende holdbarhed.

Forskning og ny viden

- Begrebsafklaringer. (side 10)
- Ældre bygningers holdbarhed og levetider (s. 26).
- Materialer og metoder til vedligeholdelse og istandsættelse af ældre bygninger. (se side 27)
- De ti gode råd vedr. vedligeholdelse og istandsættelse af ældre bygninger. (se side 29)
- Danske og internationale bæredygtigheds-certificeringer. (se side 36-40)
- Nye definitioner af bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger. (se side 35)
- Ny definition på genanvendelse af bygninger (s. 43)
- Energikriserne i 1770-erne og 1970-erne.(side 81)
- Ældre bygningers klimatilpasning. (se side 86)
- Ældre bygningers tilpasning til ekstremt vejr (s. 86)
- Vedvarende holdbarhed for nye huse (side 42)

Formidling
Foredrag: 7. Passivhus-Norden-konference (7PHN) i Bella-Centeret, oktober 2015 (se side 101)
Foredrag: Building Green i Forum, 2016.
Paper: SOS-terra, Valencia, 2017 (side 96)
Udstilling KADK, december 2017 (se side 72)
Foredrag: ROBUST, november 2017 (denne bog)
Artikel i ROBUST, november 2017 (side 83)
Denne publikation: *Vedvarende holdbarhed. Bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger*.

Materialer og metoder til energiforbedring af eksisterende bygninger – med respekt for bevaringsværdierne – og med en vedvarende holdbarhed.

Forskning og ny viden
- Ny standardiseret metode til energiforbedring af eksisterende bygninger – med respekt for bevaringsværdierne (murværk, træ, bindingsværk, beton). Så disse opfylder Bygningsreglementet (Renoveringsklasse 1) (50KWh/m^{2}år). (side 108)
- Samlet 'Bevarings- og Energisyn og prioriterede energiforbedringer i 3 klasser. (se side 110)
- Dampspærrer og indvendig efterisolering uden dampspærrer (bog + side 110)
- Isoleringsmaterialer og efterisoleringsmetoder
- Ler og lerpuds som dampspærrer og fugtbuffere – bl.a. indskudsler. (se side 94)
- Forskelle på diffusionsåbne materialer og kapillaråbne materialer (se side 90)
- Ikke-støvende afrensning af blyholdig maling – specielt på vinduer (ANVISNING, Raadvad)
- Indeklimaforhold i ældre bygninger, herunder efterisolerede bygninger (bog)
- Vedligeholdelse, istandsættelse og energiforbedring af sten- og træhuse i Grønland.
- Vedligeholdelse, istandsættelse og energiforbedring af kridtstenshuse å Stevns (bog)

Formidling
'Information om Bygningsbevaring 2014' (Kulturarvsstyrelsen, 2014)
Kridtstenshuse på Stevns (Stevns kommune, 2014)
Bevaringsværdige bygninger – gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold. (publikation)
NOTAT om lerindskud og lerpuds (se side 94)
Work-shops og foredrag for rådgivere, producenter, administratorer m.fl. i Stevns, Odense, Roskilde, Frederiksværk, Fredensborg og Københavns kommuner.
Work-shops og foredrag for rådgivere, producenter, administratorer m.fl. i Grønland
Undervisning på KTR, Arkitektskolen i Aarhus, Center for Bygningsbevaring, KEA m.fl.

Materialer og håndværksmetoder til istandsættelse af ældre bygninger – med vedvarende holdbarhed

Forskning og ny viden
- Det nordiske træhus og den nordiske træby. (Nordisk projekt: DK, S, N og SF) (ikke afsluttet)
- Det danske bindingsværkshus og danske bindingsværksmiljøer (Bog, udkommer i 2019)
- Hvordan indpasser man nye huse af træ - i den historiske bykerne i træbyen Helsingør (Foredrag).
- Bindingsværks-håndværker – et 'nyt' fag
- Analyse af og maskinel fremstilling af de klassiske træsamlinger. (ikke afsluttet – se side 42-46)
- Maling og overfladebehandling på bindingsværk
- Mørtel- og pudsforsøg på Marienlystmuren'.
- Vinduets kulturhistorie (artikel)
- Nye vinduer af træ til 1940-ernes og 50-ernes almennyttige, murede boligblokke. (se side 76)
- Kalkning på uens bund - uden skjolder

Formidling
Bevaringsværdige bygninger – sikring af bevaringsværdier (3. reviderede udgave 2018) (publikation)
Netværk for Bindingsværk (By og Land + Raadvad)
Kursus for 'bindingsværks-håndværkere'
Udstilling hos Villum Window Collection i Søborg. Samt foredrag om 'Vinduets kulturhistorie'.
Undervisning på KTR, Arkitektskolen i Aarhus, Center for Bygningsbevaring, KEA, Grønlands Nationalmuseum m.fl

Lerklining af bindingsværk på hassel-kæppe

1.5 Projektets resultater

1.5.1 Forskningsprojektets samlede konklusioner

1: Levetider, vedligeholdelse og istandsættelse af ældre bygninger (side 26)

1. Bygninger og bygningsdele, der er ældre end 1960-70 har beviseligt *meget* lange levetider – fra 60 til omkring 800 år, hvilket for det første kan konstateres ved, at de rent faktisk findes, og dernæst at de fortsat kan vedligeholdes, så de uden problemer kan holde i mindst 200 år *mere*. Herved kan de opnå en *vedvarende holdbarhed*.
2. Det skyldes også at bygninger, der er ældre end ca. 1960-70 er bygget med helt *andre materialer* og metoder end yngre bygninger, herunder helt nye bygninger i dag. Derfor skal de også konsekvent vedligeholdes og istandsættes med de samme slags materialer, som de er bygget med. De såkaldte 'klassiske byggematerialer' som mursten og luftkalk, spejlskåret og marvskåret kernetræ, linoliemaling, hvidtekalk og massivt træ i beklædninger o.a.
3. Bygninger, der er ældre end 1960-70 skal slet ikke vedligeholdes så meget, og eventuelle reparationer kan med fordel ske *partielt*. Det vil sige, kun der, hvor det er nødvendigt. De poreåbne materialer og konstruktioner indeholder selv offerlag og offerelementer, som ikke bør vedligeholdes for tit, men begrænses til en enkelt, men systematisk, forebyggende vedligeholdelse.
4. De mest alvorlige tekniske og æstetiske skader på bygninger, ældre end 1960-70 skyldes anvendelsen af uhensigtsmæssige materialer, metoder til vedligeholdelsen og istandsættelsen – **ikke** nedbrydning fra vejr og vind, frost og tø.
5. De klassiske materialer og metoder er også de mest hensigtsmæssige, rent totaløkonomiske for bygninger, der er ældre end ca. 1960-70, bl.a. på grund af deres robusthed og holdbarhed.

2: Hvad er en bæredygtig bygning? (s. 35)

En bæredygtig bygning, er en bygning, der:

1. Har holdt meget længe (60 –200 år*) – og herefter kan genanvendes på stedet ved at blive vedligeholdt, istandsat og ombygget med omtanke, så holdbarheden fortsætter ligeså længe - faktisk vedvarende, hvis den løbende vedligeholdes og energiforbedres med de klassiske materialer og metoder. (*stråtage og skorstenspiber undtaget).
2. Er bygget til at holde meget længe, fordi den består af materialer og konstruktioner med en meget lang -mindst 200 år* –levetid og holdbarhed, og med en enkel og miljøvenlig vedligeholdelse. (*stråtage og skorstenspiber undtaget).

   NB.: Opførelsen af et nyt hus må ikke 'koste' nedrivningen af en eksisterende bygning – det er ikke bæredygtigt.
3. Har et lavt energiforbrug, baseret på enkle og naturlige løsninger, med meget lang levetid.

Bæredygtighed for bygninger = Vedvarende holdbarhed

3: Hvad er genanvendelse for bygninger?

Begrebet 'genanvendelse' skal i relation til bygninger og byggeri, byer og bebyggelser, differentieres i 3 grader og 8 forskellige genanvendelses-metoder (s. 47):

Høj grad af genanvendelse:

1. Vedligeholdelse og forebyggende vedligeholdelse
2. Istandsættelse, reparation, restaurering
3. Ombygning, transformation (renovering)
4. Rekonstruktion, retablering
5. Vedvarende anvendelse

Middel grad af genanvendelse

1. Genbrug
2. Genvinding

Lav grad af genanvendelse

3. Nyttiggørelse

4: Hvad er cirkulær økonomi for bygninger

Cirkulær økonomi for bygninger skal opdeles i 3 niveauer efter deres grad af genanvendelse (side 58):

1. høj grad af genanvendelse og cirkulær økonomi = vedvarende anvendelse (90% genbrug/bevaring)
2. middel grad af genanvendelse og cirkulær økonomi (40 – 50% genvinding + affald og kørsel)
3. lav grad genanvendelse og cirkulær økonomi (60 – 70% nyttiggørelse + affald og kørsel)

Det er alt for unuanceret bare at tale om 'cirkulær økonomi/cirkulært byggeri'. Uden at forklare, om der er tale om høj, middel eller lav grad af cirkulær økonomi

5: Kan bygningskulturen bidrage til en bæredygtig udvikling? (side 83 og 112)

De lande, byer og firmaer, der kan specialisere sig i at sætte eksisterende ældre bygninger i stand, så 90-100% af disses materialer kan genbruges på stedet, med et ekstremt lille materiale-, energi- og affaldsforbrug – *udgør fremtidens bæredygtige udvikling.*

Mens de lande, byer og firmaer, der river ned for at bygger nyt, *hæmmer fremtidens bæredygtige udvikling.* Deres problem er, at de forbruger begrænsede råvarer og fossile brændstoffer og dertil kræver plads til affald – herunder giftigt og farligt affald.

Forskningsprojektet har yderligere vist, at det er muligt at istandsætte, energiforbedre og genbruge en eksisterende bygning, der er ældre end 1960, til fuld 'moderne' standard, uden at forringe bevaringsværdierne. Og at dette også er såvel det mest bæredygtige - som det mest økonomiske valg.

Forslag til ny servicerings-ordning for bæredygtige bygninger og byggeri – se side: 41.

1.5.2 Handleplan

Det er nu bevist: Nænsom istandsættelse og energiforbedring af eksisterende bygninger – er mere bæredygtigt end nedrivning og nybyggeri

Forskningsprojektets resultater viser, at hvis man istandsætter og energiforbedrer eksisterende bygninger, der er opført før ca. 1960, nænsomt efter disse to bøgers anvisninger, medfører dette følgende fordele, frem for nedrivning og nybyggeri – inklusive alle former for sekundær eller tertiær genanvendelse og cirkulær økonomi:

1. Bevare, anvende og udvikle vores bestående bygningskulturarv på en kvalificeret måde, så de historiske og arkitektoniske helheder, som disse udgør i vores byer og landskaber, ikke forringes, bl.a. af bevidstløse nedrivninger, som det ofte sker i dag.
2. Bygge videre på de gamle og gennemprøvede, tekniske og bygningsfysiske løsninger for huset og dets oprindelige dele, så de uden problemer holder i 100-200 år, ud i fremtiden.
3. Reducere klimabelastningen for landet, først og fremmest fra CO2 – her og nu – gennem et mindre energiforbrug i husene, ægte og primært genbrug, lagring af CO2, bygninger med ubegrænset/vedvarende holdbarhed, forebyggende vedligeholdelse med minimalt forurenende materialer.
4. Reducerer mængden af byggeaffald, bl.a. fra nye materialer, i forhold til nybyggeri
5. Reducerer energiforbruget, miljøbelastningen og de økonomiske udgifter til transport af byggematerialer, håndværkere, affald mm.
6. Opnå gode, sunde huse af naturlige materialer med et godt indeklima, uden plastik eller andre syntetiske stoffer
7. Forbedre ejernes økonomi ved at energiforbedre nænsomt og i pagt med husets bevarings-værdier og samtidigt mindske vedligeholdelses-omkostningerne

De eksisterende bygninger kan, uden at svække bevaringsværdierne, energiforbedres nænsomt, så de kommer 'ned' på et energiforbrug på ca. 50 kWh/m^2 år, produceret fra vedvarende energikilder. Og ved at følge de 'nye' regler for vedligeholdelse, istandsættelse og ombygning, beskrevet i disse to bøger, kan disse huse opnå en *vedvarende holdbarhed*. Se et resume af disse resultater på side 109-111.

Derved sparer vi en masse unødigt affald – fra nedrivninger af ældre huse – fossile brændstoffer – til produktion af nye materialer og forbrug af begrænsede naturressourcer – til nye materialer til nye huse.

Det er en udbredt myte, at ældre bygninger er meget store forbrugere af energi og udledere af CO2. Men det er ikke de ældre bygninger – *i sig selv* – der har et højt energiforbrug. Det er beboernes konkrete brug og adfærd. Bygningen betyder relativt lidt, og det ses næsten altid, at når ældre bygninger bliver energiforbedret – at så stiger det målte energiforbrug i disse. Se også skemaet side 103.

Bæredygtig og ikke-bæredygtig 'bygningsrenovering'

I de to førnævnte bøger er det gennemgået, på baggrund af mange års erfaringer, hvordan man istandsætter og energiforbedrer ældre bygninger på en nænsom og bæredygtig måde, så de bærende bevaringsværdier ikke mistes under denne proces. De langvarige erfaringer, der refereres til omfatter bl.a. Kulturstyrelsens (i dag Slots- og Kulturstyrelsen) '*Information om Bygningsbevaring*', der er udkommet siden 1989, Socialministeriets '*Bevaringsværdige Bygninger – sikring af bevaringsværdier* (2006), Center for Bygningsbevaring i Raadvad's *ANVISNINGER til Bygningsbevaring* fra 2010 m.fl. Informationsmaterialer og Vejledninger, der i stort omfang benyttes af de arkitekter, ingeniører og håndværkere, der arbejder på de fredede og bevaringsværdige bygninger i Danmark.

Ikke-bæredygtig 'bygningsrenovering'

Som det fremgår af litteraturlisten på side 114, er der gennem de senere år udgivet forskellige andre publikationer og 'hvidbøger' om 'bæredygtig bygningsrenovering'. Det er dog ret bemærkelsesværdigt at *ingen* af disse hverken nævner, inddrager eller støtter sig til de ovennævnte informationsmaterialer fra bl.a. de offentlige myndigheder indenfor området, eller til de virksomheder og personer, der har udarbejdet disse. Var det sket, havde jeg uden tvivl hørt om det.

Normalt skulle man derfor i et projekt som dette gennemgå denne, på papiret, tilgrænsende litteratur. Men jeg vil her nøjes med at citere én af disse publikationer, nemlig 'Hvidbog om bygningsrenovering' 2013, side 20, hvor der står: '*Der er et kæmpe hul både m.h.t. viden og m.h.t. mulig indsats på området, så snart det drejer sig om ældre byggeri, herunder bevaringsværdige bygninger*'. Man efterlyser med andre ord her viden og informationer, der har været udbredt i 'bogform' siden 1989 og på internettet siden 2000 – 2-3 'klik' væk. 'Hvidbogen' imødegår på ingen måde denne påstand, og er derfor selv med til at selv at demonstrere et totalt manglende kendskab til hele *bygningsbevaringsområdet.*

Når der af mit forskningsprojekts undersøgelser og konklusioner fremgår, at 60-80% af alle de istandsættelser, ombygninger, restaureringer, renoveringer osv., der foregår i dag på bygninger, opført før 1960, sker med *forkerte* (uhensigtsmæssige) materialer, metoder og holdninger, skal den største årsag hertil søges i netop dette faktum: At man enten slet ikke er bekendt med, jf. citatet overfor, eller bevidst ønsker at inddrage viden og erfaringer fra ovennævnte vejledninger og informationsmaterialer.

Først og fremmest *mangler* disse, som jeg vil kalde 'ikke-bæredygtige renoveringer' på ældre bygninger:

- En på forhånd formuleret, standardiseret forundersøgelsesmetode. Hver mand og hver sag har i stedet sin egen – eller for det meste slet ingen.

Den autoritative kilde til den nyeste viden om materialer og metoder til vedligeholdelse og istandsættelse af ældre bygninger er Kulturarvs-styrelsens (nu Slots- og Kulturstyrelsens) '*Information om Bygnings-bevaring 2014*', *der såmænd ligger frit tilgængeligt på internettet. Hvordan kan 'nogen', der arbejder med eller skriver om 'renovering' ikke vide det. Det kunne selvfølgelig være, at producenterne af plastikmaling var endnu klogere. Hvem ved.*

- Inddragelse af bygningens historie, kulturhistorie eller dens oprindelige og nuværende arkitektoniske kvaliteter.

- En på forhånd formuleret 'renoverings-holdning' til f.eks. bevaring/udskiftning, materialeholdninger, overflader og holdbarhed. Igen kan hver byggesag tilsyneladende bare 'opfinde' sin egen.

Hvis disse tre punkter *ikke* følges, hvilket som nævnt gælder 60-80% eller flere af alle 'renoveringer', bæredygtige eller ej, ser vi at projektet:

- Forringer husets arkitektur
- Har dårlig holdbarhed
- Har dårlig økonomi (tilbagebetaling)
- Forøger CO2- forbruget, både på kort og langt sigt
- Indeholder mange nye materialer med kort levetid og skadelige miljømæssige egenskaber.
- Medfører tab af værdifulde kulturværdier for bygningen, for byen/landsbyen og for landet.

Alt dette afstedkommer de mærkelige hovsa-løsninger, som vi ser overalt uden historiske rødder, uden en helhedsbetragtning og uden en fastholdelse af husets særlige identitet. Alt bliver til den samme intetsigende '*renoverings*-grød'.

1.5.3 Hvad er bæredygtig bygningsrenovering/restaurering?

En bæredygtig 'bygningsrenovering/bygningsrestaurering' (der her er det samme) kan defineres ved:

1. At de projekterende og samtlige håndværkere benytter en fælles, på forhånd aftalt 'fond' af viden – refererende til helt specifikke informationsmaterialer og publikationer (se punkt 5, herunder).
2. Der gennemføres en metodisk '*Analyse og Værdisætning*' af bygningens og dens omgivelsers historiske, tekniske og arkitektoniske kvaliteter (i den nævnte rækkefølge) – afsluttet med en kort sammendragende '*værdisætning*', der præciserer dens '*bærende bevaringsværdier*.
3. Ud fra 'Værdisætningen' formulerer man en række *Anbefalinger*, især vedrørende, hvad der er 'umisteligt/urørligt' i bygningen, hvad der kan fjernes, hvad der bør rekonstrueres og hvad der kan ombygges, tilbygges og transformeres.
4. Ud fra Værdisætningen og Anbefalingerne formulerer man projektets '*renoverings/restaureringsholdning*', d.v.s. en række overordnede principper for anvendelse af materialer og metoder til vedligeholdelse og istandsættelse, nye elementer osv. med henblik på at opnå et arkitektonisk helstøbt projekt, både i detaljen og totalt.
5. Vedr. valg af materialer og metoder, så skelnes der i første omgang mellem bygninger, der er ældre end 1960-70 og bygninger, der er yngre end 1960-70. Hvis bygningen er ældre end 1960-70 skal man til istandsættelsen benytte de materialer og metoder, herunder også vedr. energiforbedring, der er nævnt i disse informationsmaterialer, der er udarbejdet og revideret i 2014-18 i forbindelse med nærværende forskningsprojekt:
   - Kulturstyrelsen: *Information om Bygningsbevaring 2014*
   - Vadstrup, Søren: *Bevaringsværdige bygninger – sikring af bevaringsværdier (*2018).
   - Vadstrup, Søren: *Bevaringsværdige bygninger – gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold*. 2018

Hvis bygningen er yngre end 1960-70 kan man benytte de samme informationsmaterialer plus de samme materialer og metoder, men også andre.

Formålet med disse fem punkter er at opnå en 'renovering/restaurering' der er bæredygtig på alle leder, herunder også at alle materialer, konstruktioner og løsninger har meget lang (vedvarende) holdbarhed, at man bibeholder mest muligt af bygningens oprindelige materialer og konstruktioner, og skifter mindst muligt ud. Herunder ikke mindst gamle, originale 150-200 år gamle vinduer af træ. At bygningens historiske og kulturhistoriske integritet bibeholdes og at dens arkitektoniske kvaliteter sikres eller forbedres samt at man på denne måde opnår den mest økonomiske løsning for ejeren.

Det, jeg har beskrevet her, er sådan set en ganske almindelig 'klassisk restaurering', som de fleste i 'renoveringsbranchen' tilsyneladende overhovedet ikke vil høre tale om som relevant for *de helt almindelige huse* i Danmark, der bare skal 'renoveres'. Og ikke noget så dyrt, fint og eksklusivt som en 'restaurering'.

Men for det første har alle bygninger, *uden undtagelse*, selv de mest ydmyge ikke-arkitekttegnede 'skure', nogle historiske, tekniske og arkitektoniske kvaliteter, som vi som samfund og ejere skal tage hensyn til og tage vare på. Intet i vores land er så dårligt og ringe, at man bare kan skalte og valte med det – uden at se det i en større sammenhæng.

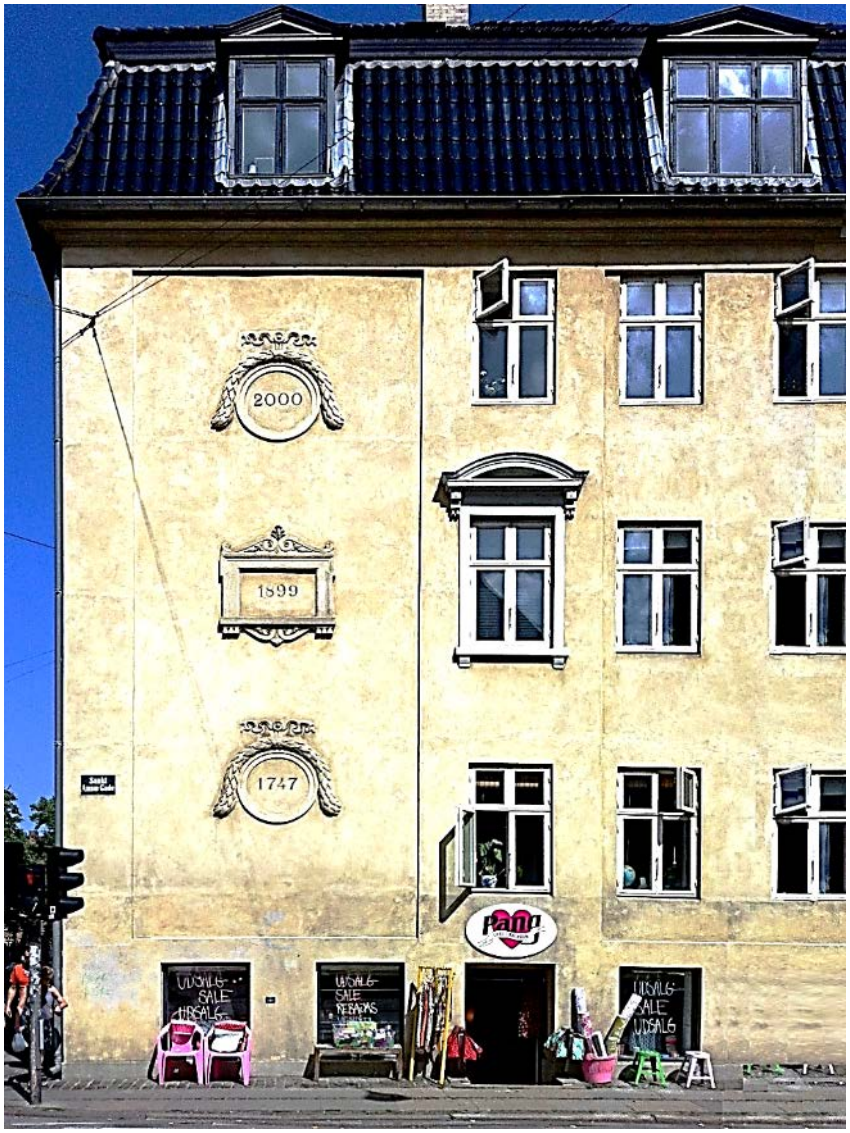
For det andet kan en enkel, gennemtænkt og velafprøvet metode, der går logisk og trinvist frem, vel ikke medføre hverken ruin eller katastrofe over en *helt almindelig bygning* uden særlige kvaliteter. For det kan det modsatte, nemlig: Ingen metode overhovedet, hvilket vi ser gang på gang på gang.

For det tredje kan tilført viden om langvarige og dokumenterede erfaringer med materialer og metoder – fra ovenstående publikationer, vel heller skade. Så den 'supertanker' må vi se at få *vendt*, hurtigst muligt.

1.5.4 Resumé af forskningsprojektet 'Vedvarende Holdbarhed' (V.H.)

1. Bygninger, der er ældre end 1960-70 skal behandles med helt andre materialer, end bygninger, der er nyere.
2. Specifikation af de klassiske *materialer og metoder* til vedligeholdelse, istandsættelse og energiforbedring af ældre bygninger, med en vedvarende holdbarhed: Luftkalkmørtel, spejlskåret kernetræ, linoliemaling m.fl.
3. Hvis dette følges har bygninger, der er ældre end 1960-70, ubegrænset levetid/*vedvarende holdbarhed* (V.H.)
4. Ny definition for bæredygtighed for bygninger – med en vedvarende holdbarhed (Nyt begreb: V.H.).
5. Ny definition for genanvendelse og cirkulær økonomi for bygninger – med en vedvarende holdbarhed (V.H.).
6. Bygninger, der er ældre end 1960-70 kan i høj grad bidrage til en bæredygtig udvikling.
7. Bl.a. fordi det målte energiforbrug i ældre bygninger er mere afhængig af beboernes brug – end af selve bygningen
8. Ny formulering af Mål 11 i *FN's Verdensmål* for en bæredygtig udvikling (Bæredygtige byer og bebyggelser).
9. Ny formulering af konkrete mål for bæredygtigt nybyggeri og bygninger – med vedvarende holdbarhed (V.H.).
10. Materialer og metoder til bæredygtigt *nybyggeri* ved vedvarende holdbarhed (V.H.), herunder huse af træ.
11. 60-80% af de istandsættelser og energiforbedringer, der udføres på ældre bygninger i dag, er *ikke* bæredygtige
12. Opførelsen af en ny 'bæredygtig' bygning må ikke 'koste' nedrivningen af en eksisterende bygning, opført før 1960 Det er ikke bæredygtigt.

2 Hvad er levetiden for ældre bygninger i Danmark?



Denne fredede bygning på Christianshavn i rokoko er opført i 1747, istandsat i 1899 og igen i 2000. Det giver et interval mellem istandsættelserne på henholdsvis 152 år og 101 år. Så næste gang, huset skal have en tur igen, må være i 2100, evt. i 2150.

Det giver også lidt tid til at tænke over, hvor det næste årstal skal stå på facaden.

Man har dog dummet sig ved at skifte de fine rokoko-vinduesrammer ud, formentlig i 1899,med hele ruder i rammerne hvilket dels er synd for husets arkitektoniske udtryk, men også dets historiske autentisitet.

Derudover skulle man også kalke facaden med en lys gul kalkfarve, hvorved det ville stå med meget smukkere og ensfarvede facader.

Forskningsprojektets første spørgsmål hedder *Hvad er levetiden for ældre bygninger i Danmark?* hvilket er affødt af projektets hypotese, at hvis man vedligeholder, istandsætter og transformerer ældre bygninger med brug af de klassiske byggematerialer, bygningskonstruktioner og håndværksmetoder, opnår man følgende fordele:

1. De har en meget lang holdbarhed, hvis de udføres korrekt. Faktisk en *vedvarende holdbarhed.*
2. De er teknisk velegnede til at kombinere med ældre bygningers materialer og konstruktioner
3. De understøtter husets historiske helhed gennem deres tekstur samt smukke slid og patinering
4. De understøtter husets arkitektoniske kvaliteter gennem deres æstetiske kvaliteter
5. De har den bedste totaløkonomi for husejeren, bl.a. i kraft af mindre og enklere vedligeholdelse

Som vi skal se, bekræfter projektet til fulde disse 5 punkter. Så vi skulle gerne nå frem til at færre husejere, bygherrer, håndværkere og arkitekter er så *bange* for at bruge de klassiske materialer, konstruktioner og håndværksmetoder, og som nævnt også på huset herover, fordi de ikke *ved* nok om disse, og derfor tror, at nye materialer og metoder er bedre, holder bedre og formentlig også billigere. Det er de ikke. Tværtimod.

Langt de fleste skader på ældre bygninger skyldes ikke, som mange tror, først og fremmest nedbrydning fra vejr og vind på deres alt for svage materialer. De skyldes anvendelsen af forkerte og uhensigtsmæssige materialer og metoder til vedligeholdelse og istandsættelse af træ, tømmer, murværk og vinduer.

For 30-40 år siden var disse 300 år gamle barokhuse i Svendborg i fare for at blive revet ned, for at give plads til biler og bredere veje. I dag en den største fare for disse huse anvendelsen af forkerte materialer til vedligeholdelsen, primært plastikmaling og stenkulstjære – samt ødelæggende efterisoleringer med mineraluld og plastikdampspærrer.

2.1 60 - 60 - 60

60-80% renovering, restaurering og transformation

Hvis man ser på de aktuelle tal, så kan vi se, at **60-80**% af alle nuværende og fremtidige opgaver indenfor byggeriet, foregår og vil foregå på eksisterende bygninger, og omfatte istandsættelse, ombygning, restaurering, transformation og genbrug af disse.

Ifølge Danmarks Statistik faldt det samlede påbegyndte etageareal med 16 pct. fra fjerde kvartal 2016 til første kvartal 2017 - og det samlede påbegyndte boligbyggeri (antal boliger) faldt med 33 pct.

60-80% sker med forkerte materialer

Hvis man studerer de nuværende aktiviteter, viser det sig imidlertid, at **60-80**% af alle de istandsættelser, ombygninger, restaureringer, renoveringer osv., der foregår i dag på bygninger opført før 1960, sker med *forkerte* (uhensigtsmæssige) materialer, metoder og holdninger i forhold til:

- de historiske værdier i bygningen,
- de byggetekniske forhold i bygningen og
- de arkitektoniske værdier i bygningen.
- og bygningens vedvarende holdbarhed

På alle tre områder sker der i øjeblikket helt unødvendige forringelse af husenes *bærende bevaringsværdier* og af dansk bygningskultur.

Før og efter 1960-70

Dette skyldes også, at der går et relativt skarp skel i dansk byggeskik mellem bygninger, der er opført *før ca. **1960-70*** – og bygninger, der er opført *efter*. Bygninger opført før 1960 er bygget med de 'klassiske' byggematerialer, håndværksmetoder og bygningskonstruktioner. Disse er er svage, porøse (kapillaråbne), de kan vedligeholdes, de kan repareres, de har ekstrem lang holdbarhed/levetid. Her viser vores undersøgelser:

1. at bygninger, der er ældre end ca. 1960 er bygget med helt *andre materialer* og metoder end bygninger, der er yngre end 1960 og herunder helt nye bygninger i dag.

   Det gælder især materialer og konstruktioner som:
   - Murværk, mørtel og puds samt murerarbejde.
   - Udvendigt træ og trækonstruktioner – trækvalitet, træbehandling samt tømrerarbejde
   - Maling og overfladebehandling af udvendigt træ, murværk og puds samt jern
   - Udførelse af nye vinduer – materialer, ruder og udformning
   - Materialer og metoder til energiforbedring, der ikke forringer husene teknisk eller arkitektonisk.
2. at bygninger, der er ældre end ca. 1960 *konsekvent* skal vedligeholdes og istandsættes med de samme materialer, som de er bygget med. De såkaldte 'klassiske byggematerialer' som mursten og luftkalk, spejlskåret kernetræ, linoliemaling, hvidtekalk og massivt træ i beklædninger o.a.
3. at bygninger, der er ældre end 1960 slet ikke skal vedligeholdes så meget, og eventuelle reparationer kan med fordel ske partielt. Det vil sige, kun der, hvor det er nødvendigt. De poreåbne materialer og konstruktioner indeholder selv offerlag og offerelementer, som ikke bør vedligeholdes for tit, men begrænses til en enkelt, men systematisk, forebyggende vedligeholdelse.
4. at de mest alvorlige tekniske og æstetiske skader på bygninger, ældre end 1960 skyldes anvendelsen af uhensigtsmæssige materialer, metoder og konstruktioner til vedligeholdelsen og istandsættelsen – **ikke** nedbrydning fra vejr og vind, frost og tø.
5. at de klassiske materialer og metoder også er de mest hensigtsmæssige, rent totaløkonomiske for bygninger, der er ældre end ca. 1960, bl.a. på grund af deres robusthed og holdbarhed.

Hvad skal man undgå?

De klassiske byggematerialer og bygningskonstruktioner er også, i kraft af deres lange levetider, lange vedligeholdelsesintervaller og enkle vedligeholdelse, mere *bæredygtige*, forstået som *holdbare*, end de fleste tilsvarende moderne materialer og elementer, der er udviklet efter 1960-70. Det skal jeg vende tilbage til, lige om lidt.

Det er derfor meget vigtigt at fortsætte med disse materialer på huse opført før 1960 –af historiske, tekniske og arkitektoniske grunde.

Derfor bør mange af de moderne materialer og konstruktioner, der er udviklet til byggeriet efter ca. 1960, såsom KC-mørtel og –puds, trykimprægneret træ, gipsplader, spånplader, plastikmaling, mineraluld, udvendige termoruder m.v. helt undgås på bygninger, der er opført før ca. 1960.

De moderne byggematerialer passer ikke til de gamle huse, fordi de gamle, originale dele har svage og porøse konstruktioner og overflader. Benytter man for stærke og tætte materialer til at vedligeholde disse med, eksempelvis Portlandcement, plastik- og acrylmaling samt stive pladematerialer, vil dette fører til byggeskader og eskalerende vedligeholdelsesomkostninger. Der opstår simpelthen kritiske fugtskader i husets materialer, overflader og konstruktioner, efter kort tid, så træet rådner, maling og puds skaller af og termoruderne punkterer. Erfaringerne viser at man skal benytte så svage materialer som muligt, for eksempel luftkalk, kalkmørtel, linoliemaling og limfarver m.v., hvis det skal holde længe og undgå fugtskader.

Hvor man indtil for få år siden ofte var i tvivl om, hvorvidt de nye materialer, der er udviklet til dagens nybyggeri, er 'bedre' end de gamle 'klassiske byggematerialer', så er svaret nu, at til nybyggeriet er de uden tvivl bedre – men til gamle huse, opført før 1960, er de en ren katastrofe at anvende. Intet mindre.

Dette fremgår også af de informationsmaterialer, som de statslige styrelser m.v., der arbejder med fredede og bevaringsværdige bygninger, har udsendt:

- Slots- og Kulturstyrelsens 'Information om Bygningsbevaring 2014', der netop er blevet revideret og opdateret med den nyeste viden om dette. https://slks.dk/omraader/kulturarv/bygningsfredning/gode-raad-om-vedligeholdelse/
- 'Socialministeriets' 'Vejledning for Bevaringsværdige Bygninger' (2006) (p.t. udsolgt).
- Bogen 'Om Bygningskulturens Transformation' fra Kunstakademiets Arkitektskole (2015).
- Hertil kommer Center for Bygningsbevaring i Raadvad's ANVISNINGER til Bygningsbevaring. http://www.bygningsbevaring.dk/anvisninger
- Publikation 1-5 i samme serie som den, du har i 'hånden'. Se kolofonen side 1.

I Sverige, Norge, England og Holland har man fuldstændigt de samme holdninger og stort set sammenfaldende og enslydende informationsmaterialer.

Bygnings-restaurerings-kursus i Raadvad – her om maling med de klassiske malingstyper til ældre bygninger

2.2 Dokumenteret holdbarhed og levetider for eksisterende bygninger i Danmark?

Håndsmedede (essesmedede) vinduesbeslag fra 1730-erne fra en bygning i Helsingør – som snedkeren, der skulle istandsætte vinduerne, har kasseret – fordi de er 'papirstynde'.

Men det er essesmedeprocessens kraftige 'komprimering' af jernet, der gør beslagene så tynde. Så dette stål er hårdere og stærkere end dobbelt så tykt, valset stål. Og de istandsatte ca. 290 år gamle smedejernsbeslag, kan nu holde mindst lige så længe – modsat de nye beslag i valset stål.

Forskning viser, at de såkaldte 'klassiske' byggematerialer, bygningskonstruktioner og håndværksmetoder, der blev udviklet og brugt før ca. 1960, har meget lange levetider.

Vi kan foreløbigt, ud fra konkrete erfaringer 1:1 på vore breddegrader bevise at:

- Murstensfacader med luftkalkmørtel kan holde i **850 år**,
- Tagværker af fyrretræs-tømmer i **750 år**,
- Vinduer af spejlskåret kernetræ i **400 år**, og rudeglas i **400 år**,
- Essesmedet smedejern i **400 år** (foto)
- Støbejern i **250 år**,
- Udvendigt, ubehandlet egetræ (spejlskåret) i **350 år** (se side 5)
- Bindingsværk (fyrretræ) i **300-400 å**r,
- Udvendige, linoliemalede bræddebeklædninger i **250 år**
- Udvendigt puds af luftkalk i **150 år**.

Disse levetider viser, hvor længe disse bygningsdele har holdt *indtil nu*. De fleste kan, rigtigt vedligeholdt, holde mindst lige så længe *igen*.

Vi kan samtidigt se, at kun anvendelsen af 'forkerte' materialer kan forhindre at et linoliemalet vindue af træ, der har holdt i 300 år, kan holde i 300 år mere – og så videre.

Tilsvarende nye byggematerialer:

- Beton, gasbeton, murværk og puds af KC-mørtel, trykimprægneret træ -må allerede udskiftes eller gennemgribende repareres efter 50-60 år.
- Termovinduer af træ, plastik og træ-alu kan kun holde i 40-50 år,
- Selve termoruderne skal i gennemsnit skiftes efter 18-20 år
- Pålimede sprosser falder af efter 10-15 år –eller før.

Disse materialer og elementer bør derfor helt undgås i ældre bygninger. De er ikke bæredygtige/holdbare.

Bygningsbevaring og bæredygtighed

Man bør derfor forvente, at et hus bygget før 1960-70, har en stort set *ubegrænset* holdbarhed og levetid, hvis det vedligeholdes metodisk med de klassiske materialer og metoder. En undtagelse herfor er stråtage, skorstenspiber og paptage, der kun kan holde i h.h.v. 50 og 100 år, før de må udskiftes. Alle andre af de klassiske byggematerialer holder i mindst 200-300 år, inklusive udvendigt, malet træ, herunder vinduer af træ, bindingsværk samt tagsten af tegl.

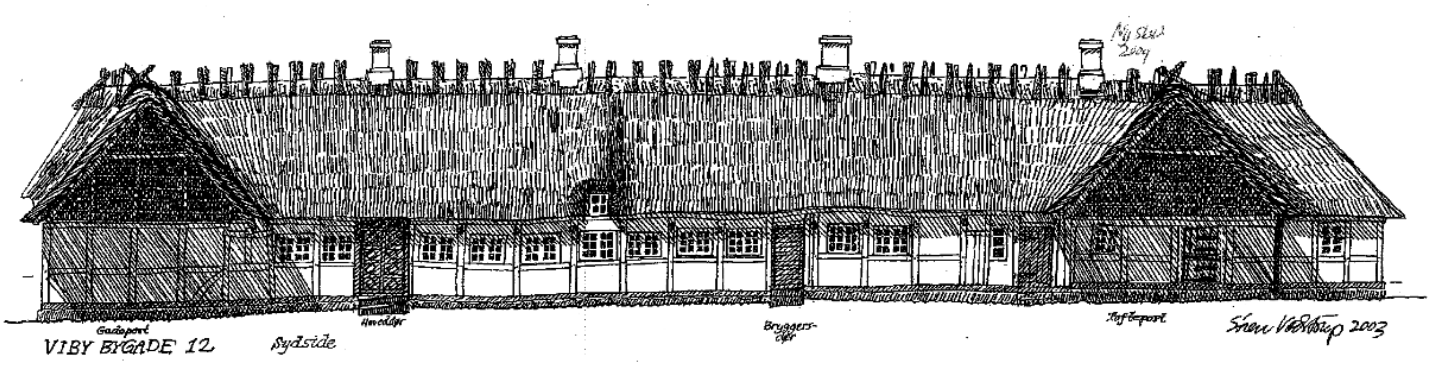
Til disse fordele overfor miljø- og bæredygtighed tæller også at bygninger, opført før 1960, har vist sig at være meget fleksible, så de kan ombygges, moderniseres og udbygges til nye krav, nye formål og nye tider, ofte mange gange – blot dette som nævnt hovedsagelig sker med de klassiske byggematerialer og metoder.

Den ensidige fokusering på et lavt energiforbrug i bygninger, nye som gamle, overser disse pointer. Indtil videre har vi ikke set såkaldte nul-energihuse, der vil opnå levetider på over 100 år, bl.a. fordi udvendige termoruder erfaringsmæssigt skal skiftes ud efter 20 år, gummilister og gummifugemasser skal skiftes efter 20-30 år, og plastikmaling får udvendigt træ til at rådne efter 50 år. Det er ikke bæredygtigt.

2.3 De klassiske byggematerialer

2.3.1 Et konkret eksempel

Jeg er, som mange vil vide, den lykkelige ejer af et bindingsværkshus fra 1736, der står næsten helt originalt, d.v.s. med relativt få ændringer, siden opførelsen for ca. 265 år siden.



Et stråtækt bindingsværkshus som dette er bygget med blot 22 forskellige materialer, der for de flestes vedkommende kunne skaffes eller fremstilles lokalt. Der ligger tusindvis af den slags huse i Danmark. Fejlen er at de ofte proppes tankeløst med nye materialer og elementer, der gør at der opstår graverende og dyre skader og store vedligeholdelsesudgifter. Man skal passe meget på, når man kombinerer de gamle materialer med nye - både æstetisk og teknisk. Det kræver erfaringer for at gå godt.

Jeg har regnet ud, at der er anvendt siger og skriver 22 forskellige materialer til at bygge dette hus med:

1. Granitsten/marksten til syldsten/fundamentsten (utilhugget) og trappesten (tilhugget)
2. Kløvet og håndhugget egetræ til bindingsværk samt stråtagets kragetræer
3. Håndhugget elmetræ til bindingsværk
4. Håndhugget/håndsavet fyrretræ til gulv- og loftsbjælker, spær og hanebånd
5. Savet og høvlet fyrretræ til gulv- og loftsbrædder, porte, døre, vinduer, brystnings- og fodpaneler, indfatninger m.m.
6. Vidjer af pil, poppel eller hassel til vidjeflettede tavl, lukning ved tagskægget m.m.
7. Trædyvler, træpløkke, trænagler til samlinger af bindingsværk, spær, porte, vinduer
8. Ler/lermørtel til lerklinede lertavl, udvendigt lerpuds, lergulve
9. Kalkmørtel til indvendigt puds, udvendigt puds, opmuringsmørtel til skorstene m.m.
10. Soltørrede/ubrændte lersten til bindingsværkstavl, skillevægge m.m.
11. Brændte lersten/mursten til skorstene, ildsteder, skillevægge ved ildsteder
12. Smedejern til håndsmedede hængsler, beslag, klinkefald, kroge, rigler, ildstedsudstyr
13. Søm og stifter, håndsmedede, til gulve, lofter, porte, indfatninger, lister m.m.
14. Tækkerør/strå til stråtaget (skiftet/nytækket ca. 6 gange i husets levetid)
15. Rudeglas (Cylinderglas og kronglas, senere trukket glas og floatglass)
16. Linoliekit til kitning af rudeglassene
17. Hvidtekalk/kalkfarve til overfladebehandling på lerpuds, kalkpuds og bindingsværk
18. Pigmenter til fremstilling af kalkfarver, linoliefarver, temperafarver og trætjærefarver
    Kun 7 farver var nødvendige: (kønrøg (sort), umbra (grågrøn), kromoxidgrøn, rødokker, guldokker, zinkhvidt og kridt)
19. Linoliemaling til maling af vinduer, døre, porte, lofter, paneler, indfatninger
20. Limfarve/temperafarve til indvendige vægflader, porte m.m.
21. Trætjære/trætjærefarve til fodtømmer og porte
22. Pigsten (små runde mark/strandsten) til pigstensbelægningen rundt om huset (samt gårdspladsen).

Det var i øvrigt stort set alt sammen materialer eller håndværksprodukter, der kunne skaffes eller fremstilles lokalt. I 1730-erne har der næppe været kakkelovne (vindovne) eller bilæggerovne af støbejern i huset. Opvarmning og madlavning er sket fra åbne ildsteder af sten, mursten og ler. Evt. helt op til slutningen af 1700-tallet på et ildsted, midt på gulvet.

I løbet af 1800-tallet er huset blevet udvidet og samtidig forsynet med nye fyldingsdøre med låsetøj og messinggreb, med de første egentlige industriprodukter i form af kakkelovne, køkkenkomfur, køkkenvask m.v. i støbejern og med papirs/kardus-tapeter på nogle af de indvendige vægge og lofter. Herved er der kommet cirka fem nye materialer til.

Efter 1900

I løbet af 1900-tallet er der lagt cementgulve (Portland-cement) i bryggers og stalde. Husets indvendige døre, indfatninger og lofter blevet malet/lakeret med alkydmaling for at få helt blanke overflader. Der er visse steder sat lakerede krydsfinerplader op i lofterne, hvortil der er anvendt maskinfremstillede søm og skruer. Køkkenet har fået en rustfri stålvask og via en pumpe i den udvendige brønd har køkken, bryggers og WC, bad og håndvask fået vand fra egen brønd.

Hertil kræves der afløb og faldstammer i bl.a. støbejern. Køkken og WC/bad er endvidere forsynet med flisebeklædninger. Der er naturligvis også lagt elektrisk strøm ind i huset via kabler, stik og kontakter. Alt i alt giver dette omkring 10 materialer mere, så vi nu er helt oppe på ca. 37 forskellige materialer i dette hus.

I 2000-tallet, hvor jeg er kommet ind i billedet, er vi også nødt til at tilføje en række nye elementer: Installation af vandværksvand inklusive vandrør af kobber, afløbsrør af plast, vandvarmer og undervejs naturligvis også fyr og centralvarme samt isolering af vægge og lofter.

Af decideret nye materialer i huset, ud over de ovennævnte 38, er der i forbindelse med moderniseringen i 2000 kun indført galvaniseret jerntråd som tækketråd til stråtaget samt trådnet til armering af den indvendige puds på bindingsværket.

Til de restaurerings- og istandsættelsesarbejder, der er udført på selve råhuset, har jeg konsekvent brugt de samme ca. 35 materialer, som huset helt frem til 2000 var bygget af og vedligeholdt med. Det er for det første relativt billige materialer, de er forholdsvis enkle at bruge, de arbejder godt sammen med de oprindelige materialer i huset, og så de har jo også, kan jeg konstatere, holdt fantastisk godt, nogle i samtlige de 265 år, huset har stået. Så hvorfor egentlig bruge andre? Måske fordi reklamerne for disse, rettet mod nye huse, fyger ind ad dørene.

En ny 'sal', der er indrettet i den tidligere svinesti i den ene ende af stuehuset. Et helt nyt og moderne rum, men udført og indrettet med de klassiske byggematerialer, konstruktioner og håndværksmetoder. Bl.a. linoliemaling, limfarve, sæbeskurede trægulve, forsatsvinduer. De gule stole er også male med limfarve.

Efter 1960

Det er faktisk først efter 1960, at antallet af byggematerialer og produkter eksploderer til de mange tusinde, vi kender i dag. Vi er i den forbindelse vant til at tro, at alt det nye, der skabes og udvikles, altid er bedre end det gamle. Hvorfor skulle man ellers lave dem og satse penge på dem? Praktiske, erfaringer gennem de sidste 10-20 år viser imidlertid, at for ældre bygningers vedkommende, d.v.s. bygninger ældre end 1960, gør mange af de nye materialer mere skade end gavn - rent byggeteknisk og også æstetisk og arkitektonisk. De er for det første for hårde, for stærke og for tætte, så derfor arbejder de i de fleste tilfælde meget dårligt sammen med de gamle materialer, hvorved der hurtigt opstår skader og behov for vedligeholdelse eller direkte udskiftning. For det andet er de ofte, i modsætning til de klassiske byggematerialer, totalt uprøvede – d.v.s. i mindst 100-150 år.

Jeg ser her bort fra køkkener, badeværelser, el-installationer og VVS-installationer m.m., hvor nogle af de 'gamle' materialer næppe er lovlige i dag.

10 gode råd

Men i forhold til brugen af de klassiske byggematerialer, konstruktioner og håndværksmetoder forekommer der mange helt forkerte meninger og opfattelser i byggebranchen, hos husejerne, i byggemarkederne og sågar hos mange håndværkere. Bl.a. at de slet ikke kan skaffes i dag, at de i givet fald er meget dyre og gør byggeprojektet sindssygt dyrt, og at der slet ikke findes håndværkere, der kan bruge disse materialer på den rigtige måde. Det sidste er dog rigtigt, hvis man ser bort fra ordet 'slet'. Der findes imidlertid flere og flere håndværkere, der kender til og kan arbejde kvalificeret med de klassiske byggematerialer – hvorved brugen af disse overhovedet ikke bliver dyrere end andre. Det næste, man skal lære, er at kunne reparere og restaurere eksisterende bygninger og bygningsdele. Her kniber det lidt mere.

Der er ikke plads her til at gennemgå alle 50 klassiske byggematerialer, så jeg vil nøjes med 10, sammenlignet med de totalt forbudte *nye* materialer på ældre bygninger, opført før 1960, primært af holdbarhedsmæssige og vedligeholdelsesmæssige grunde, men også af arkitektoniske og æstetiske grunde:

1. Brug ikke (såkaldt diffusionsåben) plastikmaling på husets udvendige og indvendige overflader.
- Brug kapillaråbne materialer, f.eks. hvidtekalk, trætjærefarve, linoliemaling, tempera- eller limfarver.

2. Brug ikke KC-mørtel, heller ikke til fugning af murværk, men evt. til rygninger, skorstenspiber mm.
- Brug kapillaråbne materialer som luftkalkmørtel eller hydraulisk kalkmørtel i stedet.

3. Brug ikke vinduer eller døre af plastik-eller aluminium.
- Trævinduer af 100 % kernetræ, der er linoliemalet, og dermed har beviseligt længere levetid og mindre vedligeholdelse.

4. Brug ikke udvendige termoruder/energiruder
- Bevar de oprindelige trævinduer –og sæt evt. termoruder som indvendige forsatsruder.

5. Brug ikke gummifugemasser og stopning med mineraluld ved vinduer og døre
- Tætn med tjæret værk, mørtelfuger eller tjærekit.

6. Brug ikke mineraluldsisolering udvendigt eller indvendigt.
- Brug i stedet fornybare isoleringsmaterialer som træfiber, papir, hør eller kork.

7. Brug ikke plastikdampspærrer.
- Brug i stedet et ventileret hulrum, plus kalkpuds eller lerpuds som tætning.

8. Brug ikke gipsplader eller spånplader, hverken indvendigt eller udvendigt.
- Brug i stedet brædder, rørvæv og puds eller brædder med fer og not.

9. Brug ikke tryk- eller vakuum-imprægneret træ, eller diverse fremmede træarter udvendigt
- Brug i stedet dansk/nordisk fyrretræ med stor kerneandel og spejlskåret træ på udsatte steder

10. Brug ikke nye elementer, der **ikke** passer til ældre dansk byggeskik: plastikstuk, yderdøre med halvroset-vindue (citronhalvmåne), tagsten med for flad profil, tagsten med 'gavlflapper', glaserede tagsten, pålimede snydesprosser, 'krøllede' messinggreb og langskilte – listen er uendelig lang.

Hvor længe holder en kraftig rød kalkfarve som denne, før den skal genkalkes?
De fleste vil sige eet år.

Men denne bygning, Ewaldsgade 5 i København, opført i 1853 af N.S. Nebelong, og fredet i 1978, var jeg selv involveret i kalkningen af i 1987.

Og her efter 30 år, er bygningen ikke blevet kalket siden. Det er ikke 'ubegrænset holdbarhed' endnu, men det hjælper meget, når arbejdet bliver gjort forskriftsmæssigt.

2.4 Den tekniske udvikling indenfor byggeriet, siden 1960

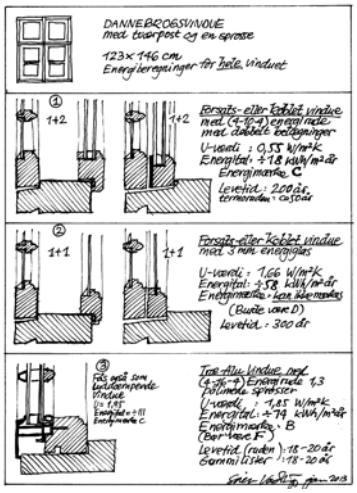
Gamle bygninger (60+ bygninger) er her meget anderledes end 60÷ bygninger, der er forsynet med termoruder, trykimprægneret træ, plastikmalet træ og murværk, eternit og gasbeton mm. Disse materialemæssige og tekniske ændringer, er vel nok primært sket af *økonomiske og tekniske* grunde.

For andre ikke-vedvarende genstande, som vi omgiver os med, computere, biler, tøj, møbler og indretning mm. spiller *mode* og den *tekniske udvikling* også ind.

Det er klart, at den tekniske udvikling, der er sket indenfor dansk byggeri efter 1960 også har en række fordele.

- Der er kommet nye og mere energieffektive vinduer
- Klimaskærmen er blevet bedre varmeisoleret
- Der er kommet en række nye 'vedligeholdelsesfrie' materialer som termoruder, eternit, plastik, aluminium og tombak m.fl. til.
- Der er kommet mere effektive opvarmningsformer med varmepumper, solceller o.lign.
- Mange nye huse udnytter den passiv solvarme fra glasarealer

Man kan ikke fortænke ejerne af ældre huse i, at de også gerne vil have del i disse tekniske forbedringer.



Typisk varmetab gennem Dannebrogsvinduer med en sprosse

Størrelse: 1,23 m x 1,48 m

Vinduestype	(ruder)	[mærkning]	Energibalance for hele vinduet
Opr. vindue med en dobbelt-coatet energirude/forsats	(1+2*)	[C]	÷ 18 kWh/m² år
Oprindeligt vindue med et lag alm. glas og to energiglas	(1+1+1*)	[C]	÷ 18 kWh/m² år
Oprindeligt vindue og en energirude i forsatsrammen	(1+2)	[C]	÷ 55 kWh/m² år
Oprindeligt vindue og et lag energiglas i forsatsrammen	(1+1)	[D]	÷ 58 kWh/m² år
Oprindeligt vindue med tykt energiglas i forsatsrammen	(1+1)	[D]	÷ 59 kWh/m² år
Nyt A-mærket træ-alu-vindue med trelags energirude	(3)	[A]	÷ 36 kWh/m² år **
Nyt træ-alu-vindue med energirude	(2)	[C]	÷ 72 kWh/m² år
Nyt Trævindue med energirude	(2)	[C]	÷ 79 kWh/m² år
Nyt lyddæmpende træ-aluvindue med energirude	(2)	[C]	÷ 92 kWh/m² år
Oprindeligt vindue med almindeligt glas i forsatsrammen	(1+1)	[F]	÷ 118 kWh/m² år
Oprindeligt vindue med et lag almindeligt glas	(1)	[F]	÷ 300 kWh/m² år

SKEMA over de beregnede energibalance-tal for forskellige vindueskonstruktioner. Udført af Thomas Kampmann ud fra tal fra DTU, TI og Energiforsatsgruppen .

* *Henholdsvis med hard- og soft-coatede ruder på de to forsatsruder/energiruder*

** *Producenten opgiver energidata for vinduerne, men oplyser at trelags energiruder ikke kan kombineres med vinduer med energisprosser (pålimede sprosser). A-mærkede vinduer kan derfor ikke anvendes i ældre huse med opsprossede vinduer.*

Bemærk at Vinduesbranchens energimærkning for vinduer slet ikke følger energibalance-tallet for det konkrete vindue og det er dermed ubrugeligt for opdelte vinduer til bygninger, ældre end 1960. Bemærk også at de fire øverste 'bevaringsløsninger' både er de energimæssigt bedste - beregnet for hele vinduet, og ikke et tænkt 'referencevindue' Man kan altså både bevare husets arkitektur og opnå den bedste energibesparelse - samtidigt.

Hvad vinduerne angår har forskningen, bl.a. i ovennævnte publikation, imidlertid vist, fuldstændigt entydigt, at man både kan bevare ældre huses 100-200-åige vinduer af træ, *og* opnå markedets bedste energiegenskaber ved at sætte tætte, dobbeltcoatede energiruder som indvendige forsatsrammer på disse. Til et niveau på ÷18 kWh/m^2 per år, hvilket er markant bedre end tilsvarende nye 'lavenergivinduer' til ældre bygninger - af træ, plastik eller træ-alu, med udvendige energiruder.

Både Bygningsreglementet og energimærkningsordningen for vinduer *snyder og bedrager* regulært forbrugerne her, for at skjule dette faktum.

Med dette taget i betragtning kan ældre huses *samlede* energiforbrug også uden problemer bringes ned til 'Lavenergiklasse 2' efter BR15, d.v.s. med et målt energiforbrug på 50 kWh/m^2 per år, uden at forringe husets bærende bevaringsværdier. Dette er gennemgået i den ovennævnte publikation.

Modeudvikling for ældre bygninger vedrører især:

- *Vinduerne*
  I første omgang kom de 'hele' parcelhusvinduer med én stor termorude, der under 1970-ernes energikrise desværre også blev vidt udbredt til ældre bygninger, hvor tusindvis af gode, gedigne vinduer med *vedvarende holdbarhed*, og som derfor ikke fejlede en pind, blev skiftet ud af energibesparelsesgrunde. Vinduerne blev i øvrigt også kaldt 'husmodervinduer' på grund af deres 'pudsevenlighed'. I øvrigt har det siden vist sig, at almindelige forsatsvinduer med almindeligt glas, sat på de gamle vinduer, har bedre energiegenskaber (U-værdi 2,3 W/m^{2}K) end de 'hele' parcelhus-termovinduer (U-værdi 2,5-3,0 W/m^{2}K).

- *Facadebehandling og facadefarver*
  Her kom der 1970-erne og 1980-erne mange nye produkter på banen, der kunne gøre livet lettere for husejerne end den 'besværlige' kalkning, der jo skal nykalkes 'hvert år' (NB: ikke rigtigt – hvert 5. - 8. år, ofte længere). Plast- og akrylmalinger, cementpulvermalinger og forskellige farvede tyndpudser med cementpuds (KC-puds). Alle har den egenskab at facadens arkitektoniske udtryk ændres til det grimmere, rent æstetisk. Og selv om genbehandlingstiden blev længere, var selve genbehandlingen, ofte en total afrensning af den nye moderne overfladebehandling, uhyre besværlig, dyr og skadelig for facadens bevaringsmæssige og bygningsfysiske tilstand.

Plastikmaling er, lige meget hvor 'diffusionsåbent' den er, en alt for tæt overfladebehandling til ældre bygninger – her et muret hus. Overfladerne skal i stedet være 'kapillaråbne', der transporterer fugten mange hundrede gange hurtigere end diffusion.

- *Rumindretning*
  Parcelhusenes modernistiske rumindretning smittede også snart af på de bygninger, der var opført før ca. 1960 – med sammenlagte stuer og 'køkken-alrum'. Dette er ofte synd for de bevidst velproportionerede rum. Men de er dog ofte mulige at retablere i dag. Også de flotte gamle fyldingsdøre forsvandt ofte. Man syntes, de tog for meget plads og var besværlige. Mange blev dog også 'syret af', hvilket har ødelagt mange gamle fyldingsdøre, fordi fyldingernes sammenlimning også gik i opløsning.

- *Køkkener og bad*
  Køkken og bad er alligevel nok de mest 'moderniserede' rum i ældre huse. På side 55 viser jeg, hvordan man kan fremstille et nyt køkken i dag, ret billigt og enkelt, i stil med husenes oprindelige køkken – idet der næppe er eet eneste oprindeligt køkken fra forrige århundrede eller før tilbage.

- *Nye elementer skal skille sig mest muligt ud fra det oprindelige hus.*
  I 1970-erne gjorde man helt bevidst det, at alle nye elementer i ældre huse, fra køkkener til døre, vinduer, facader og tage – ja selv skorstenspiberne – skulle skille sig mest muligt ud fra den oprindelige udformning og også fra selve huset. Dette behøver næppe eksemplificeres, og det er dette vi arbejder hårdt på at genoprette mange steder i dag. Desværre skulle materialerne også partout være nye og uprøvede, men det har jeg været inde på flere gange tidligere. Her er vi jo blevet meget klogere i de senere år.

  Det er imidlertid ret bemærkelsesværdigt, at indenfor de 'højeste cirkler' i restaureringsbranchen dyrkede man fuldstændigt den samme strategi for de historiske bygninger, som de husejere og arkitekter, der helt ubevidst 'ødelagde' ældre bygninger, nemlig at nye elementer skal skille sig mest muligt ud fra det oprindelige hus. Det skete bl.a. i det såkaldte 'Venezia Charter' udgivet af ICOMOS (International Council for Monuments and Sites), vedtaget i 1963. Begrundelsen er at bygningen ellers bliver udsat for 'historieforfalskning'. Men det betyder til gengæld, at huset kommer til at 'stritte i alle retninger', rent historisk, æstetisk og arkitektonisk, fordi arkitekterne bevidst *leder* efter et design, der stikker mest ud fra den oprindelige bygning.

  Jeg har redegjort nærmere for dette skisma i publikationen: *BYGNINGSRESTAURERING med klassiske materialer og metoder. Historisk byggeteknik og materialelære,* der udkommer senere i år.

Strandgade 27 i Helsingør, opført 1577.
Dette flotte hvidkalkede, 2-etages bindingsværkshus har årstallet 1577 indskåret i dørhammeren ud mod Strandgade, og har derfor netop rundet de 440 år. Husets overetage rager ud over stueetagen, understøttet af smukt udskårne knægte, såkaldte 'volutkonsoller', kendt fra de græske templer, og her også dekoreret med udskårne akantusblade. Mellem knægtene er tømmeret forsynet med udskårne 'kølbuer' (udformet som tværsnit af en omvendt båd). En byggestil og dekorationsform, der var typisk for Helsingørs bindingsværkshuse i renæssancen.

2.5 Konklusion (1)
Hvad er levetiden for eksisterende bygninger i Danmark?

Vedvarende holdbarhed

1. Bygninger og bygningsdele, der er ældre end 1960-70 har beviseligt *meget* lange levetider – fra 60 til omkring 800 år, hvilket for det første kan konstateres ved, at de rent faktisk findes, og dernæst at de fortsat kan vedligeholdes, så de uden problemer kan holde i mindst 100-200 år *mere*.
2. Det skyldes også at bygninger, der er ældre end ca. 1960-70 er bygget med helt *andre materialer* og metoder end yngre bygninger. Derfor skal de også konsekvent vedligeholdes og istandsættes med de samme slags materialer, som de er bygget med. De såkaldte 'klassiske byggematerialer' som mursten og luftkalk, spejlskåret og marvskåret kernetræ, linoliemaling, limfarver, hvidtekalk og massivt træ i beklædninger mm.
3. Bygninger, der er ældre end 1960-70 skal slet ikke vedligeholdes så meget, og eventuelle reparationer kan med fordel ske *partielt*. Det vil sige, kun der, hvor det er nødvendigt. De poreåbne materialer og konstruktioner indeholder selv offerlag og offerelementer, som ikke må vedligeholdes for tit, men begrænses til en enkelt, men systematisk, forebyggende vedligeholdelse. Herved kan de opnå en (stort set) vedvarende og ubegrænset holdbarhed og levetid.
4. De mest alvorlige tekniske og æstetiske skader på bygninger, ældre end 1960-70 skyldes anvendelsen af uhensigtsmæssige materialer, metoder til vedligeholdelsen og istandsættelsen – **ikke** nedbrydning fra vejr og vind, frost og tø. Dette forringer husenes historiske, tekniske og arkitektoniske værdier – og koster ejerne mange unødige penge..
5. De klassiske materialer og metoder er også de mest hensigtsmæssige, rent totaløkonomiske for bygninger, der er ældre end ca. 1960-70, bl.a. på grund af deres robusthed og holdbarhed.

3 Hvad er en bæredygtig bygning?

3.1 Bæredygtighed

Begrebet 'bæredygtighed' er jo et meget gammelt begreb indenfor bygningskulturen, hvor en *bæredygtig konstruktion*, naturligvis er een, der ikke falder sammen eller 'ned', eksempelvis en tagkonstruktion eller en altan, og en *bæredygtig bund* er, indenfor malerfaget, en bund eller overflade, der er stærk nok til at kunne 'bære' en overfladebehandling, i form at et lag maling, uden at dette falder af.

Men i 1987 fik begrebet *bæredygtighed* en ny betydning på dansk, via en oversættelse af det engelske ord 'sustainable', der i det juridiske sprog oversættes med 'bæredygtigt' – f.eks. et argument i en retssal. Jeg skal vende tilbage til denne efter min mening uheldige oversættelse senere. Men i den såkaldte 'Brundtlandsrapport' *Our Common Future* fra 1987, udarbejdet for FN's Verdenskommission for Miljø og Udvikling, defineres en *bæredygtig udvikling* for Jordkloden som:

'*At dække de nuværende menneskers og naturmiljøers behov - uden at skade fremtidige generationers mulighed for at dække deres behov*'. Man taler i Brundtlands rapporten ydermere om miljømæssig bæredygtighed, social bæredygtighed og økonomisk bæredygtighed (se side 9).

Denne meget brede definition, for hvad er disse 'behov', rent konkret, kan dog indsnævres til at 'et bæredygtigt samfund ikke udtømmer Jordens eksisterende naturressourcer, så det i fremtiden vil være nødvendigt enten at undvære disse eller vente til de eventuelt er regenereret'.

Hermed er vi så henne ved tre meget centrale bæredygtigheds-parametre for klodens lande, byer og mennesker. Helt konkret skal vi nemlig, for at skabe en bæredygtig udvikling, opnå/sørge for

- et mindre forbrug af klodens begrænsede naturressourcer,
- en lavere udledning af klimagasser (primært CO_2 fra fossile brændstoffer)
- en minimering af spild og affald (+ farligt affald)

Min definition på 'bæredygtighed' kunne udmærket stoppe her. Men jeg vil i sagens natur gerne endnu et 'spadestik dybere'. For hvad skal vi så som mennesker konkret gøre, for at opnå dette?

En bæredygtig bygning er først og fremmest en bygning, der allerede har holdt længe, i dette tilfælde ca. 250 år, og som vedligeholdt med de rigtige materialer og metoder, kan holde mindst lige så længe, faktisk vedvarende. Derudover vil den for det meste også se smuk ud. Hvis en ny bygning skal kalde sig bæredygtig, skal den beviseligt kunne holde lige så længe som denne – og se lige så smuk ud.

Bygninger og byggeriet kan vise vejen
For os almindelige forbrugere, er der nemlig, bare ved disse tre punkter, mange vanskelige, daglige valg. Men igen 'kogt ned' til 3-4 punkter, er de generelle råd, at vi skal minimere spild, specielt madspild, vi skal spise mindre kød, vi skal cykle og gå i stedet for at køre bil, hvor dette er muligt, og så skal vi flyve mindre. For nogle mennesker er disse ting ikke ret svære at efterleve, f.eks. hvis man slet ikke har råd til at flyve jordkloden rundt, men spørgsmålet er alligevel, hvor meget disse råd batter i virkeligheden, og hvornår der eventuelt kommer en effekt ud af det. Vi kan jo se, at der bliver flere og flere veje og biler og flere og flere lufthavne og fly.

Men for os som arkitekter, håndværkere eller byggefolk er løsningerne og valgene i forhold til disse tre punkter fuldstændigt oplagte, klare og tydelige – som lagt på en severingsbakke – og valgene er endda uhyre lette, plus at deres fulde effekt kan træde i kraft, nu med det samme:

De mest bæredygtige løsninger indenfor byggeriet er totalt klarlagte, afprøvede og ikke engang i nærheden af de næstbedste: En istandsættelse, energiforbedring og transformation af en eksisterende bygninger, med mindst mulig materialeforbrug, energiforbrug og nedrivning (affald), vinder på alle tre af disse vigtige parametre:

- Et mindre forbrug af Jordens begrænsede ressourcer (rent ferskvand, rent havvand, kalksten, ler, grus, jern, skove mm.)
- En mindre udledning af CO2 fra fossile brændstoffer (olie, kul)
- Et mindre behov for plads til affald –herunder giftigt affald (forurening)

Og til forskel fra i dagligdagen at undgå madspild og kød og lade bilen og flyet stå, der for de fleste mennesker vil kræve daglige 'ofre' og nye vaner – bonner disse tiltag indenfor byggebranchen, ud i mange tusindvis af tons sparede naturressourcer, CO_2 og affald – som nævnt omgående. Det gør de gennem følgende meget enkle plan for en bæredygtig udvikling indenfor byer og bygninger i Danmark:

1. Nybyggeriet skal skæres ned til 10-20% og må kun i undtagelsestilfælde 'koste' et ældre hus (før 1970) og kun efter en meget grundig analyse og værdisætning af dens historiske, tekniske og arkitektoniske værdier.
2. Nybyggeriet skal herudover udføres af konstruktioner og materialer med en dokumenteret holdbarhed på mindst 200 år for alle dele. (se kapitel 3 side 42)
3. De eksisterende bygninger skal energiforbedres nænsomt, uden at forringe bevaringsværdierne, så de kommer 'ned' på et energiforbrug på ca. 50 kWh/m² år, produceret fra vedvarende energikilder.
4. Og ved at følge de 'nye' regler for vedligeholdelse, istandsættelse og ombygning kan disse, i forvejen meget gamle huse, opnå en *vedvarende holdbarhed*.
5. Hvis byer og bebyggelser skal omdannes, for at tilpasse sig nye behov, eller nybygges i ny og næ, skal man 'efterligne' de gamle byer, fra før bilismen, med smalle, tætte gader, smukke og hyggelige pladser, med boliger og virksomheder, forretninger, restauranter og cafeer m.v., der appellerer til at gå og cykle, frem for at køre bil.

De smalle, brolagte gader i gamle byområder, 'opfordrer' beboerne til at gå og cykle. Hvilket er en måde, at gøre byerne bæredygtige på. Her: Åbenrå.

Derved sparer vi som nævnt en masse unødigt affald – fra nedrivninger af ældre huse. Vi sparer fossile brændstoffer – til produktion af nye materialer, samt transport af disse, og vi får et langt mindre forbrug af begrænsede naturressourcer – til alle de nye materialer til nye huse.

Eet af de generelle bæredygtigheds-råd for den almindelige forbruger er i øvrigt også at købe ting til dagligdagen i god kvalitet, *der holder længe*. Dog ikke fødevarer, formoder man. Gerne som genbrugsvarer og derudover at *reparere ting*, der er gået i stykker, i stedet for at smide dem ud. Derved reducerer man spild, brug af naturressourcer, mindsker affald og mindsker udledningen af CO_2.

Men disse råd gælder åbenbart kun de ret små ting, man kan købe i butikkerne. Jeg har ikke set de samme gode råd i pressen gældende for eksisterende *bygninger*, selv om dette som nævnt, burde give en langt større effekt.

3.2 Ny definition på Bæredygtighed for bygninger

Det er derfor ikke spor overdrevet at sige, at langt de fleste bygninger, der er opført før 1960, har en nærmest *ubegrænset* holdbarhed og levetid. Det er en myte, at de står og er ved at falde sammen. 60-80% af deres eventuelle skader og voksende vedligeholdelsesbehov skyldes, at de er behandlet med forkerte materialer, på grund af en manglende viden om ældre bygningers særlige egenskaber og materialer.

Vi må herefter også introducere en ny definition af begrebet 'bæredygtighed' i forhold til bygninger. Nemlig en bygning, der:

1. ***Har*** *holdt meget længe* – som minimum 60 – 260 år - og herefter kan genanvendes *på stedet* ved at blive vedligeholdt, istandsat og ombygget med omtanke og med de klassiske materialer og metoder, så holdbarheden fortsætter mindst ligeså længe, d.v.s. mindst 200 år.
2. ***Er bygget*** *til at holde meget længe*, fordi den består af materialer og konstruktioner med en meget lang - mindst 200 år* – levetid og holdbarhed, og med en enkel og miljøvenlig vedligeholdelse. (*stråtage og skorstenspiber undtaget).
3. *Har et lavt* ***energiforbrug*** – baseret på enkle og naturlige løsninger, med meget lang levetid, d.v.s. *mindst* 200 år - f.eks. ved at være fornuftigt isoleret på kritiske steder. Det skal understreges at det ***ikke*** er bygningen i sig selv, der har størst indflydelse på energiforbruget i denne. Det har beboernes konkrete brug og adfærd.

Så derfor er bygninger, der er ældre end 1960, dvs. at de i dag er ca. 60 – 260 år gamle eller mere, per definition *bæredygtige*, bl.a. fordi de erfaringsmæssigt kan leve og holde i mindst lige så lang tid *endnu*. Vi har ca. 1,3 mil. af disse bygninger i Danmark, der udgør en stor og uvurderlig ressource for en bæredygtig fremtid, idet de kan genanvendes på stedet, og medfører et minimalt forbrug af ufornybare naturressourcer - og mængden af affald og af giftige stoffer, der skal deponeres, er også minimal.

Hvad med energiforbruget i ældre bygninger
Men hvad så med det kæmpe store og dyre *energiforbrug* der findes i gamle bygninger? Det fokuseres der *uden undtagelse* på i alle grafer og rapporter om 'bæredygtighed' (se side 114). MEN for det første viser det sig, at det *målte* energiforbrug i ældre bygninger ofte er påfaldende lavere end det beregnede (se side 103), hvilket disse rapporter og statistikker ikke tager med i betragtning. For det andet har *bygningen* kun i *mindre* omfang indflydelse på dette *målte* energiforbrug. Det har beboernes adfærd og brug af huset til gengæld i langt højere grad. For det tredje har dette projekt bevist, at ældre huse godt kan energiforbedres, nænsomt, men effektivt, uden at forringe bevaringsværdierne. Se side 109-113.

Når den *vedvarende holdbarhed* for ældre huse tages i betragtning, så *overhaler* en nænsom istandsættelse og energiforbedring af disse, de nye bæredygtighedscertificerede lavenergihuse, på alle parametre. Ikke mindst hvis opførelsen af det nye bæredygtige lavenergihus 'koster' nedrivningen af en eksisterende, bygning, og også selv om nedrivningen sker som en 'selektiv nedrivning' og 'sekundær genvinding' (s 58).

Sustain = vedvarende vedligeholdelse
Det skal tilføjes, at ordet *sustain* i engelsk-danske ordbøger fra før 1987 oversættes med 'støtte, holde oppe, opretholde, vedligeholde' og *sustained* med 'vedvarende, langvarig' – noget som både den tyske, franske og svenske oversættelse af begrebet *sustainable* har fokus på gennem oversættelserne *nachhaltig* (vedvarende, holdbart), *durable* (holdbart, robust, slidstærk) og *hållbar*.

Den danske udtryk *bæredygtig* mangler helt dette aspekt af ordet, og det præger meget tydeligt de fleste debatter, holdninger og anbefalinger på dette område. Men især når det drejer sig om byer og *bygninger*, er oversættelsen *holdbar* og *vedligeholde* i virkeligheden langt mere dækkende end *bæredygtig*. Det er et decideret dårligt, forfejlet og upræcist ord, som man kan lægge alt muligt i, eksempelvis nedrivning. Det kan man *ikke* med oversættelsen *vedvarende, holdbar* og *vedligeholde*.

Det er efter min mening derfor alt for overfladisk og unuanceret, bare at tale om 'bæredygtige bygninger', 'bæredygtigt byggeri' eller 'bæredygtige byer'. Man må forklare, hvori bæredygtigheden består i forhold til at minimere forbruget af de begrænsede naturressourcer, udledningen af CO_2 og produktion af affald – samt byggeriets *vedvarende holdbarhed*.

3.3 FN's Verdensmål for en bæredygtig udvikling

Jeg kan ikke forklare begrebet 'bæredygtighed' uden at nævne FN's *Verdensmål for en bæredygtig udvikling, og* specielt i denne forbindelse *MÅL 11: Bæredygtige byer og lokalsamfund,* samt endvidere den tyske, nu nærmest verdensomspændende, certificeringsordning for *bæredygtigt byggeri,* DGNB, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. Disse to initiativer er derfor gennemgået i de næste to afsnit.

Baggrund

Den 25. september 2015 vedtog verdens stats- og regeringsledere på FN topmødet i New York 17 konkrete mål og 169 delmål, der forpligter alle FN's 193 medlemslande til helt at afskaffe fattigdom og sult i verden, reducere uligheder, sikre god uddannelse og bedre sundhed til alle, anstændige jobs og mere bæredygtig økonomisk vækst. De fokuserer ligeledes på at fremme fred og sikkerhed og stærke institutioner, og på at styrke internationale partnerskaber.

Den nye dagsorden anerkender således, at social, økonomisk og miljømæssig udvikling, fred, sikkerhed og internationalt samarbejde er tæt forbundne, og at det kræver en integreret indsats at opnå holdbare udviklingsresultater. Målene trådte i kraft den 1. januar 2016 og skal frem til 2030 sætte os kurs mod en mere bæredygtig udvikling for både mennesker og planeten, vi bor på.

Modsat hvad mange tror, er der opnået betydelige fremskridt på disse områder de sidste 20 år. Siden 1990 er fattigdommen i verden faldet med næsten 75%, ni ud af ti børn i udviklingslandene indskrives i dag i skole, og dobbelt så mange børn overlever deres fem års fødselsdag. 45% færre kvinder dør i forbindelse med graviditet eller fødsel, to milliarder mennesker har fået adgang til forbedret drikkevand, og millioner af menneskeliv er blevet reddet på grund af bedre forebyggelse og behandling af smitsomme sygdomme som malaria, tuberkulose og HIV/AIDS.

De ny verdensmål vil én gang for alle udrydde fattigdom og sult i verden, og de vil i langt højere grad fokusere på bæredygtighed. Alle har ret til et værdigt liv, og vi har i dag den fornødne viden, teknologi og ressourcer til at gøre det muligt.

De nye verdensmål vil gælde for alle lande – både rige og fattige – med højde for landenes forskellige udgangspunkt. De store udfordringer, vi står overfor i dag, som bl.a. social, økonomisk og politisk marginalisering, stigende ungdomsarbejdsløshed, ulighed, fattigdom, fødevareusikkerhed, mangel på, eller ulige adgang til grundlæggende naturressourcer, miljøforurening, klimaforandringer og ikke-lydhøre regeringer. De er alle nationale udfordringer med store regionale og globale konsekvenser, og er derfor nødvendige at løse i fællesskab

.

MÅL 11: Bæredygtige byer og lokalsamfund

Vi skal gøre byer og lokalsamfund inkluderende, sikre, robuste og bæredygtige (Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable)

I forhold til mit forskningsprojekt *Vedvarende holdbarhed - Nyt syn på bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger* og det vi i øvrigt arbejder med på Kunstakademiets Arkitektskoles kandidatprogram for Kulturarv, Transformation og Restaurering (KTR) vedrørende bæredygtighed, må det være MÅL 11, der omhandler *Bæredygtige byer og lokalsamfund,* jeg primært skal forholde mig til.

Mål 11 består af en indledende tekst, 7 *målsætninger* (Goal 11 targets) og 3 hvad man må forstå som *hensigter* (a, b og c). Efter at have læst disse tekster, og oversat dem til dansk, må jeg sige at i relation til det, vi arbejder med er de i værste fald helt ubrugelige og i bedste fald pædagogiske eksempler på helt forkerte tænkemåder, holdninger og strategier, som vi dog også kan risikere at møde visse steder i Danmark. Men heldigvis sjældnere og sjældnere.

Teksterne må være skrevet af nogle teknokrater uden indsigt i området, og med viden og holdninger fra før 1970-erne. Det værste er sådan set ikke, hvad målene siger, men hvad de *ikke* siger, d.v.s. hvad de 10 delmål slet ikke nævner eller omfatter. Først og fremmest fremgår det ikke særlig klart, hvad en bæredygtig by eller en bæredygtig bygning *er*, hvilket jo burde være det første og vigtigste udgangspunkt.

Mit bud på en bæredygtig by (eller landsby):

1. Blandede boliger m.h.t. ejerformer, boligstørrelser og –typer - med en bevidst social spredning.
2. Integrering af boliger, småerhverv og butikker og med kort og sikker vej til skoler og institutioner.
3. Bygninger på maksimum 5 etagers højde (s. 39).
4. Bygninger med *vedvarende holdbarhed* og enkel vedligeholdelse, bl.a. bygninger, der allerede er mindst 60-100 år gamle, gerne 150-250 år.
5. Bygninger, opvarmet med CO_2-neutral energi og kølet med naturlig ventilation.
6. Regulerende lokalplaner for byområder med kulturhistoriske og/eller arkitektoniske kvaliteter.
7. Begunstigede forhold for gående og cykler, og begrænsede forhold for biler, bl.a. ved at anlægge dele af nye byer med smalle og krogede gader som i middelalderens byplaner (s. 34), samt god forsyning med offentlige transportmidler.
8. Grønne parker, bilfri pladser og fællesområder.
9. Affaldssortering og effektiv håndtering af affald.
10. Sikring mod ekstremt vejr, både huse og terræn.

Nu skal vi så se, hvad FN's 'Bæredygtighedsmål for bæredygtige 'Byer og Lokalsamfund' foreslår. Jeg gennemgår dog kun de 4 første og det sidste punkt:

MÅL 11.1
Inden 2030 skal vi sikre, at alle har tilstrækkelig adgang til sikre boliger med de fornødne faciliteter, til en overkommelig pris. Slumområder skal saneres.

Det sidste, markeret med rødt, er to helt ubrugelige udtryk og som også er meget farlige. Vi er med den formulering jo nærmest tilbage til tiden før 1970-erne, hvor alle eksisterende bygninger og kvarterer blev kaldt slum og hurtigst muligt skulle 'saneres' – i praksis rives ned og erstattes med nyt betonbyggeri.

Selv da de fantastisk fine gamle træbyer i de nordiske lande blev revet ned på stribe i 1970-erne, blev det konsekvent kaldt 'slum'. I dag repræsenterer de bygninger og kvarterer, der 'overlevede', sunde, gode, billige og utroligt attraktive og populære boliger.

Derfor skal man, inden man 'sanerer' noget som helst, sætte sig omhyggeligt og metodisk ind i de historiske, tekniske og arkitektoniske kvaliteter, det indeholder. Det gør vi f.eks. på Arkitektskolen med en metode, kaldt Analyse- og Værdisætnings-Metoden, der sikrer at man kommer til at kende og forstå byens og bygningernes stedsspecifikke egenskaber, deres materialemæssige styrker og svagheder samt deres immaterielle sjæl og atmosfære, rigtig godt. Det var lige netop det, man glemte under 1970-ernes 'saneringer'.

Så 'slumområderne' skal *ikke* bare 'saneres'. De skal undersøges og dokumenteres på en systematisk måde, så man finder frem til deres særlige kvaliteter, for derefter at udarbejde en (bevarings)plan for deres istandsættelse eller fornyelse, i overensstemmelse med de bærende bevaringsværdier.

MÅL 11.1 (ny tekst): Der skal gennemføres en grundig og metodisk, historisk, teknisk og arkitektonisk analyse og værdisætning af vores byer og bygninger – før der tages stilling til og projekteres omdannelser og istandsættelser. Nedrivninger bør være absolutte undtagelser. Byområder med kulturhistoriske og/eller arkitektoniske kvaliteter skal reguleres gennem bevarende lokalplaner.

Disse tre fine gamle 'ildebrandshuse' fra 1730'erne i København 'overlevede' på mirakuløs vis den store 'Borgergade-sanering' i 1940-erne – hvor tilsvarende gode og robuste huse blev kaldt slum, gamle faldefærdige 'rønner' og det der var værre, bl.a. fordi beboerne, på dette tidspunkt, var de fattigste i København. I dag kan vi se, hvor smukke, fine og holdbare, disse bygninger er, og hvordan de stadig beriger byen. De repræsenterer langt bedre, sundere og attraktive huse og boliger, end f.eks. 1970-ernes betonbyggerier på Nørrebro. Så når jeg hører ordet 'slum', er det aldrig gode tegn. Det handler om noget helt andet. Selve Borgadeprojektet, er dog undtagelsen, der bekræfter reglen, for her blev 'ildebrandshusene' erstattet af et meget smukt og godt byggeri i mursten, tegnet af Kay Fisker, C.F. Møller og Svenn Eske Kristensen i årene 1943-58. Se også side 63.

MÅL 11.2
Inden 2030 skal vi give alle mennesker adgang til sikre, tilgængelige og bæredygtige transportsystemer – til en pris, der er til at betale. Vi skal også forbedre vejsikkerheden, især ved at udvide den offentlige transport, med særligt hensyn til udsatte grupper, kvinder og børn, handicappede og ældre.

Hvad har vejsikkerheden med den offentlige transport at gøre? Det er fuldstændig syret at læse. Der står jo direkte, at hvis vi kan lokke flere mennesker over i den offentlig transport – så bliver der færre biler på vejene, som på den måde bliver mere sikre for alle os, der kører i bil. Poul og Fritz fra 'Rytteriet' kunne ikke have sagt det bedre.

Men hvis man kører 10 km/t ind eller ud ad Lyngbyvejen, er det da ikke noget *vejsikkerhedsmæssigt* problem. Det er vel ret begrænset, hvad der kan ske af trafikulykker med så lav en hastighed. Det de mener, i FN's Bæredygtighedspanel er vel, at vi skal 'forbedre' *vejhastigheden* (på motorvejene) ved at udvide den offentlige transport, så de færre biler på vejene, som dette medfører, kan komme hurtigere frem. Men det kan man selvfølgelig ikke skrive. Så 'vejsikkerheden' lyder meget bedre.

Og for at de ude i Hellerup Havn kan være helt med, forklares det lige i teksten, hvad 'offentlig transport' er: Det er noget, som 'udsatte grupper, kvinder og børn (+ au pair pigerne) handicappede og ældre' benytter. Vi mænd kører tydeligvis i bil.

MÅL 11.2 (ny tekst): Inden 2030 skal vi give alle mennesker adgang til gode og pålidelige, offentlige transportsystemer – til en pris, der er til at betale. Vi skal begrænse biltrafikken i byerne og landsbyerne gennem lovgivning og ved at indrette veje og gader i de nye og gamle byer, så de fremmer gående og cyklende trafik, bl.a. ved at bygge/beholde smalle og krogede gader, uden adgang for biler. De store, brede bil-indfaldsveje til byerne skal mindskes.

MÅL 11.3
Inden 2030 skal vi gøre byernes vækst mere inkluderende og bæredygtig, med bedre muligheder for at alle verdens lande kan planlægge byer og lokalsamfund på en mere integreret, bæredygtig og inddragende måde.

Dette er ren volapyk, der ikke bliver bedre af, at det bliver gentaget to gange, lige efter hinanden: Byer og lokalsamfund skal planlægges så de bliver mere inkluderende og bæredygtige på en mere integrerende, bæredygtig og inddragende måde. Hvis den anden sætning skal være en slags forklaring på den første, så hører vi, at 'inkluderende' ikke særlig overraskende, skal forstås som 'integrerende og inddragende', men man tænker uvægerligt også her på nyt, billigt betonbyggeri. Men hvad betyder 'bæredygtig' i denne sammenhæng? Det bliver ikke nærmere forklaret, bort set fra at byernes vækst skal være bæredygtig på en bæredygtig måde. Så kan det vist heller ikke blive mere bæredygtigt! Men meget klogere på dette spørgsmål, er vi ikke blevet.

Men *bevaring* af ældre bygninger er jo i høj grad lig med bæredygtighed. D.v.s. at hvis vi istandsætter og forbedrer de *eksisterende* ældre bygninger, der findes, så vil dette helt klart medføre, at byerne bliver mere inkluderende, integrerende og inddragende. Dette kunne sagtens være formuleret klart og tydeligt, i stedet for den ene gentagelse.

MÅL 11.3 (ny tekst): Inden 2030 skal vi gøre byernes vækst mere inkluderende og bæredygtig. Derfor må opførelsen af nye bygninger og bydele kun undtagelsesvis medføre nedrivninger af de eksisterende bygninger ældre end 1960. Disse skal bevares og istandsættes, hvilket både er det mest bæredygtige og samtidigt indebærer de mest inkluderende og integrerende byer og lokalsamfund. Helt nye byer skal bl.a. bestå af blandede boliger i forhold til ejerformer, boligstørrelser og -typer - med en klar social spredning. Nye bygninger skal være *under* 5 etager for at beboerne kan føle sig naturligt inddraget og integreret i byens liv.

MÅL 11.4
Vi skal styrke indsatsen for at beskytte og bevare verdens arv af kultur og natur.

Det lyder lidt som om det kun er selve UNESCO's udpegede 'Verdensarv', der skal beskyttes og bevares, Så når vi i MÅL 11 specifikt taler om 'bæredygtige byer og lokalsamfund', så har vi i Danmark åbenbart kun Christiansfeld at bekymre os om. Resten af bygningskulturen skal hverken beskyttes eller bevares.

Men det lyder alligevel *for* utroligt. Taget for pålydende er ordet 'kultur' imidlertid også et alt for 'bredt' udtryk til at kunne bruges her. Det dækker også en række ikke specifikt by-relevante ting som malerier, litteratur, digtning og folkedans. Jeg er med på, at målene skal formuleres meget kort, men i forbindelse med at bevare og beskytte vores 'byer og lokalsamfund' er ordet *bygningskultur* noget mere præcist. Det samme gælder 'natur', der også er alt for bredt til, at det kan bruges til noget her. Derfor anvender vi, der arbejder med dette, udtrykket *landskabskultur*.

Denne 'paragraf' på én sætning er i øvrigt det eneste sted i FN's bæredygtighedsmål, herunder samtlige 169 delmål, hvor kulturarven nævnes. Denne har åbenbart ikke ret meget med en bæredygtig udvikling for Verden at gøre. Men man burde vel i virkeligheden *tage udgangspunkt* i den?

MÅL 11.4 (ny tekst): Vi skal styrke indsatsen for at beskytte og bevare landenes eksisterende og lokale bygnings- og landskabskultur. Det skal gøres gennem ny viden, opdaterede informationsmaterialer, uddannelse og konkrete mønster-projekter.

MÅL 11.c
Vi skal støtte de mindst udviklede lande til at bygge bæredygtige og robuste bygninger af lokale materialer. Støtten skal blandt andet ske gennem finansiel og teknisk assistance.

Meget, meget mærkelig formulering og strategi. For at hjælpe de fattige lande, der ikke har muligheder for at opfylde alle de fine og bæredygtige mål, der er beskrevet i de øvrige punkter, skal 'vi' (de rige lande?) sende dem nogle penge, så de kan grave noget ler op og bygge huse af de lokale materialer, og dumme er de jo også, så vi må også hjælpe dem med eksperter, der kan vise dem, hvordan man gør.

Lidt mere 'positivt' kan det måske også forstås sådan, at de *mindst udviklede lande* skal have økonomisk og teknisk støtte til at holde fast i deres lokale bygningskultur. Men hvad så med de *mere udviklede lande* og deres oprindelige bygningskultur? Den skal man ikke gøre noget for, følger det implicit af FN's Verdensmål for en bæredygtig udvikling. De lokale materialer hører udelukkende til i de mindst udviklede lande. Vi andre er jo for længst kommet videre derfra?

Af én eller anden grund, ser jeg også her også 'snobberne' i Hellerup Havn for mig: De fattige lande, hvad gør vi ved dem? Du må ikke sige fattige mere, søde Fritz. Nu hedder det 'mindre udviklede lande'. Jeg så, sidst jeg var dernede på en lille ferie, at de visse steder har sådan nogle sjove og pittoreske huse. Kunne man ikke sende dem nogle penge, så de kan bevare nogle af dem, og evt. bygge nogle nye i samme stil - af hensyn til turisterne. Bare vi kan bo på nogle ordentlige luksushoteller, så gør det vel ikke noget.

MÅL 11.c (ny tekst): Vi skal i alle lande være meget opmærksom på den lokale byggeskik, opført af lokale materialer. Da den både repræsenterer bæredygtige og robuste bygninger, skal disse istandsættes og moderniseres nænsomt, med anvendelse af de samme slags materialer og metoder, som de er bygget med.

3.4 DGNB, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen

Der findes generelt tre 'Certificerings-Ordninger' for bæredygtige bygninger og byggeri: DGNB, LEED og BREEAM. Af disse er DGNB, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen den mest udbredte i øjeblikket. Se http://www.dgnb.de/ og i Danmark: Green Building Council Denmark www.dk-gbc.dk.

Denne ordning bygger, helt i tråd med 'Brundtlandrapporten' fra 1987, på de tre grundbegreber indenfor bæredygtighed: miljømæssig bæredygtighed, økonomisk bæredygtighed og social bæredygtighed.

Miljømæssig bæredygtighed
Hermed forstås energieffektivitet, ressourceforbrug, brug af fornyelige ressourcer, evnen til at minimere miljø-og klimapåvirkninger –globale som lokale – samt reduktion i påvirkningen af biodiversitet.

I praksis handler det f.eks. om, at det træ, der bruges til et byggeri stammer fra bæredygtig skovdrift. Isolering og vinduer skal være så effektivt konstrueret, at energiforbruget er minimalt i byggeriets levetid.

Økonomisk bæredygtighed
Dette handler om optimering af driften gennem fokus på driftsomkostningerne, bedre mulighed for udlejning og mulighed for højere udlejningspriser, forøget produktivitet hos brugeren af bygningen, værdistabilitet og bedre finansieringsmuligheder.

I praksis er fokus her eksempelvis på at bruge materialer og konstruktioner, som letter rengøringen, eller som har længere levetid, før de skal skiftes ud. Desuden spiller energiforbruget også ind på den økonomiske bæredygtighed.

Den økonomiske bæredygtighed arbejder med begrebet totaløkonomi, der ser på den samlede økonomi i et byggeris levetid frem for kun at se på opførelsesomkostningerne.

Social bæredygtighed
Bygningens værditilførsel på brugersiden, herunder brugertilfredshed og velvære, bedre indeklima, øget fleksibilitet, tilgængelighed for alle samt tryghed og sikkerhed.

I praksis handler det om, at alle medarbejdere i et kontorbyggeri har adgang til dagslys og frisk luft. Det handler også om at minimere støj og lugtgener.

Kommentarer
Umiddelbart synes det som om, der er indbygget et stort dilemma i de tre stikord:

- Miljømæssig bæredygtighed –hvad med nedrivning af eksisterende bygninger på byggegrunden?
- Økonomisk bæredygtighed -muligheden for højere udlejningspriser –sammenlignet med...
- Social bæredygtighed -handler dette ikke også om prisen. Om hvem, der har råd til at købe eller leje byggeriet?

Man spørger sig selv, hvorfor de tre mest alvorlige problemer for Kloden ikke vægtes allerhøjest i DGNB:

- Forbrug af Jordens begrænsede ressourcer (rent ferskvand, rent havvand, kalksten, ler, grus, jern, skove mm.)
- Udledning af CO2 fra fossile brændstoffer
- Plads til affald –herunder giftigt affald.

Endvidere:
Hvorfor kan DGNB ikke anvendes på en bæredygtig istandsættelse af eksisterende bygninger?

- DGNB forholder sig dermed ikke til virkeligheden: At nybyggeri ofte medfører nedrivninger af eksisterende bygninger
- DGNB forholder sig heller ikke til helheden –at istandsættelse af eksisterende bygninger ofte er en mere bæredygtig løsning, end nybyggeri.

Bindingsværksgård på Fyn, se også forrige side, opført omkring 1740, bygget af lokalt elmetræ – fodtømmeret er dog af egetræ, ubrændt ler (soltørrede lersten eller lerklining på hasselkæppe), hvidtekalk, stråtag mm. Vinduerne er nyere, fra 1780-erne, og, sammen med dørene, et klassicistisk indslag. Hvorfor findes der ikke en bæredygtigheds-klassificering for huse som dette, der jo er totalt *bæredygtigt og holdbart på alle parametre.*

Forslag til en ny certificerings-ordning for bæredygtige bygninger og nybyggeri

Jeg tillader mig derfor at komme med et bud på en ny certificerings-ordning for bæredygtige bygninger og nybyggeri –d.v.s. både istandsættelse og energiforbedring af eksisterende bygninger og nybyggeri, - indbefattet evt. nedrivning af eksisterende bygninger på byggegrunden samt produktion af materialer mm:

Certificeres, og vægtes i forhold til:

1. Projektets minimale forbrug af Jordens begrænsede naturressourcer (rent ferskvand, rent havvand, kalksten, ler, grus, jern, naturskove mm.).
2. Projektets minimale udledning af CO2 fra fossile brændstoffer (olie og kul - også på produktionsvirksomhederne).
3. Projektets minimale produktion af bygge-og andet affald –herunder giftigt affald, også på produktionsvirksomhederne.
4. Bygningens lange og vedvarende levetid. Dels bygningens allerede påviselige levetid - plus dens fremtidige levetid og holdbarhed.
5. Bygningens minimale og primært CO2-neutrale energiforbrug under dens brug.
6. Bygningens vedligeholdelse – inkl. dennes ressourceforbrug, energiforbrug, 'affaldsforbrug' og økonomi, inkl. udskiftning af udsatte elementer med kort levetid (bl.a. udvendige termoruder).

Certificerings-klasser

Jeg har bemærket, at DGNB-ordningen benytter forskellige kvalitets-betegnelser, der ellers er knyttet til meget lange ægteskaber, f.eks. sølv, guld, diamant, krondiamant. Jeg tænker her på, at mit eget 280 år gamle hus (se foto) jo allerede har holdt 4 x krondiamant-bryllupper, dog ikke med mig, men med den stedlige landsby.

Så man kunne for den ovennævnte 6-punkts certificerings-ordning for bæredygtige bygninger og nybyggeri, operere med 2 'certificerings-klasser':

- Laveste certificering: 3 x krondiamant
  Hvor levetiden og holdbarheden, *inkl. den nuværende bygning*, er på mindst 195 år.
- Højeste certificering: 4 x krondiamant
  Hvor levetiden og holdbarheden, *inkl. den nuværende bygning*, er på mindst 260 år.

3.5 Konklusion (2): Hvad er en bæredygtig bygning?

3.5.1 Resume

En bæredygtig bygning først og fremmest er en bygning, der har holdt længe eller som er bygget til at holde længe (mindst 200 år) – faktisk vedvarende, hvis den løbende vedligeholdes og energiforbedres med de klassiske byggematerialer, bygningskonstruktioner og håndværksmetoder. Derudover skal den have et lavt energiforbrug i driftsfasen.

Det er alt for overfladisk og unuanceret, bare at tale om 'bæredygtige bygninger' og 'bæredygtigt byggeri'. Man må forklare, hvori bæredygtigheden består i forhold til at minimere forbruget af de begrænsede naturressourcer, udledningen af CO2 og produktion af affald – samt byggeriets vedvarende holdbarhed. Hertil kommer beboernes brug af bygningen.

3.5.2 Kan man bygge nye huse med 'vedvarende holdbarhed' i dag?

Jeg kan ikke se ret meget til hinder for, at denne viden, om de klassiske byggematerialer, bygningskonstruktioners og håndværksmetoders bæredygtighed (vedvarende holdbarhed), der er udviklet indenfor bygningsrestaurerings-området i de senere år, både kan anvendes til vedligeholdelse og istandsættelse af eksisterende bygninger – og opførelse af nye, bæredygtige bygninger - med en 'vedvarende holdbarhed'

Murværk, facader og murede huse

De muremørtler, der anvendes i moderne muret byggeri er for det første alt for stærke til de fleste formål. De er cementholdige og holder derfor længe på fugten, efter regn, sne og slud. Det gælder også indeklimaet. Dette påvirker energiforbruget, da fugtig luft er dyrere at varme op en tør luft. Da KC-mørtel ikke kan lagres, repræsenteret denne et stort, dagligt spild, og ved genoprøring med vand af en KC-mørtel, på vej til at stivne, mister denne sig trykstyrke. De ofte anvendte cementpudser og tyndpudser er generelt alt for tætte, hvorved der ret hurtigt opstår frostskader på murværket. Alt dette forkorter moderne murede huses holdbarhed i dag. Ikke mindst når det forventede mere ekstreme vejr kommer. Se side 86.

Ny viden om og erfaringer med luftkalkmørtler og svagt hydrauliske mørtler viser at de har en god fugtdynamik og afgiver fugt meget hurtigt på grund af den kapillaråbne 'diodevirkning' i overfladen, der kan forstærkes ved en dækkende 'diodepuds'. Luftkalken kan lagres over lang tid, så der ikke forekommer spild, og genoprøring påvirker ikke styrken. Luftkalkmørtel med korrekt kornkurve er således blevet godkendt til nybyggeri af enfamiliehuse i én etage. Hvidtekalk overgår rent fugtteknisk plastikmaling på grund af sin kapillaråbne overflade. Historiske murede huse har i mange tilfælde en gennemsnitlig holdbarhed og levetid i dag på over 200 år – og ser ud til, uden problemer, at kunne holde mindst lige så længe - *endnu*. Man kan også med fordel bruge rensede 'gamle mursten' til nybyggeri i murværk, naturligvis med luftkalkmørtel, som før 1960.

Nybyggeri i træ

Se nærmere om moderne træhuse side 43-47.

Vinduer af træ

Her behøver vi nærmest ingen argumentation. Gamle vinduer, der istandsættes med linoliemaling og energiforbedres med indvendige forsatsvinduer, 1+1, 1+2 eller 1+2* overgår alle nyfremstillede vinduer af træ, plastik eller aluminium til ældre huse: Energimæssigt, i minimal vedligeholdelse, med hensyn til levetid og holdbarhed (mindst 200 år – mere), samt spinkelhed og æstetik. Det er overhovedet ikke noget problem at fremstille nye tilsvarende vinduer af træ – i moderne fortolkning – til nye huse.

Termovinduer

Moderne termovinduer, der sælges om teknikkens nyeste vidundere, med fine certificeringsordninger og mærkningsordninger, indeholder en række graverende fejl, der gør at de ikke bør regnes som et bæredygtigt bygnings-element.

Termoruderne har en markant kuldebro-effekt langs skilleprofilerne, der reducerer isoleringseffekten ved små rudeformater. De 'forbedrede kanter', såkaldt 'varme kanter' – sammenlignet hermed må trævinduer have 'brændvarme' kanter – hjælper en smule på dette, men til gengæld forkorter de rudernes levetid, herunder udsivning af den isolerende gasart, argon, som findes i glasmellemrummet på nye ruder.

Udregner man den reelle U-værdi (varmetabskoefficient) og energital for *hele* ruden/vinduet, og ikke kun rudens *midte*, vil man se at termoruder i små rudestørrelser, svarende til vinduer i ældre bygninger, ikke opfylder Bygningsreglementets krav om et samlet energitilskud på ÷33 kWh/m² år. Det gør de energiforbedrede, 200-årige gamle vinduer derimod!

Termoruder er en gang teknisk lappeværk bl.a. bestående af et sammensurium af materialer, der ikke arbejder godt sammen indbyrdes: Glas, der er limet til metalprofiler, tætningslister af gummi og fuger af gummifugemasse (PCB). Der gives derfor kun 5 års garanti, og den reelle levetid for bare termoruderne er i gennemsnit 18-20 år. Der sker ydermere en gradvis udsivning år for år af den dyre gasfyld, der skulle sikre ekstra god isoleringsevne.

Som det ses er der faktisk slet ingen modsætning mellem de *klassiske materialer og håndværksmetoder*, og muligheden for at benytte disse i nybyggeri i dag – ikke engang prismæssigt, hvis man indregner levetiderne. Og i forhold til bæredygtighed, er der slet ingen sammenligning. Her vinder de klassiske materialer og konstruktioner langt over de nye.

Uglegårdsskolen i Solrød, tegnet i 1972 af Halldor Gunløgsson og Jørn Nielsen. Til højre den nu over 40 år gamle brædde-beklædning, smukt sømmet med sømhovederne i plan med brædderne yderside. Til venstre en ny tilbygning fra 2010, hvor den meget hurtige og effektive maskin-sømnings markant mindre sømhoveder bliver banket alt for dybt ind i træet, så dette flækker. 'Enhver' burde kunne se, at træet nu suger mere fugt, så det rådner hurtigere. Intet er åbenbart for småt, til ***ikke*** *at kunne gå galt, når man i dag bygger nye, 'bæredygtige' træhuse.*

3.5.3 Nye bæredygtige træhuse i bræddebeklædt stolpeværk

Moderne 'bæredygtigt' byggeri i træ

Træ er fremtidens bæredygtige byggemateriale, bl.a. fordi træ er en fornybar ressource, træ lagrer CO2 og træ kan nedbrydes i naturen, efter brugen. Derfor ser vi i disse år det ene træhusbyggeri efter det andet, der slår sig op på sin store og innovative bæredygtighed.

En analyse af dette viser imidlertid, at det er fuld af *ikke-bæredygtige* materialer og løsninger. Bl.a. benyttes der kunstigt tørret træ, der sluger en masse energi, frem for naturlig lufttørring. Konstruktionerne består bl.a. af tynde lægter/planker, samt spær af limtræ, samlet med skruebeslag af jern, isoleret med mineraluld og forsynet med tætte plastikdampspærrer, plastikmalet eller eventuelt umalet, evt. også med trykimprægneret træ. Dette har en maksimal levetid på 30-50 år, i forhold til plastikmembranernes tæthed, og dermed fugtophobning i konstruktionen, kondens og råd omkring jernbeslag og skruer, sommerkondens, limtræ, der går op i limningen, plastikmalet eller umalet udvendigt træ (splintved).

Det anvendte træ er generelt i dårlig kvalitet (densitet) og har en tilfældig opskæring (retning af marvstrålerne). Mineraluld og trykimprægnering belaster miljøet, herunder også ved evt. bortskaffelse, indvendig plastikmaling skaber dårligt indeklima, metalbeslag forværrer skader ved brand og fremmer selve brandudviklingen.

Nye træhuse af massivtræ (CLT- Cross-Laminated-Timber) repræsenterer generelt træ i ringe trækvalitet (densitet) og tilfældig opskæring (retning af marvstrålerne). Deres integrerede isoleringsmaterialer har ikke bevist en levetid på over 30-50 år i praksis, limtræ og udvendig sammenlimning har ikke bevist en levetid på over 30-50 år i praksis. Kraftige træ-dimensioner direkte i udemiljøet er fugtet op i længere tid end spinklere dimensioner, og rådner derfor hurtigere.

Metalbeslag udgør kondens-fælder, der skaber råd og forværrer brandskader og udvikling af brande. Både udvendig og indvendig plastikmaling forværrer træets fugtforhold og mindsker dets levetid.

I alle moderne træbygninger benyttes 'maskinsømning' eller '-skruning', der tit banker/skruer søm eller skruer for langt ind i træet, så dette flækker og der opstår vandlommer, der får træet til at rådne hurtigere. Så disse bræddebeklædninger holder næppe mere end 30-50 år. Se foto ovenfor.

Historiske huse som kundskabskilder

Historiske trækonstruktioner i udmuret bindingsværk (herunder med ubrændt ler i tavlene) samlet med træsamlinger har en *beviselig* levetid i Danmark på mindst 450 år – og de kan uden at overdrive holde i mindst 100 år *mere*. Bulladen i Tyrstrup (se side 5) har stået i 327 år i *ubehandlet, spejlskåret egetræ*.

Vi har ikke helt så gamle bræddebeklædninger i *fyrretræ* i Danmark, men på mange sjællandske bindingsværkshuse sidder der bræddegavle af fyrretræ fra midten af 1700-tallet – ofte trætjærede, og i dag i udmærket tilstand. De ældste træhuse af bræddebeklædt bindingsværk i Danmark er fra 1870-erne, og derfor 'kun' ca. 140 år gamle. Nogle af de vestvendte, bræddebeklædte gavle og sider på de murede huse i Christiansfeld er fra midten af 1770-erne og derfor ca. 240 år gamle. De har også en lang levetid endnu.

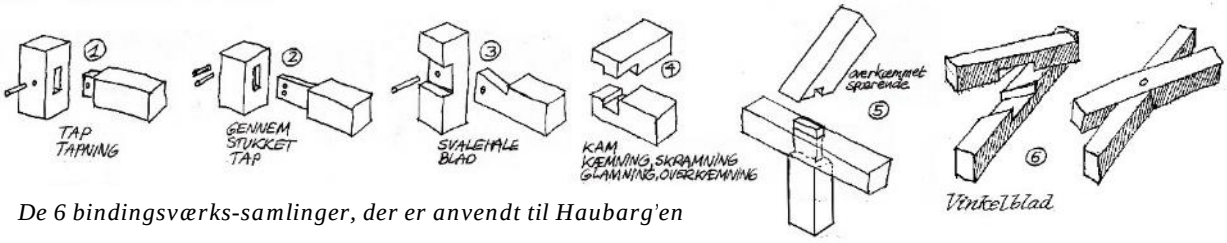
Men dette at vi har så gamle træbygninger i Danmark i form af bindingsværksbygninger, der har holdt i det danske vejr og vind i 450 år, og derudover kan holde i mindst 100 år *mere*, hvis de bliver vedligeholdt med de korrekte materialer – d.v.s. ingen plastikmaling, stenkulstjære, gummifugemasser eller plastikdampspærrer – gør at vi bør interessere os for, om man i et moderne bæredygtighedsperspektiv, kan fremstille disse igen i dag – stort set magen til de oprindelige.

Projekt Haubarg

På KTR (Kulturarv, Transformation og Restaurering) på Kunstakademiets Arkitektskole tog vi i efteråret 2012 denne udfordring op: At tegne og bygge et 'bindingsværkshus' anno 2012 – d.v.s. et hus, der benytter de tekniske og arkitektoniske kvaliteter, som en forudgående analyse af de historiske bindingsværkshuse i Danmark havde vist, men som samtidigt repræsenterer et helt moderne hus.

I det analyserede bindingsværkshus havde man i 1740-erne kun anvendt 6 træsamlinger til hele huset, til trods for at bygningen er 125 meter lang. Det var derfor en vigtig præmis, at det nybyggede træhus udelukkende indeholdt disse 6 samlinger – og ikke andre. Se nederst på siden.

For at afprøve samlingerne i rimelig stor skala, hvor kræfterne begynder at betyde noget for stabilitet og konstruktiv styrke, lod vi os inspirere af den frisiske bygningstype 'Haubarg', der findes på Frilandsmuseet i Lyngby i form af Ejderstedgården – kombineret med et traditionelt dansk bindingsværkshus. Selve 'Haubargen' er en høj firkantet konstruktion, bygget med klassiske bindingsværks-samlinger, hvori man kan placere årets høhøst tørt under tag om efteråret, så høet kan bruges til foder til kreaturerne i vinterens løb. 'Haubarg' betyder derfor 'højberg' på hollandsk-/frisisk.



De 6 bindingsværks-samlinger, der er anvendt til Haubarg'en

'Haubarg-projektet' rejser en række interessante aspekter af teknisk art. Det viste sig for det første at den ønskede konstruktion forholdsvis let lod sig udføre som forudsat. Bl.a. bl.a. den ret komplicerede samling, hvor den lodrette hjørnestolpe bliver samlet med tagremmens vandrette hjørnesamling, samtidigt med at gratspæret skal ligge fast oven på dette – det vil sige 6 stykker kraftigt tømmer, samlet på eet punkt, uden nogen form for beslag, søm, skruer eller metalbånd, men kun træ-med-træ. Se foto.

Hvis denne hjørnesamling skulle være udført med metalbeslag og bolte ville det ligne et teknisk 'monster'. Samlet træ med træ ser denne sammenføjning utrolig smuk og elegant ud.

Det analyserede bindingsværkshus indeholder præcist denne detalje i to hjørner med helvalm, men man kan jo ikke lige komme til at skille samlingen ad eller røntgenfotografere den, så her må man vente 300-400 år, før den eventuelt skal skiftes ud.

En ret avanceret træsamling, der rent faktisk findes på bindingsværksgården 'Vadstrup' på Fyn (i midten), men hvor den af naturlige grunde ikke kan skilles ad for at blive studeret og målt op. Her løber det helvalmede tags gratspær ned på remmen i husgavlens ene hjørne. Alt sammen samlet træ med træ, uden beslag, bolte eller sømbeslag. Til venstre, den nybyggede 'Haubarg'. I dag kan man se denne på Utzon-Centeret i Aalborg (t.h).

For det andet viste træsamlingernes egenskaber i forhold til træk- og trykkræfter sig med det samme, de blev udført. Samlingerne og konstruktionerne blev fuldstændigt stabile lige så snart de var samlet. Især var det fantastisk at se og mærke, da 'overlåsningerne', de fire lange remme med huller til stolpernes endetappe, kom på, og de tilsvarende fire fodremme. Det var som en kinesisk æske, hvor alt faldt smukt i hak og ikke kunne rokkes fra hinanden igen.

For det tredje er det slående, at bindingsværkets modulopbygning, bestående af en række næsten ens elementer, betyder at disse kan udføres på spredte steder af helt forskellige hold. Fire 'sjakbajser' stod for koordineringen, også i forhold til at ingen gik ledige eet sted, mens der manglede hænder et andet sted.

Et sæt meget enkle 'målestokke', lange trælægter med blyantsmærker på, skulle sørge for at tapper og taphuller, kæmninger og hakker osv. kom til at passe sammen. Simpelt og helt lavpraktisk.

Af sikkerhedsmæssige, praktiske og pædagogiske grunde, ikke af ideologiske eller historiske grunde, blev alle savsnit og kapninger savet i hånden, alle taphuller stemt ud i hånden og alle nagler snittet i hånden. En større maskinpark ville larme og måske volde ulykker – og det var heller ikke oplæring i effektivitet, der var formålet. Men der findes i dag 'fuldautomatiske' maskiner, der kan udføre alle samlingerne maskinelt og – formentlig - lige så hurtigt som samlinger med metalbeslag.

Se eksempelvis dette 'bæredygtige' træhus fra internettet – giftigt, trykimprægneret træ, samlet med store sømbeslag, Selv om dette stolpeværk ikke er beregnet til at skulle ses, er det jo på detaljen, at man skal kende god kvalitet, og man skal derfor næppe forvente, at husets andre detaljer er stort bedre udført.

Ved at studere og kopiere de klassiske bindingsværkskonstruktioner og tagkonstruktioner med traditionelle træsamlinger og træteknologi, kan man bygger huse, der er langt mere holdbare og bæredygtige end dette.

Nye træhuse i bræddebeklædt stolpeværk med klassiske træsamlinger

Forsknings- og udviklingsprojektet 'Nye træhuse i bræddebeklædt stolpeværk med træsamlinger' gennemføres de kommende år på Kunstakademiets Arkitektskole i København i samarbejde med 'Netværk for Bindingsværk', Landsforeningen for Bygnings- og Landskabskultur, Center for Bygningsbevaring i Raadvad med flere.

Hypotese

Projektets hypotese er, at huse bygget i bræddebeklædt *stolpeværk* i fyrretræ (et 'nyopfundet' navn for at adskille disse konstruktioner sprogligt fra 'traditionelle bindingsværkshuse', selv om det stort set er det samme, rent konstruktivt), d.v.s.

- i massivt 5 x 5 tommer (12,5 x 12,5 cm) *dansk* fyrretømmer,
- samlet med klassiske træsamlinger, træ med træ, *uden* jern og skruer, men gerne udført maskinelt.
- beklædt udvendigt og indvendigt med træ og
- isoleret i ydervægskonstruktionen med stillestående luft, fastholdt af et bæredygtigt og langtidsholdbart materiale (mindst 200 år), fremstillet med et minimalt energiforbrug,
- udført helt uden plastik-membraner eller lign,
- overfladebehandlet med linoliemaling, tempera- eller limfarver, udvendigt og indvendigt,

kan:

- Opnå en pris per kvadratmeter, der svarer til andre tilsvarende byggerier af træ.
- Opnå et energiforbrug på linje med tilsvarende nye bygninger i træ.
- Holde i mindst 200 år – løbende vedligeholdt med korrekte materialer, men uden væsentlige udskiftninger af konstruktioner eller materialer i denne periode.

Projektets hypotese er således, at hvis man 'kopierer' ældre konstruktioner og materialer, der har en beviselig levetid på foreløbigt 200-300 år, så vil den nye konstruktion leve lige så længe.

Demonstration af plastik-dampspærrers tæthed.
- burde være til skræk og advarsel!

Derudover vil vi bevise, at man kan fremstille disse klassiske samlinger og konstruktioner i dag, eksempelvis stolpeværk og vinduer i træ, med moderne og effektive metoder, uden at miste den oprindelige kvalitet og forventede levetid, og til en konkurrencedygtig pris.

Vi vil samtidigt bevise, at det bræddebeklædte stolpeværkshus på alle parametre, levetid (300 år), genanvendelighed, cirkulær økonomi, CO2-belastning, vedligeholdelsesomkostninger, energiforbrug og miljøbelastning ved drift og vedligeholdelse i øvrigt, også er det mest bæredygtige valg.

Forsøg

1. Sammenligning af træsamlinger udført med maskinværktøj og traditionelle træsamlinger med træsamlinger udført med søm- og skruebeslag – tidsforbrug, kvalitet, holdbarhed osv.
2. Eksperimenter med meget effektive og arbejdsbesparende træsamlinger, inspireret af ældre, klassiske bindingsværkssamlinger, bl.a. svalehaleblad, gratninger og kamsamlinger.
3. Genindførelse af lerindskud i etageadskillelser: Lertyper, fugtforhold, støjreduktion, brandforhold m.v.
4. Eksperimenter med en isoleret ydervægskonstruktion *uden* plastikmembraner. Herunder udvælgelse af isoleringsmaterialer med lige så lang levetid (200 år) som selve konstruktionen, og et minimalt energiforbrug.
5. Forsøg med skråafstivning under vinduesbrystning i stolpeværket a.h.t. ønsket om brede vinduesbånd i facaderne.
6. Forskellige typer udvendige bræddebeklædninger på stolpeværket, herunder krydsfiner.

Udvikling

7. Udviklingsprojekt med *danske* savværk(er) om selektiv opskæring af dansk træ, hvor alt udnyttes: Spejlskårne planker til udvendig beklædning mod vest og nord, planskårne planker mod syd og vest samt indvendig beklædning, gulve osv.
8. Etablering af 'stolpeværkshus-miljøer' i Danmark, der kan præfabrikere sektioner af tegnede stolpeværkshuse, efter de opstillede normer og det aftalte tidsforbrug, bringe disse til byggepladsen i adskilt stand, og rejse huset her – ligesom i 1600- og 1700-tallet.
9. Udvikling af moderne vinduer i træ, ud fra erfaringerne med gamle vinduer med en beviselig levetid på 300 år, så disse opnår en forventet levetid på 300 år og en energibalance for hele vinduet på ÷18 kWh/m² år.
10. Statiske beregninger, brandgodkendelser osv. fra ingeniører

Fuldskalaforsøg

Afprøvning på en konkret byggesag – eller flere.

Fra artiklen: Søren Vadstrup: Bindingsværk – før, nu og i fremtiden. I: *Magasinet TRÆ nr. 16*, Dansk Byggeri, juni 2017. Søren Vadstrup 2018

4 Genanvendelse og cirkulær økonomi for bygninger

4.1 Nyt syn på 'genanvendelse' af bygninger

4.1.1 Genanvendelse = affaldsforebyggelse

Dør i 'Priors Hus' i Ærøskøbing, angiveligt fra 1690 og malet med blodfarve – men kun én gang. Her er der tale om 'vedvarende brug', men også om 'genanvendelse', fordi døren ikke er kasseret.

Som nævnt på side 13 er udtrykket *genanvendelse* det overordnede, samlede begreb i den danske Miljølovgivning for det at undgå at skabe affald på forskellige måder, især disse tre:

- **Genbrug:** Anvendelsen af en tidligere produceret genstand til samme formål, evt. efter en istandsættelse, eller blot en skylning og rensning, f.eks. flasker af glas. I byggebranchen f.eks. tagsten, mursten, døre, vinduer etc.
- ***Genvinding /genindvinding*:** Anvendelse af en tidligere produceret genstand, eller dele af denne, til et nyt formål, efter en større eller mindre bearbejdelse. *I forlængelse af udtrykket 'recycle' taler man, også på dansk, om at 'upcycle' og 'downcycle', henholdsvis at løfte i værdiniveau eller sænke dette.*
- **Nyttiggørelse:** Anvendelse af en tidligere produceret genstand som råstof i nye materialer, f.eks. efter knusning, smeltning eller adskillelse. Herunder også afbrænding og varmeproduktion af f.eks. træ eller plastik.

Som man kan se er der i de tre udtryk forskel på graden af, hvor meget 'originalmaterialet' skal bearbejdes, for at kunne genbruges, genvindes eller nyttiggøres.

Det er ret interessant, at begreberne *genanvendelse* og *genbrug* i dag udelukkende er knyttet til genstande, der er *kasseret* - og altså potentielt affald.

I 'Ordbog over det danske sprog' betyder 'genanvendelse' (der først er brugt i det danske sprog efter 1970) det, at anvende noget brugt eller kasseret igen, mens 'genbrug' (der først er brugt i det danske sprog efter 1959) forklares med 1) ny eller gentagen brug af noget brugt, eller 2) anvendelse af brugt materiale som råstof til ny produktion.

Før i tiden, og især indenfor bygningskulturen, men også i den almindelige husholdning, var det helt almindeligt, at man genbrugte og genbrugte stort set alt, hvad der kunne bruges igen, til det yderste. Dog ikke med disse udtryk, fremgår det. Ikke fordi man ville undgå affald, eller havde varme nok i husene om vinteren, men fordi man meget sjældent kasserede gode og brugbare ting. Måske af fattigdom – her kan vi så diskutere, om vi nu er så rige i dag – men snarere fordi, man var *sparsommelige*.

Hvis vi stadigvæk, den dag i dag, bruger oldemors gamle slidte trægrydeske til madlavningen, er det nok lidt fortænkt, at kalde det 'genbrug'. Men hvis grydeskeen foræres væk, eller sælges, er det jo nærmest definitionen på genbrug.

Men hvad hvis grydeskeen knækker, og den bliver repareret, og derefter brugt igen, uden at skifte hænder? Dette svarer meget godt til, hvad der sker med en 100-200-årig *bygning*, der stadigvæk bebos.

På et tidspunkt skal den repareres eller bygges om, fordi beboernes behov ændrer sig. Så her benytter vi nogle lidt andre udtryk, når vi taler om *genanvendelse* = 'det, at anvende noget brugt eller kasseret igen': Vi *bevarer og istandsætter* tip-tip-tipoldefars hus og vi *fortsætter med at bruge* oldemors grydeske. Begge dele med en 'vedvarende holdbarhed' til følge, især hvad angår selve huset.

4.1.2 Genanvendelse = bevaring

Jeg vil derfor hævde, ikke mindst set i et historisk perspektiv, at de tre ovennævnte 'underinddelinger' af udtrykket 'genanvendelse', *genbrug, genvinding og nyttiggørelse*, bør suppleres med tre mere, der ligger 'ovenover' de tre andre i graden af, hvor meget 'originalmaterialet' skal bearbejdes for at kunne genanvendes, og som jeg derfor i det følgende vil kalde 'høj grad af (eller ægte) genanvendelse': *Vedligeholdelse, reparation og ombygning*. Jeg tænker her specifikt på stående bygninger, der ikke rives ned, men jf. eksemplet med oldemors grydeske, kan disse udtryk vel også anvendes, hvis det drejer sig om andre ting som møbler, haveredskaber eller cykler.

Så man kan godt *genanvende* noget, især bygninger og bygningsdele, der ikke er *kasseret*. Men for disse behøver vi endda to begreber mere, for at dække hele spekteret af muligheder, ved genanvendelse: *Rekonstruktion*, hvor man fjerner diverse uheldige 'ødelæggelser' i bygningen og *vedvarende anvendelse*, hvor man gør en dyd ud af at gode ting, ikke mindst bygninger og bygningsdele, ældes og slides smukt – ja faktisk bliver smukkere og smukkere med årene.

Det sidste er også den *billigste* form for genanvendelse, for her skal man slet ikke gøre noget, bort set fra at nære sig.

1. Forebyggende vedligeholdelse

'Vedligeholdelse' ved alle, hvad er, men jeg vil her introducere den særligt kloge variant, der er fremkommet ved at studere ældre bygninger og byggeteknik: Forebyggende vedligeholdelse består i, kun at gøre det mest nødvendige på bygningen på det rette tidspunkt og med de rette, ikke for stærke, klassiske byggematerialer. Forebyggende vedligeholdelse er derfor nemmere, bedre og også billigere for husejeren, end almindelig vedligeholdelse. Se også side 54.

2. Istandsættelse, reparation, restaurering

Ved *restaurering* forstås en håndværksmæssig istandsættelse eller reparation af de eksisterende materialer eller dele på en bygning. Ligeledes med anvendelse af helt specifikke materialer, der passer til formålet.

3. Ombygning, transformation, renovering

Ved en ombygning eller transformation forstås at en eksisterende bygning, eller dele af denne, anvendes, indrettes eller omdannes til et nyt formål, efter en større eller mindre ombygning eller bearbejdelse. Man kunne også bruge ordet *renovering*, men som tidligere nævnt ved 'ingen' rigtigt, hvad dette ord præcist omfatter. Transformation er et veldefineret begreb, der omfatter faste metoder og holdninger.

Huset har sat sig og så må dørene høvles til og have pålagt lange kiler, så de stadig passer til det skæve dørhul. Heldigvis i mit eget hus, for så behøver jeg ikke frygte at 'nogen' kommer og skifter dørene ud, bare fordi de er 'blevet' skæve. Bemærk også den smukke 'slangeskindskrakelering', der giver døren sjæl og karakter.

4. Rekonstruktion og retablering

Ved *rekonstruktion* eller *retablering* forstås at man genetablerer en bygnings oprindelige arkitektoniske kvaliteter og bærende bevaringsværdier, f.eks. ved at retablere eller genskaber fjernede bygningsdele, eksempelvis skillerum, døre, vinduer, en tidligere tagform eller terrænforholdene. Herunder også fjernelse af forkerte og uhensigtsmæssige overfladebehandlinger (plastikmaling) og skadelige isoleringsmaterialer (mineraluld).

5. Vedvarende anvendelse

Vedvarende anvendelse betyder at man lader bygningselementer, f.eks. døre, dørtrin, gulve, trapper, håndlister m.v. slides og ældes med ynde. Hvis huset sætter sig og bliver skævt – det sker hist og her efter 250 år – så må dørkarmen følge med og døres høvles til, ikke skiftes ud. Dørens, eller vinduernes, slid og patina bevares, og fjernes ikke. F.eks. en smuk *slangeskindskrakelering*. Som nævnt vil man opleve, at gode ting, ikke mindst bygninger, slides smukt – ja faktisk bliver smukkere og smukkere med årene.

4.1.3 Høj, middel og lav grad af genanvendelse (konklusion 3)

Alt, hvad man kalder genanvendelse, efter disse definitioner, er naturligvis ikke lige lødigt, værdifuldt eller værdiskabende.

Det siger sig selv, at hvis man vedligeholder og istandsætter en murstensfacade, så bevarer og 'genanvender' man denne i højere grad, end hvis man river den ned, renser murstenene og genbruger disse i en ny bygning. Det sidste koster jo også langt mere energi, kørsel, naturressourcer, udleder CO_2 og skaber affald, end det første. Derfor tillader jeg mig at kalde vedligeholdelse og istandsættelse *Høj grad af genanvendelse* og nedrivning, genbrug og genvinding for en mere *middel grad af genanvendelse*. Hvis vi tager det tredje udtryk, i nedrivningssammenhæng, *nyttiggørelse*, d.v.s. nedknusning eller afbrænding af 'byggeaffaldet', så sparer det naturligvis lossepladserne for tonsvis af materialer, men dels 'koster' denne proces endnu mere energi, kørsel og udledning af CO_2, f.eks. fra det afbrændte træ og plastik, dels har man på en måde bare flyttet lossepladserne ud som vejfyld eller anden 'opfyldning' i naturen. Ikke, at man ikke skal gøre dette ved uundgåelige nedrivninger. Men det er virkelig det laveste trin i værdikæden, bare at knuse eller brænde byggeaffaldet.

Høj grad af genanvendelse:
1. Forebyggende vedligeholdelse
2. Istandsættelse, reparation, restaurering
3. Ombygning, transformation (renovering)
4. Rekonstruktion, retablering
5. Vedvarende anvendelse

Middel grad af genanvendelse
6. Genbrug (Anvendelse til samme formål)
7. Genvinding (Anvendelse til nyt formål)

Lav grad af genanvendelse
8. Nyttiggørelse (knusning eller afbrænding)

Når vi taler *bæredygtighed for bygninger*, så kan jeg slet ikke forstå, at disse begreber hverken anvendes i det almindelige sprogbrug eller i diverse redegørelser for, hvad bæredygtighed er. Sammenlign bare forbruget af naturressourcer, udledningen af CO_2 og behovet for plads til farligt affald for disse 8 differentierede metoder – jf side 58.

HusCompagniet er et af de nedrivnings- og nybygningsfirmaer, der melder rent ud, at det ikke kan 'betale sig' at genbruge, endda heller ikke genvinde eller nyttiggøre noget, af det nedrevne hus. Med Storm-P's, ord: Alle taler om bæredygtighed, men ingen gør noget ved det. I hvert fald ikke HusCompagniet

Hvis opførelsen af nye bygninger 'koster' nedrivningen af en eksisterende bygning, hvad de ofte gør, bør man også indregne CO_2-, energi- og ressourceforbruget til dette, transport af og deponering af affaldet, i bæredygtigheds-regnskabet for de nye bygninger. Dette sker kun sjældent, snarere ikke, i dag.

(Se bl.a. artiklen 'Bæredygtige boligdrømme' i Midtjyllands Avis den 1. oktober 2017, hvor direktør Steffen Baungaard i HusCompagniet, én af de mest aktive nedrivere af ældre bygninger i øjeblikket (se foto), udtaler: '*selv hvis man skulle ønske at genbruge dele fra det gamle hus, kan dette ikke betale sig økonomisk. Alt bliver derfor smidt ud.* https://www.mja.dk/artikel/20171001/bredygtige-boligdrmme ')

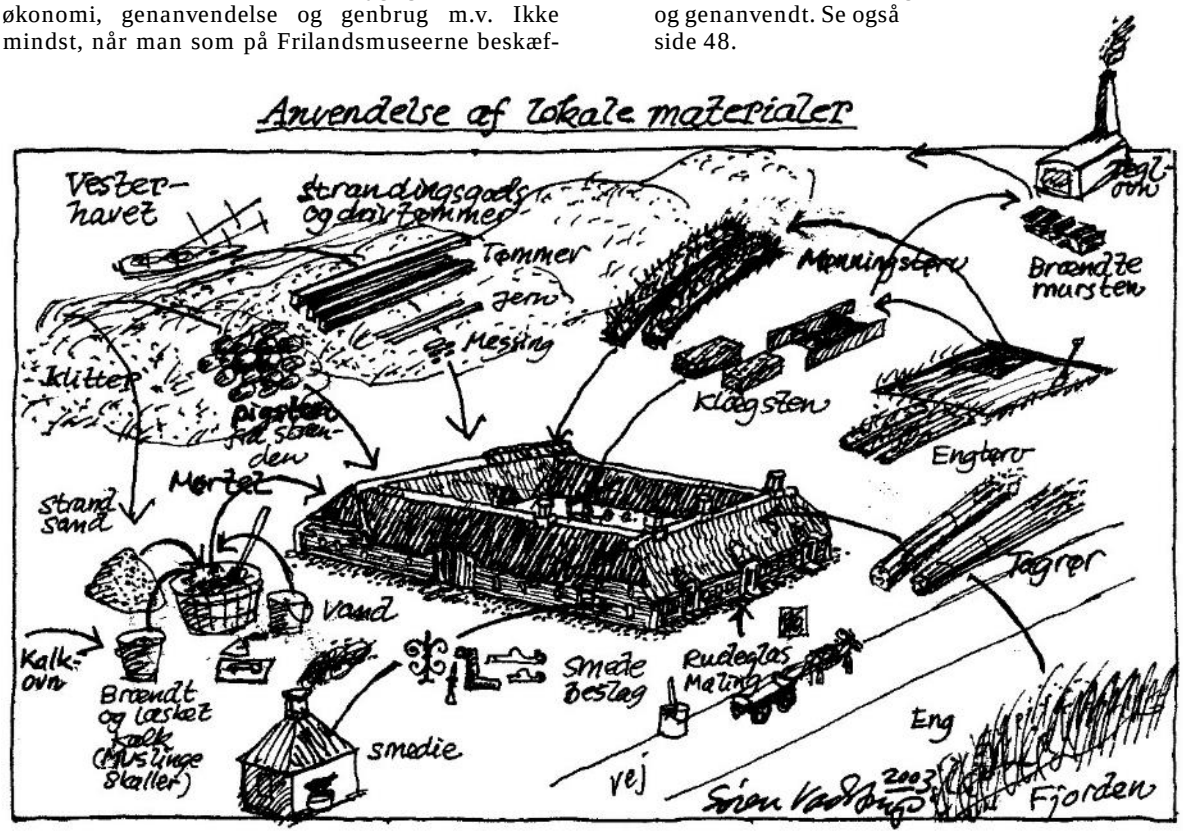
I det følgende er de fem første begreber forklaret lidt nærmere, især ud fra et historisk perspektiv.

Dybbøl Mølle – 'maler helt ad helved til'. Det ved vi alle. Men det er ikke kun 'vejr og vind', der medfører at ældre og meget udsatte bygninger som denne, kræver meget vedligeholdelse. Det er meget ofte 'forkerte' materialer og håndværksmetoder. Faktisk faldt den nyoppudsede puds fra 2007 af i skaller og flager efter kun to år. Jeg var herefter med til at sætte 5 prøver på forskellige produkter og udførelser af på det 'værste' sted på møllen. Efter et års vejr, vind, regn og frost, holdt de to af prøverne godt, så den efterfølgende puds har nu (foreløbigt) holdt i 9 år.

4.2 Af gammelt jern smedes nye våben...

4.2.1 Genanvendelse i bygningskulturen

Dansk bygningskultur fremviser både rent historisk – og stadig den dag i dag mange eksempler, som vi kan lære af, når vi studerer bæredygtighed, cirkulær økonomi, genanvendelse og genbrug m.v. Ikke mindst, når man som på Frilandsmuseerne beskæftiger sig med at nedtage og flytte ældre bygninger, opdager man mange eksempler på, hvordan byggematerialerne har været genanvendt og genanvendt. Se også side 48.



Den vestjyske klitgård hører nok til den mest tilpassede bygningstype i Danmark, hvad angår anvendelsen af lokale materialer. Placeret på tangen mellem Vesterhavet og Ringkøbing Fjord kunne man fra havsiden skaffe strandingsgods, tømmer, jern og messing, muslingeskaller og strandsand til mørtel samt pigsten. Fra fjordsiden fik man klægsten til gårdspladsens beskyttede ydermure, tagrør til stråtaget og engtørv til mønningen. De mørkerøde hårdtbrændte mursten blev brændt af klægstene i små lokale ovne og det samme gjorde den læskede kalk. Små lokale smedjer fremstillede beslag. Kun rudeglas og støbejerns-ovnene måtte transporteres fra byen.

Berømt er jo, hvordan den lokale byggeskik i områder ud til farlige kyster som den jyske vestkyst, Læsø og Anholt har udnytte materialerne fra de strandede skibe. Lasten, selvfølgelig, hvis det var mursten, tømmer og brædder, men derefter stort set alt på skibet: De let krumme dæksbjælker ses på Læsøgården og klitgårdene på Holmsland klit, men også master, rær, tovværk, koøjer af messing, beslag, evt. smedet om, nagler og søm samt senge (alkover) og måske et komfur.

Men når vi i dag (igen) taler om at vores (nye) huse skal kunne skilles ad (design for adskillelse), for at være mere bæredygtige og kunne holde længere, at materialerne, f.eks. træ og strå, skal kunne nedbrydes i naturen efter brug og af byggematerialerne fra nedrivninger skal genbruges for at mindske affaldsmængderne – så er det 'gammel vin på nye flasker', og metoder og teknologier, man i høj grad kan studere på huse, der ældre end ca. 1850. Så det kan man kun opfordre nutidens 'bæredygtigheds-eksperter' til – uden at de dermed skal få en ny grund til at rive ældre huse ned, som de jo elsker at gøre.

Og det samme kan man selvfølgelig også se i byggeskikken i andre lande med en meget gammel bygningskultur af høj kvalitet, f.eks. Afrika, Grønland, resten af Europa, Asien og Sydamerika.

4.2.2 Genanvendelse før i tiden – eksempler

De klassiske byggematerialer (se side 27) og den traditionelle danske byggeskik rummer en række ret gennemtænkte materialer, konstruktioner og håndværksmetoder, hvor de 5 vigtigste er vist her. Alle fem er ydermere sporet ind på en udstrakt grad af holdbarhed, gennem, naturligvis, vedligeholdelse, reparation og istandsættelse. Vi bruger ikke ordet til daglig, men i denne sammenhæng, hvor 'alternativet' er at rive den gamle bygning ned, kan man godt tale om at huset bliver *genanvendt*, eller måske bare langvarigt anvendt. Derfor må vi introducere et nyt syn på *genanvendelse* i bygningskulturen, i form af fem differentierede begreber:

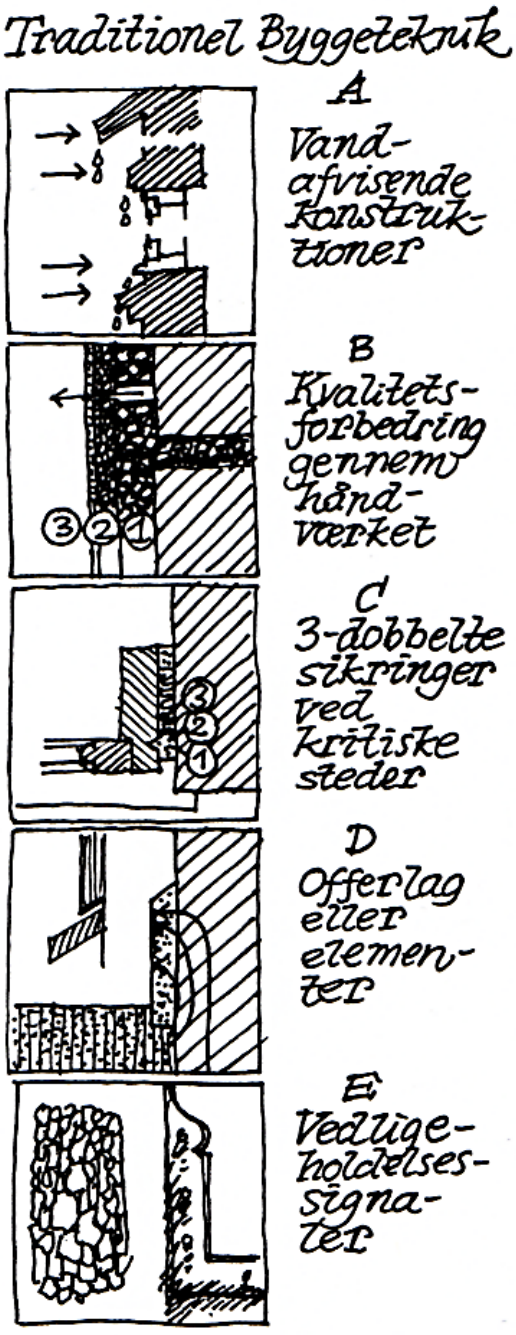
1. Forebyggende vedligeholdelse

Dengang, før 1970-erne, hvor man vedligeholdt de bygninger, som man boede og arbejdede i, fordi de var det mest kostbare, man havde, og de derfor gerne skulle holde ret længe, uden for mange omkostninger, gjorde man dette meget strategisk, meget bevidst og meget vidende. Og man foretog ikke mindst en *forebyggende* vedligeholdelse, idet byggeskikken var indrettet på dette ved hjælp af en meget bevidst udført *konstruktiv beskyttelse.*

For eksempel var de kalkede bindingsværksbygninger med stråtage meget kraftige tagudhæng over væggene, mellem 50 – 75 cm, takket være de påsatte meget flotte og 'svejfede' skalke. Men i gavlene, hvor der ikke var tagudhæng, satte man skrå vandbrædder til at lede regnvandet ud over vægfladerne på tilsvarende måde. Man kan her også nævne anvendelsen af puds af luftkalkmørtel på facaderne, afsluttet med kalkning, der afviser vand ved, gennem sin porestruktur, at have de fineste porer yderst og grovere indadtil. Brug af *offerlag* og *offerelementer* på særligt udsatte steder, på vindskedernes oversider, som et vandbræt ned mod terrænet, fine vandnæser på døre og vinduer, sokkelpuds af luftkalkmørtel, med mere.

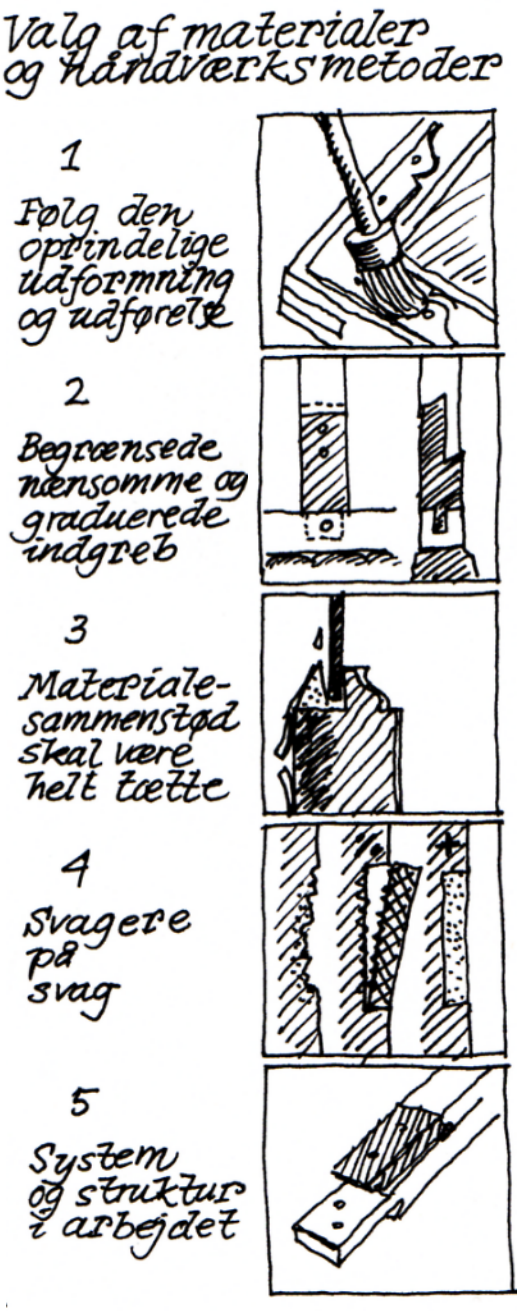
Den forebyggende vedligeholdelse bestod, og består i, kun at gøre det mest nødvendige på det rette tidspunkt og med de rette, ikke for stærke, klassiske materialer. Linoliemalet, udvendigt træ, skal ikke nymales og nymales, men de første mange år kun stryges med bindemidlet, kogt linolie, da tykkere og tykkere malingslag ikke er hensigtsmæssige overfor fugt og vedhæftning. Linolie regenererer og hærder samtidigt eventuelt blødt træ op. På kitfalsvinduerne skal man fortrinsvis holde de vandrette kitfaser tætte op mod ruden på forskellig måde – en virkelig begrænset, strategisk, vidende og forebyggende vedligeholdelse, der sparer meget tid, og bevarer vinduerne i din levetid.

Herudover kasserede man før i tiden ikke bygningsdele på bygningen, før det var strengt nødvendigt.



De fem forskellige måder den traditionelle byggeskik virker på på de fleste ældre bygninger i Danmark: A: Vandafvisende konstruktioner. B: Kvalitetsforbedring gennem håndværker. C:3-dobbelt sikring ved udsatte steder D: Offerlag og offer-elementer og E: Vedligeholdelses-signaler.

2 Restaurering, reparation og istandsættelse



Valg af materialer og metoder til vedligeholdelse og istandsættelse: 1:Følg den oprindelige udformning. 2: Begrænsede, nænsomme og graduerede indgreb. 3: Tætte materialesammenstød. 4: Svagere på svag og 5: System og struktur i arbejdet

Ved *restaurering* forstås en håndværksmæssig istandsættelse eller reparation af de eksisterende materialer eller dele på en bygning – eller en anden genstand. En restaurering hviler ifølge de gængse standarder altid på en forudgående historisk, teknisk og arkitektonisk analyse og værdisætning af bygningsdelen i forhold til helheden. Ved en restaurering sker der en høj grad af bevaring og konkret istandsættelse af de eksisterende originalmaterialer, f.eks. ved at skifte de rådne dele ud (udlusning), og kun disse. Man kunne også bruge ordet *renovering*, men som tidligere nævnt ved 'ingen' rigtigt, hvad dette ord præcist omfatter.

Ved *genbrug* forstås, jf. forrige afsnit i dette kapitel, anvendelsen af en tidligere produceret genstand til samme formål, evt. efter en istandsættelse. Det ligger underforstået, at der her er tale om en genstand, der er kasseret af nogle, mens andre åbenbart godt kan bruge den efter lidt istandsættelse. Men bort set fra dette, og at der ikke findes en fast indarbejdet metode til selve istandsættelsen, er de to, eller tre begreber vel ret identiske.

Men i dansk bygningskultur kommer ordet *restaurering*' også først ind i sproget i 1840'erne. Den almindelige byggeskik omfattede imidlertid masser af genbrug, renovering og restaurering – under navnet reparation og udskiftning. Og det har vi masser af eksempler på.

Når stråtaget begyndte at være utæt og man også kunne se tækketrådene eller tækkekæppene fra oversiden, var det tid for at skifte taget ud – og samtidigt reparere de rådne dele på spærene og tagremmen. Andet, man har skiftet ud har været lertavl med murstenstavl i bindingsværkshusene.

Selve bindingsværket har man repareret, og skulle større dele skiftes ud eller bygges om, brugte man ofte *genanvendt* tømmer fra endnu ældre huse. Dette ses overalt på de gamle gårde, hvor der sidder en nummerering, der ikke passer og taphuller og indhak fra en tidligere konstruktion. Et rigtigt 'moderne' genbrugsprincip, må man sige.

Tagrør blev som nævnt ikke genbrugt, men det blev rudeglas, brædder, smedejern, granitsten og kridtsten (på Stevns). Når vinduesmoden skiftede, og disse skulle være større, blev de gamle 'halveret' på langs, og genbrugt ovre i stalden.

Som nævnt har landsbysmedene og smedeværkstederne i byerne stort set ikke gjort andet end at smede 'nye våben af gammelt jern'. Om der så er tale om genvinding eller nyttiggørelse, må smedene selv skændes om.

3. Ombygning og transformation

*Bygningskulturen rummer også mange eksempler på det, vi i dag kalder genvinding: '*anvendelse af en tidligere produceret genstand, eller dele af denne, til et nyt formål, efter en større eller mindre bearbejdelse'. Vi har både eksempler på *upcycling* og *downcycling*. Mest kendt er måske kystegnenes 'genvinding' af vragdele fra strandede skibe. Fra stolt skibsmast til støttestolpe i en bondegård, det må være en eklatant *downcycling*. Hvorimod den smukke limfarve til bl.a. vægge og lofter, der kan fremstilles af kærnemælk, kridtpulver og læsket kalk, må være en *upcycling*. Det samme må siges om *halmen*, et 'spildprodukt' fra kornhøsten, der kunne flettes til *halmsimer* (kun langhalmen) - bånd til at binde stråtaget fast til lægterne, negene sammen på marken og også selve stråtaget var ofte af rughalm. Derudover brugtes halmen som isoleringsmateriale på loftet i stuehuset – i 'sengehalmen' og i træskoene.

I mange ældre huse finder man tit at væggene er tapetseret med gamle aviser, og derefter limfarvet, noget af en *downcycling* for journaliststanden. Men i dag håber man altid at finde disse spændende avissider fra begyndelsen af forrige århundreder. Så nu er de guld.

4. Rekonstruktion og retablering

Danmarks bygningskultur rummer mange eksempler på, at gennem årene har ombygget og '*forbedret*' de eksisterende huse hist og her, ofte modebetinget, desværre, og ofte også til det teknisk og bevaringsmæssigt dårligere og værre. Fjernet skillevægge og slået rum sammen, udskiftet de fine gamle sprossevinduer med grimme temovinduer, bygget en grim 'velfærdsknast' på, Der er derfor i dag behov for at disse bygninger bliver 'renset' for disse fejlskud og ødelæggende forhold, rent historisk, teknisk og arkitektonisk.

Det kan man gøre ved at retablere, genetablere eller genskabe de fjernede bygningsdele, fjerne plastikmalingen og de sortglaserede tegl osv. Eksempelvis skillerum, døre, vinduer, en tidligere tagform eller terrænforholdene.

En retablering skal udføres med samme slags materialer, konstruktioner og udførelser, som det oprindelige nelement, der genskabes. En ny gipsvæg på en tidligere vægs plads er således ikke en lødig retablering eller en ny standarddør i krydsfiner eller plastik, der ligner den oprindelige mest muligt.

Retableringen skal ske ud fra konkrete spor eller efter en metodisk og prioriteret *kilderækkefølge*:
1. Husets/bebyggelsens alder. 2. Gamle billeder/-tegninger. 3. Spor i bygningen. 4. Egnstraditioner. 5. Tidsnøgle.

5. Vedvarende anvendelse

Vores bygningskultur er fyldt med eksempler på vedvarende og vedvarende brug. Jeg har ovenfor nævnt at man skam ikke udskiftede hverken døre eller vinduer, selv om de var blevet skæve. (se side 44). De kunne høvles af for neden og ilægges en lang kile for oven, så man ikke behøvede at flytte hængsler eller greb, ret meget.

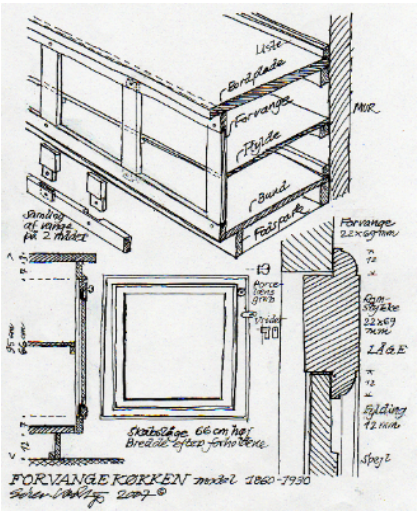
Gulve, trappetrin, dørtrin blev slidt, og overflader krakelerede. 'Slid og patina' kalder vi det i dag. Nu ser vi det stort set kun på Frilandsmuseerne, men det er ikke noget dårligt 'genanvendelsesprincip'.

4.2.3 Genanvendelse i dag - eksempler

Et genbrugs-forramme-køkken
Køkkener er noget af det, indenfor bygningskulturen, måske bort set fra stråtage, der skiftes mest og tiest ud. Ofte med nye og mere moderne køkkener, også selv om de gamle køkkener måske ikke 'fejler' noget. Måske bort set fra bordhøjden, der jo gerne skal følge med beboernes kropshøjde. Men det er nu ikke særlig svært. Ved meget lave køkkenborde kan man endda, i stedet for at hæve hele køkkenet med skabe, skuffer etc., lægge et lag skuffer, gerne genbrugs-, ind i hele længden under den hævede bordplade, der gerne skulle ende på en højde på ca. 90 cm.

Gamle køkkener, fra før 1970-erne, var såkaldte *forramme-køkkener*, se tegningen, (evt. *forvange-køkken)* der, hvis man har lågerne og bordpladen m.v. også er ret enkle og billige at fremstille – og først og fremmest meget mere fleksible end nutidens 'element-køkkener', bl.a. i forhold til skæve gulve, vinkler og mål.

Men de flotte, profilerede fyldingslåger, altid ens i højden (66 cm), men af forskellig bredde, som disse forramme-køkkener er forsynet med, bliver næsten altid smidt ud, når element-køkkenerne rykker ind. Så under den omfattende 'byfornyelse' i København, kunne man hente disse fine fyldingslåger i tusindvis i containerne. Jeg selv har nu har brugt 16 til mine egne køkkener, og også foræret mange væk, så nu har jeg kun 10-15 stk. tilbage.

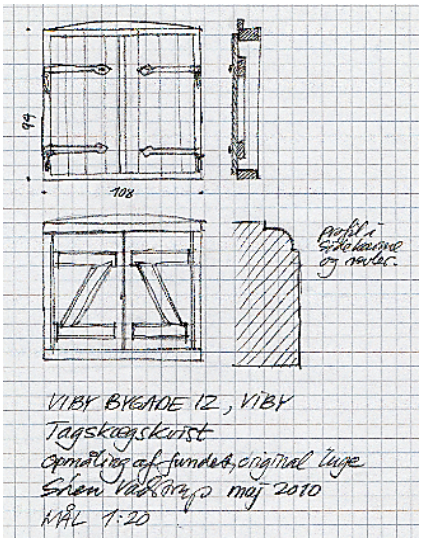


Et forrammekøkken (landkøkken) med meget smukke og gode genanvendte/genbrugs-køkkenlåger med fyldinger og spejl – 'klunset' i containere under 'Byfornyelsen' i København i 1970-erne. Jeg hentede 20-30 stykker, men tusindvis blev bare brændt. De var jo ikke på 'mode' længere.

En ny/genbrugt tagskægskvist

Store hølæs kan ikke køre ind gennem gadeporten, så derfor må man have en tagskægskvist mod gaden. Men da gadelængen skiftede til eternittag i 1968, var det åbenbart for besværligt og bekosteligt at beholde kvisten. Men man smed den ikke ud, men lagde den på loftet til bedre tider.

De kom, da der igen kom stråtag på gadelængen i 2001, men først 10 år efter, da jeg fandt et foto af kvisten, før eternittaget. Så kom den gamle to-delte luge frem og blev genbrugt og sat op igen i 2011.



Den oprindelige tagskægskvist fra ca. 1810 var blevet malet med alkydmaling og var derfor angrebet af råd. Men da den forkerte maling kom af, og træet behandlet med trætjære, blev den så god som ny. Se også side 59.

Lerklinede bindingsværkstavl med genbrugsler

Da fodremmen skulle skiftes ud på et lille stykke af bindingsværket, måtte vi tage de lerklinede tavl ud, for at kunne komme til. Stalden er bygget i 1801, så vi regner med at både tømmeret, grenfletværket og lerblandingen er fra den tid, d.v.s. ca. 210 år gammelt.

Men hvorfor ikke forsøge at lave lerkliningen igen – med genbrug af lerblandingen, og måske nogle af grenene. Nogle nye hasselgrene skulle der dog til, så et dertil indrettet hasselhegn mod naboen blev 'stynet'.

Sommeren 2013 holdt vi et kursus for 10-12 kursister, og de hjalp med at kline lertavlene. Vi kan så diskutere, om det gamle *ler* er genbrugt, genvundet eller nyttiggjort – en lille øvelse i terminologierne. Leret blev blandet op med vand i store baljer og rørt godt rundt med oprørsspader. Og så var det ellers ægte håndkraft for resten.

Se også artiklen Rehabilitation of Half Timbered Houses with Clay Fillings in Denmark på side 96-100.

Bevaring af ældre huse kræver, at man holder øje med tagrender og nedløb

4.3 Cirkulær økonomi –for bygninger

4.3.1 Hvad er cirkulær økonomi?

Miljøstyrelsen skriver om *cirkulær økonomi*:

- Cirkulær økonomiskal forstås som en måde at holde materialer og produkter inde i det økonomiske kredsløb med den højest mulige værdi længst muligt.
- Cirkulær økonomi bryder med idéen om en lineær værdikæde, som starter med udvinding af ressourcer og ender som affald.
- Med cirkulær økonomi åbnes mulighed for, at de ressourcer, som ellers ville være endt som affald, kan gå et eller flere skridt tilbage i værdikæden og indgå i produktionen igen. Eller de kan indgå som input i et helt nyt kredsløb.
- Cirkulær økonomi er altså enten genanvendelse af materialer eller -endnu bedre –*affaldsforebyggelse* gennem produkter, der f.eks. kan repareres eller opgraderes.

Igen, set fra et 'bygnings-perspektiv', der jo er formålet i denne bog, kan det sidste punkt også opfattes som det at vedligeholde, bevare, ombygge og energiforbedre eksisterende ældre bygninger, uden at rive disse ned – her beskrevet med et morsomt ord i denne sammenhæng: *Affaldsforebyggelse.* Men bemærk, at *reparation og opgradering* ifølge Styrelsen helt klart er den *bedste form for* cirkulær økonomi.

4.3.2 Ny definition på cirkulær økonomi (konklusion 4)

Når det gælder bygninger, bør vi derfor skelne mellem tre grader af genanvendelse og cirkulær økonomi, gennem en ny definition:

1: *Høj (primær/ægte) genanvendelse og cirkulær økonomi (=Bevaring/vedvarende anvendelse)*
Bygningen bevares, ombygges, repareres, istandsættes og energiforbedres på stedet med anvendelse af de klassiske byggematerialer, der også anvendes til den fremtidige vedligeholdelse og istandsættelse. Bygningen får derved forlænget sin levetid for stort set alle materialer med 200 år. De, ofte betragtelige, mængder træ, der er i bygningen, *låser* CO_2. fra dens opførelse. Energiforbruget i den istandsatte bygning svarer til den næsthøjeste energi-klasse for nybyggeri, d.v.s. ca. 50 kWh/m^2 år. (se side 110)

2: *Middel (sekundær) genanvendelse og cirkulær økonomi (=genvinding)*
Den eksisterende bygning rives ned og alle (snarere nogle af) de bestående komponenter og materialer renses, 'upcycles', re-designes og genanvendes i en ny bygning eller andre steder.

3: *Lav (tertiær/uægte) genanvendelse og cirku-lær økonomi (=nyttiggørelse)*
Her river man en eksisterende bygning ned og knuser materialerne og genanvender disse som opfyldning eller tilslagsmaterialer i asfalt, beton eller lignende. Genanvendt glas og stål kan smeltes om - med et meget stort energiforbrug til følge. Træet afbrændes og kan evt. udnyttes til varme, men udleder derved CO_2.

Vores forskning viser, at man ved *høj genanvendelse* kan opnå en genanvendelsesgrad på **90-95%** eller mere af bygningens materialer – og en affaldsprocent på 5-10%. Affaldet kan evt. *nyttiggøres (= lav genanvendelse),* så det ikke ender direkte på en losseplads.

Tilsvarende undersøgelser viser, at man ved *middel genanvendelse* kan genvinde **40-50%** af bygningens materialer og resten, 50-60%, bliver til affald, hvortil kommer et stort energiforbrug m.m. til transport, selve genvindingen og genmonteringen. Affaldet kan evt. *nyttiggøres (= lav genanvendelse),* så det ikke ender direkte på en losseplads.

Lav/uægte genanvendelse ligger også på **50-60%** nyttiggørelse, afhængig af bygningen, men forbruger store mængder energi og producerer også en mængde CO_2 og giftigt og farligt affald.

Hvis vi skal fremme den cirkulære økonomi i Danmark, er der vist ingen tvivl om, hvilke af disse tre 'scenarier', vi skal vælge. Men vi kan konstatere, at det er nr. 3 – *eller* den her ikke nævnte nr. 4, at man bare kører på lossepladsen, der er fremherskende.

4.3.3 SKEMA over Miljøbelastningen ved vedligeholdelse, energiforbedring, nedrivning og nybyggeri

	Miljøbelastning Aktivitet	Bygge-affald	CO_2 -udledning	Energi-forbrug	Natur-ressourcer	Transport
1	**Vedligeholdelse** af en eksisterende bygning	A	A	A	A	A
2	**Ombygning** og energiforbedring af samme.	B	B	B	B	B
3	**Almindelig nedrivning**	E	C	C	A	C
4	**Selektiv nedrivning**	B	B	C	B	D
4a	Genbrug	B	A	B	B	B
4b	Genvinding	B	B	C	B	C
4c	Nyttiggørelse	B	C	D	B	D
4d	Farligt affald	A	C	B	B	B
4e	Naturens kredsløb	A	D	B	A	B
5	**Nybyggeri**	C	B	D	E	D

1. **Vedligeholdelse af en eksisterende bygning**
2. **Ombygning og energiforbedring af en eksisterende bygning**
3. **Almindelig nedrivning og deponering på losseplads**
4. **Selektiv nedrivning** Byggeaffaldet sorteres og deles i 5 kategorier:
   a. Genbrug — Samme anvendelse i renset tilstand
   b. Genvinding — Nyt formål i omarbejdet tilstand
   c. Nyttiggørelse — Brændes eller knuses og bruges som fyld
   d. Farligt affald — Vedvarende deponering i særlige tanke el.lign.
   e. Naturens kredsløb — Deponeres i naturen og rådner eller indgår naturligt, f.eks. jord, strå, marksten.
5. **Nybyggeri – med 200 års holdbarhed**

Farverne på tallene i første kolonne i skemaet angiver den gennemsnitlige miljøbelastning for denne aktivitet.

Signaturer	Miljøbelastning	
A	Intet/ingen	ca. 0%
B	En del	ca. 25%
C	Stor/meget	ca. 50%
D	Ret stor/meget	ca. 75%
E	Alt/det hele	ca. 100%

Note

Når bogstavet A gøres grønt i skemaet, er det fordi aktiviteten mindsker miljøbelastningen. Eksempelvis at knusning af beton til vejfyld også *sparer* på de naturressourcer, der ellers skulle gå til dette. At træ, der afbrændes også giver varme til f.eks. fjernvarme.

Eller at træ, anvendt i bygninger, med en vedvarende holdbarhed, *låser* CO_2-udledningen fra træets naturlige nedbrydning.

Eller at bygninger med et vist energiforbrug kan energiforbedres, så dette bliver lavere.

Byggeaffald Her: primært det, der må deponeres på en losseplads
CO_2-udledning Her: Primært fra udledning af CO_2 ved afbrænding eller forrådnelse af træ mm
Energiforbrug Her: Primært fra fossile brændstoffer til produktion, rensning, knusning mm
Ikke energiforbruget til bygningens opvarmning, da denne er den samme for eksisterende bygninger og nybyggeri.
Naturressourcer Rent vand, grus, skærver, kalksten, ler, træ
Transport Lastbiler, personbiler, mm

4.4 Hvis Jorden skal overleve... - skal vi undgå at forbruge begrænsede råvarer, fossile brændstoffer og producere affald.

4.4.1 En rigtig molbohistorie

Alle i Danmark kender sikkert *molbohistorien* om 'Storken i kornmarken'. Den handler om en stork, der spankulerede rundt i molboernes kornmark for at fange frøer, hvorved dens store svømmefødder trådte noget af kornet ned. Det var derfor byhyrdens opgave at gå ind på marken og jage storken væk. Men lige da han skulle til at gå ind i kornet, opdagede molboerne, at hyrden havde nogle meget store og brede fødder, der ville trampe mere korn ned, end selve storken. Pludselig fik én af molboerne den ide, at de kunne bære hyrden ind på marken, så han ikke trådte kornet ned med sine store fødder. De løftede derfor markleddet af og satte byhyrden op på det, hvorefter otte mand bar ham ind i kornet...

Brundtlandsrapporten 1987

Som tidligere nævnt introducerer Brundtlandsrapporten 'Vores fælles fremtid' fra 1987 begrebet 'bæredygtighed' (sustainable) og definerer en 'bæredygtig udvikling' som en udvikling, hvor 'de nuværende menneskers og naturmiljøers behov kan blive dækket - uden at skade fremtidige generationers mulighed for at dække deres behov. Man kan også sige, at et samfund, der vil kalde sig bæredygtigt, *ikke udtømmer Jordens eksisterende naturressourcer, så det i fremtiden vil være nødvendigt enten at undvære disse eller vente til de eventuelt bliver regenereret.*

Allerede her 30 år efter, i 2017, konstaterer EU's generaldirektør for miljøet, Daniel Crespo, og mange andre, at vi *ikke* kan forvente, at der i fremtiden vil være *naturressourcer* nok i Verden til at dække den stigende befolknings – der forventes at blive fordoblet over de næste årtier - fremtidige behov. Hertil kommer, at et markant mindre forbrug af *fossile brændstoffer*, vil være nødvendigt for at tæmme de meget alvorlige klimaforandringer for kloden. Og for det tredje medfører de stigende mængder *affald* allerede meget store miljøproblemer, pladsproblemer og økonomiske udgifter.

EU Generaldirektøren konstaterer derfor, at de lande, byer og firmaer, der kan løse disse tre problemer:

- Et mindre forbrug af de begrænsede naturressourcer,
- en lavere udledning af klimagasser og
- en minimering af affald, på en fornuftig måde,

går en gylden fremtid i møde.

Mens de lande, byer og firmaer, der fortsat vil være afhængige af og forbruge masser af råvarer, fossile brændstoffer og plads til affald, der i bedste fald alle tre dele bliver rasende dyre,

vil tabe i fremtiden.

***Trætjære** er fyrretræets egne olie- og harpiksstoffer, der er udvundet ved varme. Påført gammelt, slidt, udpint og 'trøsket' træ, som på denne meget gamle luge, kan trætjæren regenerere træet, så det bliver hårdt, olieholdigt og vandafvisende igen, og dermed give det liv og modstandskraft i mange år endnu. En naturlig, enkel og effektiv måde at bruge naturens egne kvalitets-stoffer på, uden at tære på naturen.*

Én af løsningerne, som stort set alle er enige om, er at vi skal fremme bæredygtighed og cirkulær økonomi, d.v.s. genbrug, genanvendelse og genvinding.

Som arkitekt og forsker på Kunstakademiets Arkitektskole i bl.a. bygningsrestaurering, historisk byggeteknik og materialer, skal jeg ikke udtale mig om bæredygtighed og cirkulær økonomi indenfor fødevareproduktion, transportsektoren eller de faktiske forhold indenfor jernindustrien. Men indenfor mit felt, arkitektur og byggeri, byer og bygninger, er vi i Danmark godt i gang med at gentage molbohistorien om storken i kornmarken.

Det er dog ikke tynde kornaks, vi mejer ned i et otte mands bredt trampespor, men eksisterende, smukke, gode og robuste bygninger. Og det sker meget tit i bæredygtighedens og den cirkulære økonomis navn!

Husrække fra 1730-erne og 1830-erne i København – med 'vedvarende holdbarhed', uden tvivl om det. Naturligvis er mange mennesker optaget af energiforbruget i ældre huse. I bogen 'Bevaringsværdige bygninger – gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold (2018) *i samme serie som denne bog, bringer jeg dette foto, der viser med gul farve, hvor man ikke skal efterisolere ældre huse – mellem vinduerne, der som det ses er ret smalle – og over vinduerne – hvor der befinder sig stuk og loftgesimser. Til gengæld bliver vinduerne energiforbedret med forsatsvinduer, og bliver dermed bedre isolerende end nye vinduer af træ, plastik eller træ-alu med termo- eller energiruder, og som det ses isoleres brystningen, gavle og tagrum op til fuld standard.*

4.4.2 'Bæredygtighed' – et nyt argument for nedrivning

Indenfor byggebranchen synes de fleste nemlig, at de agerer ekstremt bæredygtigt og miljøvenligt og i pagt med den cirkulære økonomi, når man river en eksisterende bygning ned og 'genanvender' alle (snarere nogle af) komponenterne og materialerne i en ny bygning eller som knust fyld i andre materialer.

Og det er faktisk i dag blevet et *ekstra* argument for at rive ældre bygninger ned, bl.a. for at give plads til nye bygninger, som påstås at være mere bæredygtige, at de gamle kan indgå i en cirkulær økonomi.

Men en mulighed, der ikke diskuteres ret meget i de 'cirkulære' genanvendelses-kredse, herunder heller ikke i de politiske, er at vedligeholde og istandsætte eksisterende bygninger, så de kan blive genbrugt *på stedet*, uden at de bliver revet med. Så vil man spare en masse materialer, penge, energi CO_2 og affald osv. i forhold til at skulle adskille, rense, opgradere, redesigne, og nyttiggøre osv. de 'genanvendte' materialer og komponenter.

Min pointe er, i forlængelse af EU-direktørens ord:

at de lande, byer og firmaer, der kan *specialisere* sig i at sætte eksisterende ældre bygninger i stand, så 90-95% af disse kan genbruges på stedet, med et ekstremt lille materiale-, energi- og affalds-forbrug,

vil gå en gylden fremtid i møde.
(citat EU-Generaldirektør for miljøet, Daniel Crespo)

Mens de lande, byer og firmaer, der river gamle bygninger ned, for at bygge nyt, lige meget hvor 'cirkulære' disse er, og hvor meget man genanvender og 'upcycler' fra de gamle bygninger,

vil tabe i fremtiden.

Deres problem er, at de forbruger begrænsede råvarer, fossile brændstoffer og kræver plads til giftigt og farligt affald. (se foto side 49, sådan foregår det)

Dele af byggebranchen arbejder allerede i dag ihærdigt på at det *nybyggeri*, der foregår her i landet, udføres så bæredygtigt og cirkulært som muligt. Det kan ske ved bevidst at bygge med materialer og konstruktioner, der kan genbruges eller genanvendes, når bygningen på et tidspunkt rives ned igen. *Design for Assembly* kaldes det.

Hvis man spørger om, hvad den forventede levetid for dette nybyggeri er, skal de første dele udskiftes allerede efter 18-20 år (energi- og termoruderne) og huset som helhed efter 60-80 år. Så hvis dette skal betegnes som cirkulær økonomi, er der tale om meget små cirkler.

Ved at benytte træ (træskellet eller massivt træ), der skrues, limes og sømmes sammen, kan husets basismaterialer, træet, i et vist omfang genanvendes som brænde til opvarmning, plus at træ er en fornybar ressource. Det mest almindelige er dog at bygge nye huse af beton, stål, træ, nye mursten og termoruder.

4.5 VINDUER i 1930'ernes, 40'ernes og 50'ernes almennyttige etagehuse - energiforhold og driftsøkonomi

På Kunstakademiets Arkitektskoles kandidatprogram i Kulturarv, Transformation og Restaurering har vi i de senere år gennemført et meget grundigt forskningsprojekt, der har handlet om at finde frem til de materialer og metoder, der er mest hensigtsmæssige til vedligeholdelse, istandsættelse, ombygning og energiforbedring af eksisterende bygninger. Bl.a. murværk og facader, udvendigt træ og udvendigt malerarbejde, bindingsværk, kridtsten, ubrændt ler samt smedejern og støbejern.

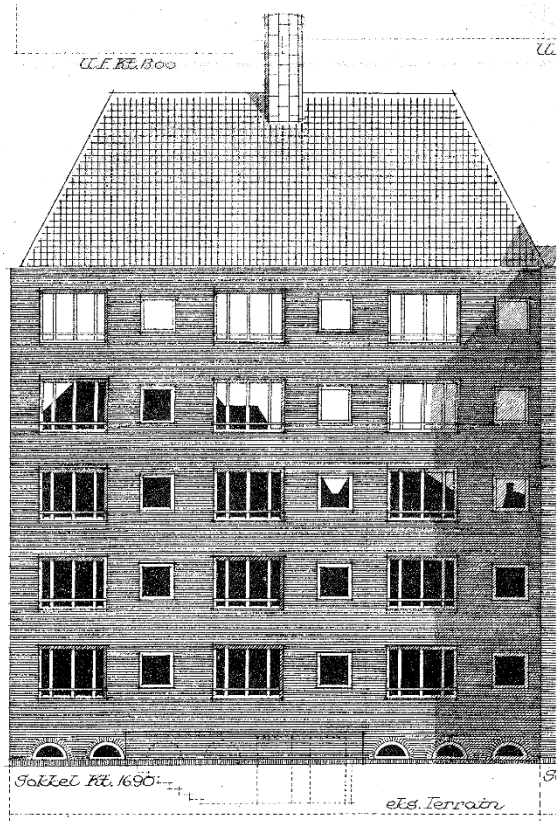
Hensigtsmæssigst i forhold til:

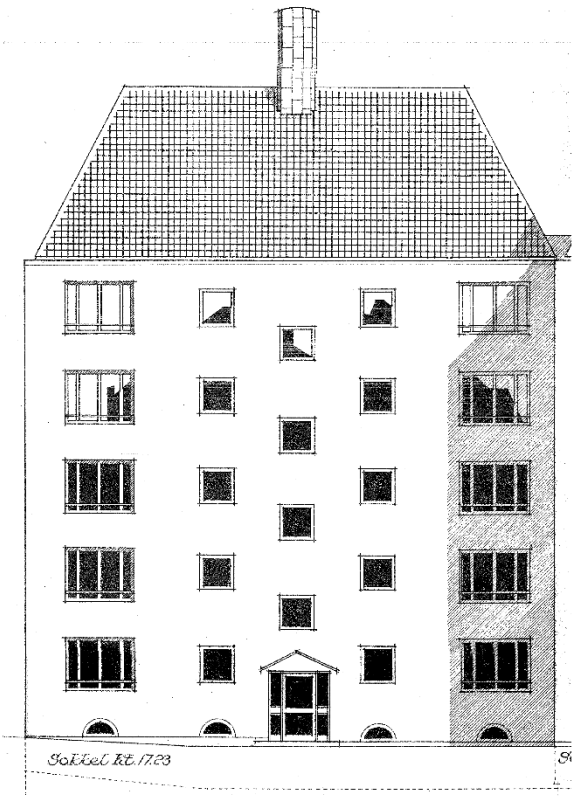
- bygningernes historiske og kulturhistoriske værdier
- bygningernes byggetekniske og holdbarhedsmæssige egenskaber
- bygningernes arkitektoniske og æstetiske kvaliteter
- et minimalt energiforbrug og en minimal belastning af miljøet
- plus ikke mindst en bæredygtig udvikling.

Projektet har også omfattet udviklingen af en ny og forenklet metode, kaldt *Analyse- og Værdisætnings-Metoden*, til de bygningsundersøgelser, der bør foretages før alle indgreb på eksisterende bygninger – herunder også byer og byområder - som en forudsætning for et lødigt og stedstilpasset/stedsspecifikt projekt.

Som led i dette har vi set på husenes *vinduer* – ud fra de ovennævnte 5 kriterier. Vi har her bl.a. sammenlignet en istandsættelse og energiforbedring af de eksisterende vinduer, med anvendelse af de klassiske materialer og metoder, med en udskiftning af vinduerne med nye tilsvarende vinduer af træ, plastik eller træ-alu.

Dette delprojekt har givet nogle meget overraskende resultater, der bl.a. præsenteres herunder, idet dette papir specielt handler om en ny viden om vedligeholdelse, istandsættelse og energioptimering af *VINDUERNE i 1930'ernes, 40'ernes og 50'ernes almennyttige etagehuse.*





Modernismens almennyttige etagehuse

I 1933 blev det lovfæstet under det såkaldte 'Kanslergadeforlig', at Staten kunne støtte godkendte boligforeninger eller boligselskaber, der havde til formål at bygge og udleje gode, billige boliger til almindelige mennesker, uden profit.

Dette blev startskuddet til dannelsen af Almennyttige Boligselskaber over hele landet, især i København og ved de fire større købstæder, Århus, Odense, Ålborg og Esbjerg. Fra 1933 til 1960 blev der bygget 165.000 almennyttige boliger i Danmark, fra 1960-1975 blev der opført 157.000 boliger, og 1975-2000 er der bygget 163.000 almen-nyttige boliger, i dag kaldt 'almene boliger'. Det giver et samlet antal på 485.000 boliger.

De almennyttige boliger har i alle årene stået for den bedste kvalitet, og perioden 1930-1960 er ingen undtagelse, selv om der i denne periode, benævnt 'Modernismen' blev eksperimenteret med en række nye materialer og tekniske løsninger, bl.a. jernbeton og relativt store, helrudede vinduer.

Det modernistiske etagehus' største kvalitet er helt klart, at det udtrykker den fælles vision, som samfundet, befolkningen og byggebranchen havde i 1960'erne om at skabe tilstrækkeligt mange gode og sunde boliger for almenheden. Og husene indeholder en række elementer, der understøtter denne vision:

- Godt og praktisk indrettede boliger, med alle moderne faciliteter, køkken, bad, stuer og værelser.
- Lys og luft til boligerne bl.a. fra indbyggede altaner og/eller karnapper.
- God udsigt fra alle lejligheder – så vidt muligt.
- Rekreative arealer rundt for børn og voksne – med legepladser, boldbane og tørreplads.
- Fællesfaciliteter i form af butikker, fælles vaskeri, festlokale m.m.

Man ønskede ikke mindst at skabe en smuk og harmonisk sammenhæng mellem bygningerne og landskabet, i form af en bebyggelsesplan med grønne arealer mellem husene.

'Dronningegården' er en del af den omfattende kondemnering af en masse fine gamle bygninger fra renæssancen og barokken omkring Adelgade og Borgergade (se også side 38), der blev gennemført i København i 1920-erne og 1930-erne. Bebyggelsen er opført af arkitekterne Kay Fisker, C.F. Møller og Svenn Eske Kristensen i årene 1943-58.

Husene er bygget af gedigne materialer, mursten/murværk, massiv hulmur, men som nævnt med brug af jernbeton til fundamenter, trapper, etagedæk, altaner og andre elementer på facaden. Facaderne er præget af en differentiering af vinduesstørrelserne, alt efter om rummene bag vinduerne er stuer, køkkener, toiletter eller kamre. Det giver fine og varierede facader.

Etagehusenes vinduer

De ekstremt spinkle stålvinduer kom på mode i funktionalismen (1930-1945), da de tillader et maksimalt dagslysindfald. Til gengæld isolerer de ikke særlig godt mod kulden, da stålet leder varmen ret godt. De ses derfor kun forholdsvis sjældent i de almennyttige etagehuse.

Frem til 1850 var bindingsværk den foretrukne bygningskonstruktion i Danmark, og da man i 1400— og 1500-tallet begyndte at sætte vinduer med glas i disse, var det praktisk at vinduerne spændte helt ud mellem bindingsværksstolperne. Dette kunne løses med to sidehængte vinduesrammer med en bredde på 45-50 cm, sat i trækarme og med en lodret lodpost af træ i midten. Rammerne var yderligere opdelt med træsprosser i 6, 8 eller 9 ruder. Derved opstod det to-rammede, sidehængte vindue, der har præget dansk byggeskik frem til cirka 1960.

Men allerede i 1890-erne kunne man på grund af glasteknologiens fremskridt fremstille meget store vinduer med hele ruder. For at kunne pudse disse, og ventilere rummene, satte man en sidehængt vinduesramme på begge sider af den store midterrude.

Ved funktionalismens gennembrud i 1930 begyndte man at indføre vinduer med hele ruder i etagehusenes facader, uden de to smalle rammer på siderne. Derved opstod de midterhængslede, vandrette eller lodrette vippevinduer, der præger mange af modernismens etagehuse fra 1930 – 1960. Mange etagehuse fra denne periode fortsatte dog traditionen med to-rammede, sidehængte vinduer, da disse er uhyre enkle at fremstille, pudse og vedligeholde – plus at de repræsenterer en brug og erfaring her i landet på mindst 350 år.

Det var i funktionalismens og modernismens ånd at vinduerne gav så meget dagslys til rummene som muligt. Derfor gjorde man helt bevist både rammerne og karmene så spinkle i dimensionerne som muligt. En kort overgang i 1930-erne forsøgte man sig endda med ekstremt spinkle vinduer af smedejern, hvilket absolut er en æstetisk nydelse, men arkitekterne vendte alligevel hurtigt tilbage til de gennemprøvede vinduer af træ. Ønsket om tætte og bedst muligt varmeisolerende vinduer sejrede over æstetikken og de nye, uprøvede materialer.

Hvor vi i Danmark har tusindvis af oprindelige vinduer i ældre huse, der har holdt i 200-300 år – og uden problemer kan istandsættes, så de holder i 200 år mere, har undersøgelser vist, at stort set alle etagehuse fra 1930-erne, 40-erne og 50-erne allerede har fået skiftet deres oprindelige vinduer ud – én til to gange – på blot 60-80 år! Der hvor der sidder enkelte oprindelige vinduer tilbage – f.eks. i kælderen eller i trappeopgangen, fejler disse i dag ikke noget som helst.

Det er bemærkelsesværdigt, at så store byggerier med, må man formode, professionel rådgivning, har skiftet de oprindelige kvalitetsvinduer af træ ud med nye vinduer i langt ringere kvalitet – hvoraf nogle endda har været i så dårlig kvalitet, at de kun har holdt i ca. 20 år, før de er blevet skiftet ud igen.

Som det fremgår herunder, kan man, på grund af en del ny viden på området - dels energiforbedre de oprindelige vinduer på en meget enkel måde, så de energimæssigt og driftsøkonomisk overgår tilsvarende nye vinduer af plastik og træ-alu, plus at de holder mindst 200 år længere. Dels kan man, der hvor de gamle vinduer ikke findes mere, fremstille nye vinduer af træ i fuldstændigt samme kvalitet og udseende som de oprindelige, og opnå den samme gode driftsøkonomi og lange levetid.

Vinduernes energiforhold

Vi ved fra arkiverne, at man i Danmark afprøvede det første varmebesparende dobbeltrudesystem bestå af indvendige forsatsvinduer, i 1741, altså for 275 år siden. Det var så ikke i en almennyttig bolig, men på herregården Clausholm. Beregninger har vist, at disse dobbeltvinduer med to lag glas har en forbavsende god varmeisoleringsevne. U-værdien (varmetabskoefficienten) er på 2,4 W/m2K for hele vinduet, hvilket endda er lidt bedre end tilsvarende termovinduer med almindelige termoruder, der har en U-værdi for hele vinduet på 2,5 W/m2K. Det samme gælder de koblede vinduer, det vil sige to 'sammenkoblede' vinduesrammer med hvert sin glasrude, der kan åbnes, når vinduerne skal pudses, som har været produceret siden 1889. I to-rammede vinduer isolerer de også bedre end tilsvarende vinduer med termoruder. I et-rammede, helrudede vinduer går de to systemer dog lige op.

Siden 1990 har vi haft de såkaldte energiruder, det vil sige termoruder, hvor det inderste lag glas har fået pålagt en meget tynd energibelægning, samt indblæst en isolerende gasart i rudemellemrummet, hvorved rudernes isoleringsevne er forbedret betragteligt og energitabet formindskes.

Når man sætter disse energiruder som indvendige forsatsvinduer i gamle to-rammede vinduer, der derved bevares uændret, set udefra, har beregninger og målinger på bl.a. DTU vist, at de gamle, oprindelige vinduer af træ kan opnå et energitilskud for hele vinduer på ÷18 kWh/m2 år. Dette er 50-60 % bedre end tilsvarende vinduer af træ, plastik eller træ-alu med udvendige termoruder eller energiruder, idet disses energitilskud til hele vinduet er på ÷75 kWh/m2 år. De energiforbedrede oprindelige vinduer af træ repræsenterer således den markant bedste energi-løsning på markedet for ramme- og sprosseopdelte vinduer – eller som her blot to-rammede vinduer.

Se også: *SKEMA over de beregnede energibalancetal for forskellige vindueskonstruktioner* på side 30.

Der, hvor de modernistiske etagehuse indeholder to-rammede vinduer i facaderne, viser forskningen, at den bedste løsning i forhold til at spare på varmen og minimere energiforbruget i huset, uden nogen som helst tvivl, er vinduer med udvendige rammer af træ, med eet lag almindeligt glas, forsynet med indvendige 2-lags dobbeltcoatede forsatsvinduer eller tilsvarende koblede vinduer (1+2) af træ.

Ingen andre vindueskonstruktioner kan hamle op med disse, rent energimæssigt, hvortil kommer at disse vinduer også passer bedst til husets og de oprindelige vinduers arkitektoniske udtryk og detaljer – plus ikke mindst de driftsøkonomiske, vedligeholdelsesmæssige, holdbarhedsmæssige samt miljø- og bæredygtighedsmæssige fordele, der er nævnt her nedenfor.

Indvendige forsatsvinduer – her spinkle rammer af aluminium har de mest effektive energiegenskaber ved opdelte vinduer – som her

Når vi ser på de eet-rammede vinduer med hele ruder er der imidlertid ingen forskel på de to vindueslø sningers energiegenskaber. Men det er der til gengæld, hvis vi kikker på de arkitektoniske og æstetiske forhold og de driftsøkonomiske og vedligeholdelsesmæssige forhold – herunder holdbarhed og levetider – og dermed vinduernes miljøbelastning og bæredygtighed.

Vedligeholdelse og driftsøkonomi

Trævinduer opfattes af de fleste mennesker som besværlige, tidskrævende og nærmest umulige, rent arbejdsmæssigt – og økonomisk - at vedligeholde. I hvert fald sammenlignet med moderne 'vedligeholdelsesfrie' vinduer af plastik eller aluminium. Men også på dette område, vedligeholdelse af vinduer af træ, kan man lære meget af at studere fortidens metoder for 200 år siden.

- For det første betyder den exceptionelle trækvalitet og konstruktive gennemtænkthed, som gamle vinduer frem til ca. 1960 er bygget med, meget for holdbarheden af både malingen og træet. Så disse kvaliteter skal være til stede, hvad de jo automatisk er i vinduer, der er fremstillet før 1960. Forskningen viser her, at det ikke er noget teknisk eller materialemæssigt problem, at fremstille nye vinduer af træ i dag, i samme kvalitet og udformning som for 100-200 år siden – og dermed med en beviselig holdbarhed på mindst 200 år. Dette kan sågar ske på en moderne fabrik med en maskinel og automatiseret produktion. Merprisen for disse vinduer, i forhold til diverse standardvinduer, ligger på 5-10%.

- For det andet skal man benytte den samme malingstype, som i 1700- og 1800-tallet, nemlig linoliemaling. Denne maling indeholder som sin vigtigste komponent kogt linolie (hørfrøolie), der trænger godt ind i træet og virker præventivt overfor fugt og råd. De små, fine farvekorn, kaldt pigmenter, der er linoliemalingens anden komponent, øger malingens holdbarhed og beskytter træet mod solens trænedbrydende UV-stråler. Da olien udvider sig hele 18% under hærdningen fra flydende til fast form, forbedrer dette malingens vedhæftning og træets oliemætning.

- For det tredje viser forskningen, at man ikke skal nymale – af nogle kaldt 'vedligeholde' - vinduerne for tit. De kraftigere og kraftigere lag maling, dette medfører er både uhensigtsmæssigt for træet, der kan risikere at blive opfugtet under den tykke malingsfilm, og for selve malingslaget, der er mere tilbøjelig til at skalle af ved kraftige lag maling. Man skal derfor kun genmale vinduerne hvert 15. år. I mellemtiden skal man vedligeholde trævinduerne præventivt ved at tætne de vandrette kitfaser og påstryge/pågnide et tyndt lag kogt linolie på træværket hvert 5. år. Dette kan ske som led i en vinduespudsning. Derved bevarer man for det første det oprindelige tynde lag maling og dernæst tilfører man træet linolie gennem malingslaget, der samtidigt regenereres både teknisk, vedhæftningsmæssigt og farvemæssigt. Først efter ca. 15 år bør man male vinduerne igen.

- For det fjerde skal man, når man enten genmaler eller gennemfører en almindelig istandsættelse af vinduerne, aldrig bruge varme til at fjerne gammel maling med. Det være sig med varmeblæser, infrarøde lamper eller (uha) flammebrændere. Varmen ødelægger for det første alt den gamle maling, så man skaber sig selv et meget stort arbejdsmæssigt og økonomisk problem, når denne skal fjernes ved skrabning og slibning til sidste millimeter. Dernæst trækker varmepåvirkningen vitale olie- og harpiksstoffer ud af træet, så dette svækkes og får en kortere levetid. Slibning med maskiner medfører grimme lunker og spor i træet og beslagene.

- For det femte skal man, når man efter de ca. 15 år – eventuelt mere - istandsætter og genmaler vinduerne med linoliemaling, påføre kogt linolie på vinduernes flader, og derefter kun fjerne den absolut løse maling ved at skrabe koldt med en hårdmetalskraber. Alt fastsiddende maling bibeholdes, og bør ikke fjernes. Linolien blødgør de gamle malingslag, så de forholdsvis let lader sig skrabe af – især gamle lag af plastikmaling, der under alle omstændigheder bør fjernes i størst muligt omfang. Da de gamle malingslag ikke er blevet ødelagt af varme, kan man, som vi kan se at malerne gjorde for 200 år siden, genmale direkte på disse og opnå samme vedhæftning og holdbarhed som på bart træ. Evt. kan man før genmalingen, slibe de afskrabede overflader let i hånden, som en vådslibning med linolie som væske.

Det er klart, at trævinduer vedligeholdt og istandsat efter denne metode ikke ser 'nye' ud. Overfladerne er præget af synlige lag af ældre maling. Men fordi denne metode også blev anvendt for 200 år siden, hvilket man tydeligt kan se på gamle vinduer fra 1700-tallet, ved vi at de gamle malingslag, der ikke er blevet ødelagt af en varmeblæser eller lignende, repræsenterer en lige så god bund at male på med linoliemaling, som på det helt afrensede træ. Det er derfor absolut ikke en 'discount-metode', men den sparer ret meget tid og arbejde, i forhold til at totalafrense vinduerne med varme eller slibning.

Det skal tilføjes at denne vedligeholdelses- og istandsættelsesmetode for gamle vinduer – uden varme, men som en våd, kold afskrabning – er blevet godkendt som en ikke-støvende istandsættelsesmetode for eksempelvis blyholdige malingslag på vinduer af BAR - Branchearbejdsmiljørådet for Bygge & Anlæg i Rådets anvisning Håndtering af bly i bygninger. Derved bortfalder de arbejdsmiljøkrav, der er afledt af blystøv fra slibning, skrabning eller afrensning med varme, herunder kraftigt fordyrende krav om støvfrie kamre, masker med sug etc.

Vedligeholdelses-program for linoliemalede vinduer

Af Søren Vadstrup

Ved vinduespudsning: (*ikke stilladskrævende*)

1: Vask af vinduernes træ og maling udvendigt og indvendigt med sæbespåner eller sulfosæbe i varmt vand. Eftervask med rent vand samt aftørring overalt.

Hvert 5. år: Forebyggende foranstaltninger. (*ikke stilladskrævende*)

Punkt 1: ovenfor. Derudover

2: Check om de udvendige vandrette, skrå **kitfaser** er helt tætte ind mod ruden. Om nødvendigt:
- a: Strygning af linolie på kitfasen.
- b: Strygning af linoliemaling på selve kitfasen, og 2 mm op på ruden.
- c: Trykning af kit i alle smårevner på kitfasen og maling af kitfasen med linoliemaling - plus 2 mm op på ruden.

3: Indvendige **vandrette overflader** på rammerne
- a: Vask med sæbespåner eller sulfosæbe i varmt vand. Eftervask med rent vand samt aftørring overalt. Evt. skimmelrester skrubbes væk.
- b: Trykning af varm linoliekit i smårevner op mod ruden
- c: Strygning med et tyndt lag linolie (med en klud)
- 4: Check af indvendig tætning af forsatsvinduer, tætningslister el.lign.

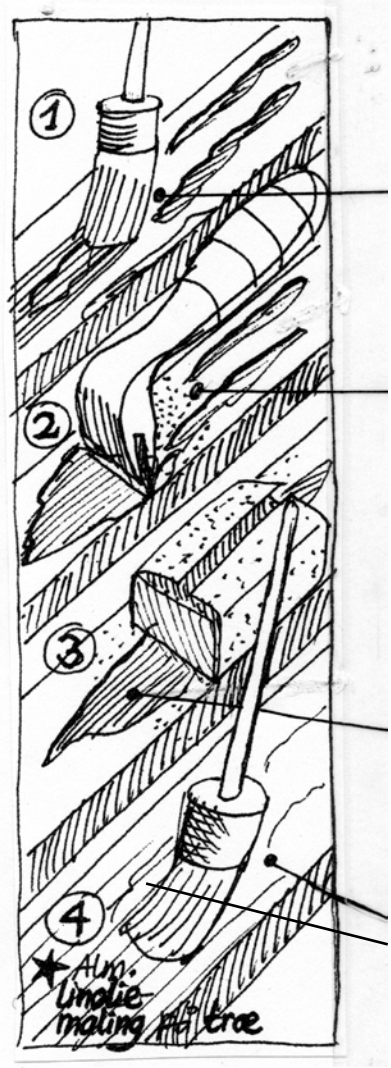
5: Alle *udvendige malede overflader* på vinduets rammer og karme tilføres et tyndt lag rå eller kogt linolie med en pensel. Alle løbere aftørres.

Hvert 15. år: **Almindelig vedligeholdelse**. (*Evt. stilladskrævende*)
Punkterne 1-5 ovenfor. Derudover, om nødvendigt:

6: **False:** False og anslag justeres. Det checkes at vandrette false har fald udad. Hængsler smøres.
7: **Beslag:** Beslagenes rustpletter slibes ind til bart jern og rustbehandles med kogt linolie og jernmønje, hvorefter de males med linoliemaling.
8: **Revner**: Sammenstød/samlinger mellem træ-træ, kit-glas, træ-beslag forsegles med linolie, linoliekit og linoliemaling. Større sprækker i træet lukkes med tjærekit el.lign.
9: **Fuger:** Løse fuger mellem murværk og karm udkradses, stoppes med tjæret værk og nyfuges med luftkalk-mørtel.
10: **Maling:** Vinduesrammerne nummereres, aftages og anbringes fastspændt på et solidt underlag. Karmene afrenses partielt og genmales på stedet:
Partiel malingsafskrabning: Løs maling skrabes af partielt til bart træ. Fastsiddende maling bibeholdes. Al afskrabning skal ske med skarpe håndskrabere uden varme som "våde" processer a.h.t. giftigt støv. Der påføres hele tiden kogt linolie under arbejdet. Overgangene mellem gamle malings-lag om bart træ slibes i hånden med sandpapir, med kogt linolie som støvbinder.
Pletmaling: Efter aftørring af overskydende linolie pletmales de afskrabede felter med et tyndt lag linoliemaling.
Genmaling: Efter at malingen har hærdet i et døgns tid, stryges vinduerne med et tyndt lag linoliemaling overalt - indvendigt og udvendigt. Der males 2 mm ud på ruden ved alle kitfaser.
Affald og klude: Alt affald fra skrabningen samles op i et stykke plastiktagrende, der monteres under selve vinduet. Affaldet deponeres som miljøfarligt affald. Bemærk imidlertid, at linolie kan selvantænde i sammenkrøllede klude. Opbevar linolieklude i en metalbeholder med låg.

Se nærmere i Center for Bygningsbevarings Anvisning: Ikke-støvende afrensning af blyholdig maling ved vinduesistandsættelse m.m. (Søren Vadstrup, 2015):
http://www.bygningsbevaring.dk/uploads/files/anvisninger/10ANVISN_Ikke_stovende_afrensning_af_blyholdig_maling_juli%202015.pdf

TEGNING af den foreslåede fremgangsmåde for en våd, kold partiel malingsafrensning på gamle vinduer træ



1
De gamle malingslag påføres kogt linolie/fernis med en pensel. Olien får lov at virke i ½ time.

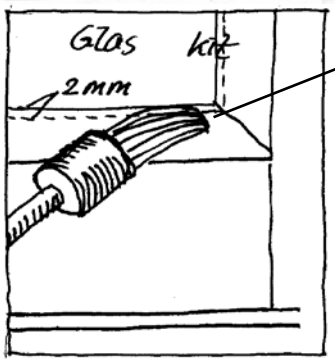
2
Med en skarpslebet bådskraber, skraber man nu koldt, uden nogen brug af varme eller slibemaskiner, alt løs maling af. Det fastsiddende maling fjernes ikke. Skraberen holdes løbende skarp ved skærpning med en fil eller slibemaskine. Der påføres også løbende linoliefernis under afskrabningen.

Malingsskaller opsamles på plastik-presenninger. De må ikke falde ned på gulve, jorden eller stilladsbroer.

3
Overskydende linolie og malingsskaller tørres væk og overfladen påføres ny linolie, hvorefter overgangene mellem de gamle malingslag og de afskrabede felter slibes jævne, gennem en vådslibning, uden støv, i hånden med sandpapir.

4
Efter aftørring af overskydende linolie pletmales de afskrabede felter med et tyndt lag linoliemaling.

5
Efter at malingen har hærdet i et døgns tid, stryges vinduerne med et tyndt lag linoliemaling overalt - indvendigt og udvendigt.



Der males 2 mm ud på ruden ved alle kitfaser.

Bemærk at linolie og linoliemaling kan selvantænde *i sammenkrøllede klude. Opbevar linolieklude i en metalbeholder med låg.*

Vinduernes metalbeslag

Vinduernes beslag afrenses for løs maling på samme måde. Beslagene påføres kogt linolie og efter et stykke tid skraber man koldt – uden brug af varme – alt løs maling af, og kun denne.

Alle malingsrester opsamles og deponeres som miljøfarligt affald.
Rustpletter slibes til blankt jern med smergellærred og kogt linolie som støvfanger.

Umiddelbart herefter aftørres beslagene grundigt og males med jernmønje eller blymønje (på fredede bygninger), revet i kogt linolie. Først på bart jern 2 gange og derefter hele beslaget.
Til sidst males beslaget med den samme linoliemaling som resten af vinduet.

Driftsøkonomi for linoliemalede vinduer

Ifølge det ovennævnte, gennemprøvede Vedligeholdelses-Program for linoliemalede vinduer, skal disse, modsat hvad de fleste tror, først genmales efter 15 år:

Man kan herefter afprøve, hvad det gennemsnitlige tidsforbrug for de løbende vedligeholdelsesarbejder er, hvert år, hvert femte år og hvert femtende år.

Som det ses tager dette vedligeholdelses-program for linoliemalede vinduer cirka 15 minutter om året per vindue at udføre gennem disse 15 år. Tidsforbruget gælder for et vindue i almindelig gennemsnitsstørrelse. Det er dog ikke *hvert år*, man skal i sving. Det største tidsforbrug på ca. 2 timer, ligger hvert 15. år, og kan erfaringsmæssigt godt udskydes til 16.-20. år.

Vedligeholdelse af linoliemalede vinduer. Tidsforbrug per vindue				
Interval	Arbejde	Tidsforbrug	Tidsforbrug/år	Pris per vindue
Ved vinduespudsning	Vask af udv. Trædele	5 min	5 min/år	
Hvert 5. år	Kitfalsen + linolie	10 min	10 min/5 år = 2 min/år	
Hvert 15. år	Afskrabning + genmaling	120 min	120 min/15 år = 8 min/år	
I alt			15 min/år	100 kr/år

Med en håndværkerpris (i 2016) på 400 kr/t + moms kan et linoliemalet vindue vedligeholdes for en pris af ca. 100 kr + moms om året.

Dette er uden opstarts- og stilladsomkostninger – der ved fleretages huse dog kun skal benyttes hvert 15. år. Hertil skal også lægges materialeomkostningerne (linolien og linoliemalingen, pensler m.v.).

Driftsøkonomi for nye plastikmalede termovinduer af træ

Plastikmalede trævinduer skal erfaringsmæssigt nymales hvert 8.-10. år. Hvis denne proces tager 1½-2 timer per vindue, giver dette en lønomkostning per år på 50-80 kr. + moms per vindue. Efter cirka 2 genmalinger skal man imidlertid, for ikke at risikere fugtophobning under et meget tykt lag plastikmaling, fjerne eet eller flere af de underliggende lag maling. Eksempelvis hvert 20. år. Det bringer lønomkostningerne op på 3 timers arbejde, d.v.s. 120 kr + moms om året for hvert vindue.

En vigtig del af driftsøkonomien for et vindue vedrører levetiden på de elementer, der indgår i vinduet.

Termoruder består af en skilleprofil af metal – i dag eventuelt kunstfiber, der udgør rudens kant, hvorpå der er limet en indvendig og en udvendig rude med et isolerende mellemrum imellem. I de nyeste energiruder er ruderne coated med en energibelægning, og der er blæst en isolerende gasart ind i rudemellemrummet.

Problemet er imidlertid, at termorudernes og energirudernes holdbarhed er ret begrænset. Erfaringsmæssigt slipper limen glasset efter 18-20 år, hvorefter ruderne bliver utætte, så der kommer dug i mellemrummet og isoleringsevnen forringes.

Anbringes energi-termoruderne indvendigt, som forsatsruder på de eksisterende gamle vinduer, eller på nye vinduer med forsatsrammer, kan de sandsynligvis holde dobbelt eller tre gange så længe som udvendigt.

Den korte levetid for termoruderne på 18-20 år øger vedligeholdelses-omkostningerne for vinduer med udvendige termo- eller energiruder markant, idet man skal indregne en kostbar udskiftning af ruderne efter ca. 20 år - ud over den øvrige, årlige vedligeholdelse. Hvis vi regner selve rudens pris til 1.000 kr. og dertil lægger 2 timers arbejdsløn på 400 kr/t, bliver det en omkostning per vindue på 80-90 kr. + moms om året. Heri er ikke indregnet stilladsomkostninger, transport, bortskaffelse af de kasserede ruder m.v.

Driftsøkonomisk koster den løbende vedligeholdelse af nye plastikmalede vinduer af træ med udvendige termoruder, således 120 kr. om året per vindue, plus, til en nødvendig udskiftning af termoruderne efter 20 år på 80-90 kr/år per vindue, i alt 200-210 kr + moms per år.

Driftsøkonomi for nye termovinduer af plastik eller aluminium

Også vinduer af plastik eller træ-alu skal vedligeholdes løbende. Producenterne foreskriver at man vasker den udvendige del af vinduet, karm og ramme, med sæbevand to gange om året. Beslagene skal samtidigt smøres to gange om året, og man skal løbende holde snavs væk fra glideskinner, tætningslister m.v.

Dette anslås til 2 x 6 minutters arbejde, i alt 12 minutter. Med en arbejdsløn på 400 kr/t + moms vil denne vedligeholdelse koste 50-80 kr/år + moms. Hertil skal lægges 80-90 kr/år + moms til udskiftning af termoruderne hvert 20. år – tilsammen 130 – 170 kr/år + moms.

Arne Jacobsen, Allehusene, Jægersborg Alle i Gentofte opført i 1949 – 53.

Sammenligning af holdbarhed, levetider og bæredygtighed

Som ovenfor beskrevet viser forskningen, at vi i bygninger, opført før ca. 1960, har tusindvis af oprindelige vinduer, der har holdt i 60-100-200-300 år. Denne afprøvning 1:1 i virkelighedens verden, beviser at det kan lade sig gøre at få træ, og specielt vinduer af træ, til at holde så længe.

Erfaringerne viser dels at de samme meget gamle vinduer uden de store problemer eller omkostninger, kan istandsættes og vedligeholdes med de foreskrevne materialer og metoder, så de kan holde i mindst 200 - 300 år mere. Det kan man se, 1:1, på de gamle vinduers tilstand og høje kvalitet efter denne istandsættelse. Dels viser erfaringerne at det også er enkelt og problemløst at fremstille nye vinduer i samme kvalitet og med samme holdbarhed den dag i dag. Man skal først og fremmest undgå vakuumimprægneret træ, plastikmaling, udvendige termoruder, fugestopning med mineraluld og udvendig fugning med en cementholdig mørtel.

Bæredygtighed

En optimalt bæredygtig bygning er naturligvis en bygning, der allerede har holdt meget længe og som fortsat vil holde meget længe. En optimalt bæredygtigt bygning er også en bygning, der forbruger mindst muligt energi – ved fremstillingen, den daglige drift og til vedligeholdelsen. En optimalt bæredygtigt bygning er endvidere en bygning, der består af fornybare og ikke forurenende materialer, der kan genbruges eller nedbrydes i naturen.

Når det drejer sig om to-rammede vinduer i bygninger, opført før ca. 1960 er den mest bæredygtige løsning helt klart at bevare, istandsætte og energiforbedre de gamle, oprindelige vinduer. Dels har de allerede holdt i 60-100-200-300 år, dels kan de yderligere holde i 100-200 år, og dels har de langt de bedste energiegenskaber i forhold til alle andre løsninger. Og så består de udelukkende af træ, linoliemaling og linoliekit, der kan nedbrydes i naturen, samt glas og smedejern, der kan genbruges.

Nye tilsvarende vinduer af træ, plastik eller aluminium har, sammenlignet med de gamle, oprindelige vinduer af træ, en markant lavere levetid, et højere energiforbrug til selve produktionen og også som vindue i brug, og så består det af både giftige (giftimprægnerede) eller stærkt forurenende og affaldsbelastende materialer (plastikmaling og plastik).

Konklusion

VINDUERNE i 1930'ernes, 40'ernes og 50'ernes almennyttige etagehuse var oprindeligt i træ, og de få 'overlevende' oprindelige vinduer viser, at de har været i samme fremragende trækvalitet og konstruktive kvalitet som danske trævinduer i århundrederne før – som vi stadigvæk har bevaret. Når modernismens etagehuse nu for anden eller tredje gang, på kun 60-80 år, skal have nye vinduer, fordi uvidende folk ikke så de oprindelige vinduers tekniske og æstetiske kvaliteter, og tilmed har valgt alt for teknisk ringe efterfølgere – bør de nye vinduer absolut være af træ igen.

Først og fremmest fordi vi i dag har studeret de gamle vinduer meget grundigt, så det igen er muligt at fremstille nye vinduer i samme holdbare kvalitet som før, endda uden at det bliver væsentlig dyrere end diverse langt ringere standardvinduer - historisk, teknisk og arkitektonisk. Dernæst fordi trævinduer også er de billigste i drift og vedligeholdelse, igen fordi forskningen har lært af fortiden og dens materialer og metoder.

De nye vinduer bør være så tæt på de oprindelige vinduer som muligt i materialer (100% spejlskåret kernetræ, linoliemalet), dimensioner (forholdsvis spinkle dimensioner) i rammer og karme, samt detaljer som de udvendige rudeglas (trukket glas sat i kitfals). De forbedrede energiegenskaber i forhold til de oprindelige vinduer, løses gennem koblede vinduer eller forsatsvinduer med dobbeltcoatede energiruder. Her kan vi beviseligt opnå vinduesmarkedets laveste energitab.

De arkitekter, der tegner nutidens nye vinduer, kan lære meget af fortidens mesterligt designede kombination mellem spinkle og kraftigere dimensioner, smukke profileringer, der reflekterer sollyset og giver bløde slagskygger langs vinduernes kanter, samt ikke mindst vinduets sammenhæng og sammensmeltning med facaden og husets arkitektoniske udtryk. Alle tre ting er stort set fraværende i de standardvinduer, markedet tilbyder i dag.

Kunstakademiets Arkitektskole har i 2016 sammen med Københavns Tekniske Skole og Københavns kommune fremstillet 5 prototyper på typiske vinduer af træ til modernismens etagehuse. Disse kan beses efter aftale, hvorefter de konkrete vinduer kan tegnes og produceres med inspiration herfra.

4.5 1 Udstilling om cirkulær økonomi på Arkitektskolen, KADK

Som et led i KADK's 3 årige satsning på at arbejde med FN's 17 Verdensmål, inviterede KADK's udstillingsudvalg studerende, forskere og undervisere fra alle fagmiljøer, programmer og årgange til at indsende udstillingsforslag til KADK's censurerede udstilling om Cirkulær Økonomi. Det skulle udelukkende være projekter, hvor begrebet cirkulær økonomi viser nytænkning inden for eksempelvis udvikling og genanvendelse af materialer, services, design eller arkitektur. Udstillingsperiode var 1. september – 1 december 2017 i Udstillingssalen i Meldahls Smedje.

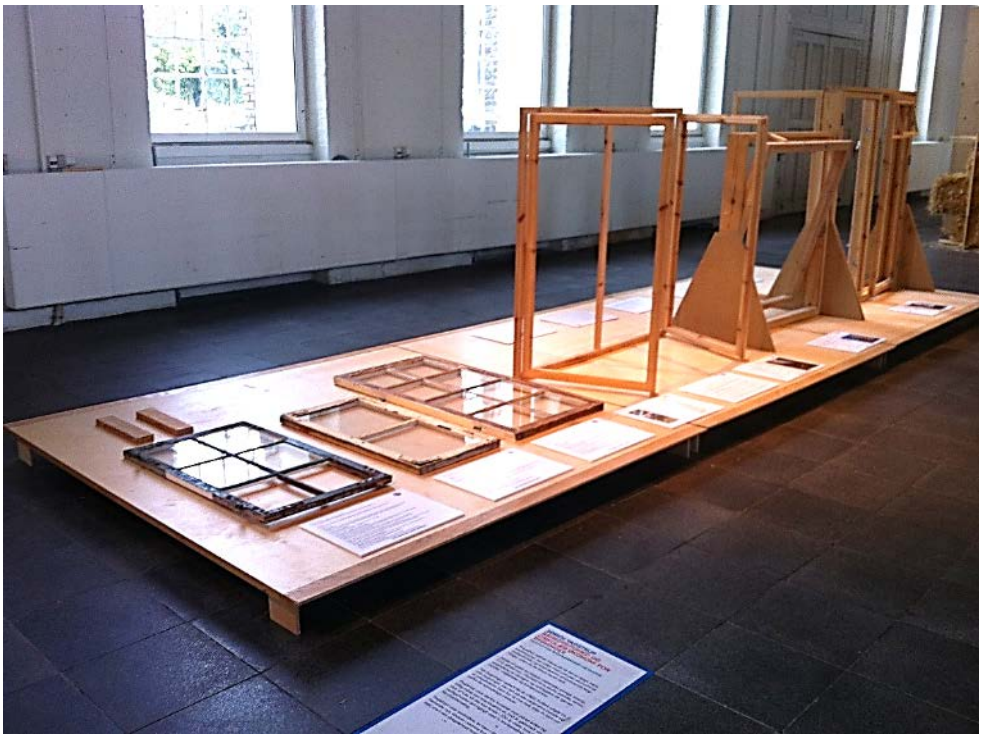
Baggrunden for udstillingen var, at vi gennem en semesteropgave på kandidatprogrammet i *Kulturarv, Transformation og Restaurering påviste,* at de fleste af 1950-ernes og 60-ernes højt berømmede i arkitektonisk, byggeteknisk og social og almennyttig henseende, murede etagehuse, allerede har fået udskiftet deres oprindelige vinduer af træ **to gange,** og nogle er lige nu i gang med at skifte ud for tredje gang – på under 60 år.

Vores studerende på KTR fik derfor til opgave at tegne nogle nye vinduer i træ, der dels svarer bedre til de oprindelige vinduers udformning, rent arkitektonisk, end diverse nye standardvinduer af plastik eller træalu, plus at de har bedre energiegenskaber end disse – og derudover holder 10 gange længere.

Udstillingen: Nyt syn på bæredygtighed for bygninger
I det følgende viser jeg en udstilling kaldt: *Nyt syn på bæredygtighed for bygninger*, som jeg fik antaget. Udstillingen handler om, at det er langt mere bæredygtigt og i pagt med cirkulær økonomi at vedligeholde og istandsætte eksisterende bygninger, så de kan blive genbrugt *på stedet*, uden at de bliver revet med. Så vil man spare en masse materialer, penge, energi CO_2 og affald osv. i forhold til at skulle adskille, rense, opgradere, re-designe, og nyttiggøre osv. de 'genanvendte' materialer og komponenter.

Mennesker, der bor i bygninger, opført før 1960, ca. 2 mio bygninger, skal vide, at det kan betale sig på alle parametre at istandsætte disse frem for at rive dem ned, eller udskifte f.eks. de oprindelige vinduer: Miljø, bæredygtighed, økonomi, mindre affald, bevarelse af bygningskulturen.

Udstillingen viser, hvordan man på en enkel og billig måde kan istandsætte et 200 år gammelt vindue af træ, så det, rigtigt vedligeholdt, bl.a. med linoliemaling – frem for plastikmaling – kan holde i 200 år *mere.* Udstillingen viser endvidere, at man i dag sagtens kan fremstille nye vinduer i samme kvalitet som tidligere – med en stort set *ubegrænset* holdbarhed og levetid.



Udstillingen består af en række nye og gamle vinduer:

1: *Vindue af træ fra ca. 1732 – ('Ildebrandshus' i Barok), delvist istandsat, og trods sine 285 år stadig i god stand*
2: *Kasseret vindue af træ fra Christianshavn fra 1890 (historicisme). Uistandsat, men trods sine 127 år i god stand.*
3: *Kasseret Bedre-Byggeskik-vindue fra Østerbro fra 1925 (historicisme). Delvist istandsat, så man kan se, hvor enkel istandsættelsen er (se metoden side 65).*
4: *Prototype på et nyt vindue af træ til 1950-ernes murede etagehuse, udført på Kbh. Tekniske Skole. Håndværkerhaven (H.Hansen)*
5: *Prototype på et nyt vindue af træ til 1950-ernes murede etagehuse, udført på Kbh. Tekniske Skole. Brøndbyparken (Kay Fisker)*
6: *Prototype på et nyt vindue af træ til 1950-ernes murede etagehuse, udført på Kbh. Tekniske Skole. Ibstrupparken (Eske Kristensen)*

Vindue 1
Kasseret vindue fra et københavnsk 'ildebrandshus' fra 1732 (barok)

Alder: 285 år

Konstruktion:
Spejlskåret fyrretræ (kerne), samlet på gehring, ekstremt spinkle rammer på 43 x 23 mm med barok-profilering, mundblæst cylinderglas, håndsmedede, udpunslede beslag i smedejern, påsat med håndsmedede søm.

Overfladebehandling:
Træ: Linoliemaling (blyhvidt) + mørkegrøn slutfarve – i alt 3 lag.
Beslag: blymønje + mørkegrøn – 3 lag i alt

Istandsættelse (udført af studerende):
Ikke-støvende vådafrensning af løs maling med linolie og kold afskrabning (uden varme eller maskinslibning).
Udtagning af 2 rudeglas med kitlampe. Øvrige rudeglas bibeholdes på plads, inkl. kit.
Aftagning af to smedede hjørnebåndsbeslag
Udskiftning af 2 stk. knækkede tappe i bundstykket. Samling igen med trænagler, uden limning.
Påsømning af hjørnebåndsbeslag, lagt i kit, med genanvendelse af de gamle, håndsmedede søm.

Øverste sektion viser vinduet tilstand før malingsafrensning og istandsættelse
Midterste sektion er istandsat og nymalet med linoliemaling og kitfaser suppleringskittet (gammel kit ikke fjernet)
Nederste sektion ikke malet eller isat rudeglas for at vise malingsafrensningen og reparationen

Forventet levetid efter istandsættelsen:
I praksis, ubegrænset. Det er meget sjældent at vinduer fra 1700-taller, der er linoliemalet, rådner.

Vedligeholdelses-program for linoliemalede vinduer:
Hvert år: Check af vandrette kitfaser
Hvert 5. år: Påstrygning af kogt linolie, f.eks. med en klud
Hvert 15-20 år: Let vådafskrabning og meget tynd nymaling med linoliemaling

Vindue 2
Kasseret vindue fra Christianshavn fra 1890 (historicisme)

Alder: 127 år

Konstruktion:
Spejlskåret fyrretræ (kerne), kontraprofilerede rammer: 55 x 30 mm, mundblæst cylinderglas, Industrielt fremstillede, sammennittede hjørnebåndsbeslag, skruet på.

Overfladebehandling:
Træ: Linoliemaling (blyhvidt) i opr. 3 lag – senere 8-9 lag.
Beslag: blyhvidt som træet

Istandsættelse:
Ikke istandsat.
Men kan istandsættes som *vindue 3* med en ikke-støvende vådafrensning med et tidsforbrug på ca. 1,5 time, idet fastsiddende maling bibeholdes, rudeglasset og fast kit bibeholdes, beslag aftages og genmonteres, vinduet suppleringskittes og males med linoliemaling.

Denne metode er godkendt som en 'ikke-støvende afrensning af blyholdig maling' af arbejdsmiljø-myndighederne, og kræver derfor ikke andre værnemidler end handsker og forklæde.

Forventet levetid efter istandsættelsen:
I praksis: Ubegrænset.

Vedligeholdelses-program for linoliemalede vinduer:
Hvert år: Check af vandrette kitfaser
Hvert 5. år: Påstrygning af kogt linolie, f.eks. med en klud
Hvert 15-20 år: Let vådafskrabning og helt tynd nymaling med linoliemaling

Vindue 3
Kasseret Bedre-Byggeskik-vindue fra Østerbro fra 1925 (historicisme).

Alder: 92 år

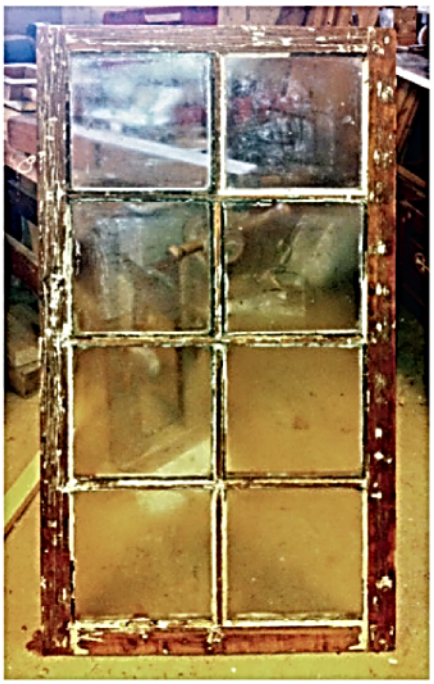
Konstruktion:
Spejlskåret fyrretræ (kerne), kontrakehlet på maskine, rammer: 55 x 50 mm, trukket glas, Hamborghængsler, skruet på.

Overfladebehandling:
Træ: Lithoponehvidt.
Beslag: Lithoponehvidt

Istandsættelse(udført af studerende):
Ikke-støvende vådafrensning af løs maling med linolie og kold afskrabning (uden varme eller maskinslibning).
Idet vinduet var malet med plastikmaling.
Alle rudeglas bibeholdes på plads, inkl. kit.

Ydersiden af vinduet viser malingsafrensningen og nyopkitningen, og er derfor ikke malet.
Indersiden er malet med linoliemaling 2 gange.

Forventet levetid efter istandsættelsen:
I praksis, ubegrænset.



Vådafskrabning uden varme. Linolien blødgør og løsner de gamle, løse malingslag. Herefter skrabes der med en hårdmetalskraber.

ISTANDSÆTTELSE AF GAMLE VINDUER AF TRÆ

Det er meget ofte et ønske, at fjerne alt den gamle maling på ældre vinduer, men dels er dette besværligt og kostbart, dels er det ofte unødvendigt og dels fjerner man et stykke af husets (kultur/farve)historie.

Udvendigt kan den gamle maling dog være så nedbrudt, afskallet eller løs, at en total afrensning er den eneste mulighed for at få en ny maling til at hænge fast. En anden teknisk begrundelse kan være at der er tale om et meget tæt (plast)malingslag, hvor træet er markant opfugtet under.

Totalafrensning bør derfor kun foretages hvis:

- Malingslaget er løst, afskallet og forvitret for 80-90 % vedkommende. Dette afprøves og konstateres ved forsigtigt at stikke spidsen af en skarp kniv skråt ind i malingslaget, og vippe med knivspidsen. Dette vil typisk skyldes, at vinduet er malet med farven litophone-hvidt, der forvitrer stærkt ved kontakt med luftens svovl.
- Der måles en permanent træfugtighed på over 20 % for neden i træet under malingen. Hertil benyttes en træfugtighedsmåler.
- Der måles en træfugtighed på over 20 % i træet under malingen seks timer efter et regnskyl eller spuling med vand.

Våd, kold partiel afskrabning

Den malings-afrensningsmetode, der skal anbefales, er den såkaldte våd, kold partiel afskrabning. Ved denne metode skrabes/fjernes kun den decideret løse maling. Al fastsiddende maling bibeholdes ud fra det princip, at det stadig vil sidde fast til bunden i mange år endnu.

- Alle malede flader på rammer og karme vaskes grundigt med børste, varmt vand og sulfosæbe, så al snavs og mug fjernes. False og anslagsflader renses og ujævnheder fjernes. Så stryges de malede flader med rå linolie, der i løbet af nogle timer blødgør de gamle malingslag, også af plastmaling.
- Nu skrabes alt løs maling af, ved en våd, kold afskrabning, udført med en såkaldt 'bådskraber' og med linolien som væske, Formålet er at minimere farligt støv og farlige partikler og dampe fra ældre, giftige malingslag (bl.a. blyhvidt).

Fra bogen BYHUSET af Søren Vadstrup

Vedligeholdelses-program for linoliemalede vinduer:
Hvert år: Check af vandrette kitfaser
Hvert 5. år: Påstrygning af kogt linolie, f.eks. med en klud
Hvert 15-20 år: Let vådafskrabning og meget tynd nymaling med linoliemaling

Vindue 4, - 5 og 6
Nye energiforbedrede vinduer af *træ* til 1940-ernes og 50-ernes almene, murede boligbyggerier i Danmark

Efterårssemesteret 2015 på KTR omhandlede 1940-ernes og 50-ernes almene, murede boligbyggerier i Danmark.

Som led i de studerendes projekter til restaurering, transformation og energiforbedring af disse, på 15 forskellige byggerier i Københavnsområdet, tegnet af datidens bedste arkitekter, havde vi særligt fokus på bygningernes *vinduer*.

Interessant nok er stort set alle vinduerne i de almene boligbyggerier fra 1940-erne og 50-erne, undtagen eet byggeri, allerede skiftet ud **1 - 2 (to!) gange** på 67 år - med nye vinduer af *plastik* eller *aluminium*, der passer meget dårligt til bygningernes arkitektoniske udtryk og bærende bevaringsværdier. Og nogle af byggerierne skal til at skifte vinduerne for 3. gang, fordi udskiftning nr. 2, i form af plastikvinduer, allerede viser for ringe kvalitet, plus at de ikke kan repareres.

Opgaven for de studerende gik derfor ud på at tegne:
1: En løsning til energiforbedring af de eksisterende vinduer af træ, hvor disse findes (Vindue 4 – Håndværkerhaven)
2: En rekonstruktion af de oprindelige vinduer, energiforbedret til den nuværende standard (Vindue 5 - Brønbyparken)
3: Helt nydesignede vinduer af træ, der passer til bygningernes bærende bevaringsværdier (Vindue 6 - Ibstrupparken)

Når de vinduer, som de studerende tegner, skal være af *træ*, er det fordi vi beviseligt har vinduer af træ i Danmark i tusindvis, der foreløbigt har holdt i 150-250 år, og som uden det store besvær fortsat kan holde mindst lige så længe *endnu*. Hvis vinduer af plastik og aluminium kan holde 25 år, skal vi være glade.

Efter at have tegnet vinduerne, individuelt eller i grupper, blev disse bygget 1:1 i træ af lærlinge på Københavns Tekniske Skoles Skolepraktik. Dette skete i et direkte samarbejde mellem de arkitektstuderende og lærlingene på snedkerskolen.

De viste vinduer repræsenterer den første prototype, der skal forbedres på forskellige punkter, før den endelige udgave foreligger. Der er derfor ikke sat rudeglas i vinduerne.

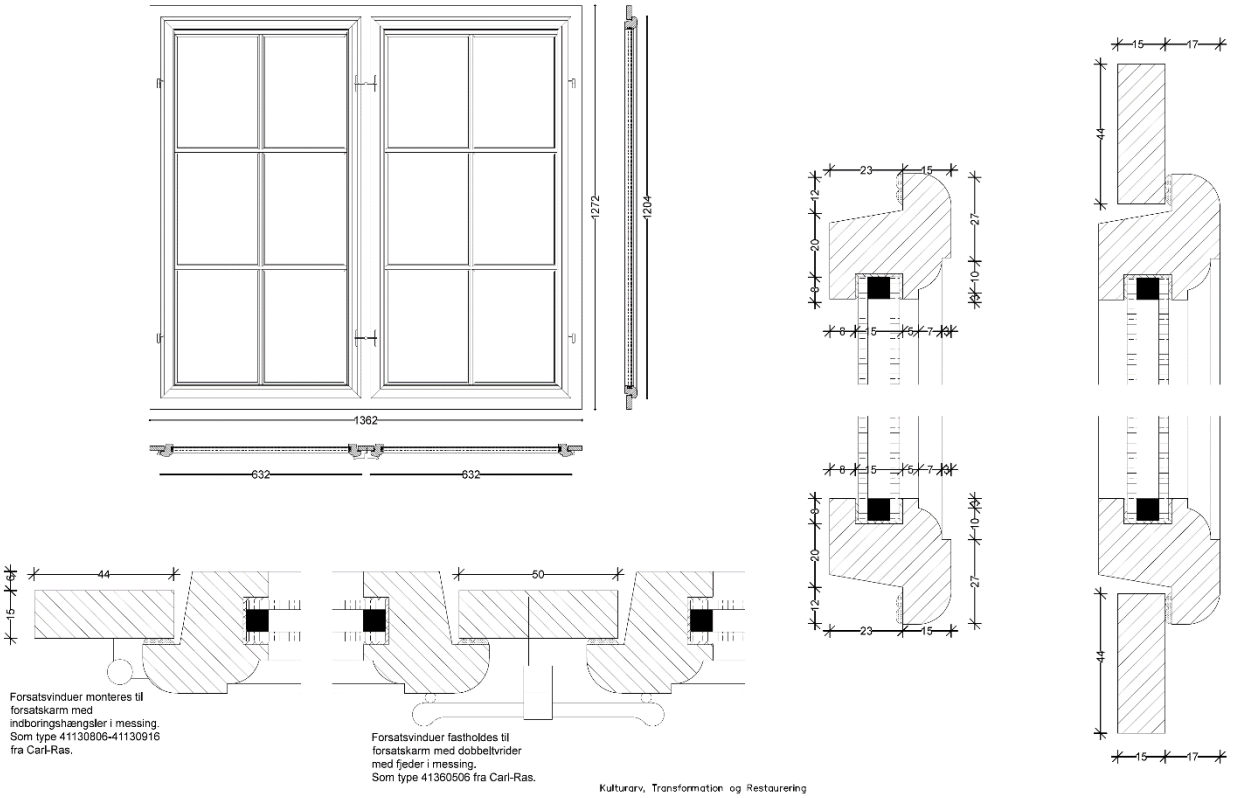
Københavns kommunes kontor for Almene Byggerier har fulgt dette projekt tæt, og vil 'overtage' nogle af vinduestyperne, som standarder for fremtidige vinduesudskiftninger – for nogle byggerier 3. gang, idet de nye trævinduer forventes at kunne holde i 150-200 år. Vi samarbejder også med danske vindues-producenter om konkret at fremstille disse vinduer.

To snedkerlærlinge på Københavns Tekniske Skoles snedker-afdeling, er i gang med at lægge sidste hånd på eet af de vinduer, som de studerende på KTR har tegnet til et almennyttigt boligbyuggeri, hvor de oprindelige vinduer er væk.

Vindue 4
Nyt forsatsvindue *til* Håndværkerhaven

Opført af arkitekt Henning Hansen
i 1937-40
For Håndværkerforeningen i København
Adresse: Håndværkerhaven, Emdrup

Byggeriet har bibeholdt de oprindelige
opsprossede vinduer af træ,
der foreslås forsynet med
ikke-opsprossede forsatsvinduer
med energiruder.
tegnet af arkitektstuderende
Anne-Mette Lund Rasmussen
og Jais Hammer



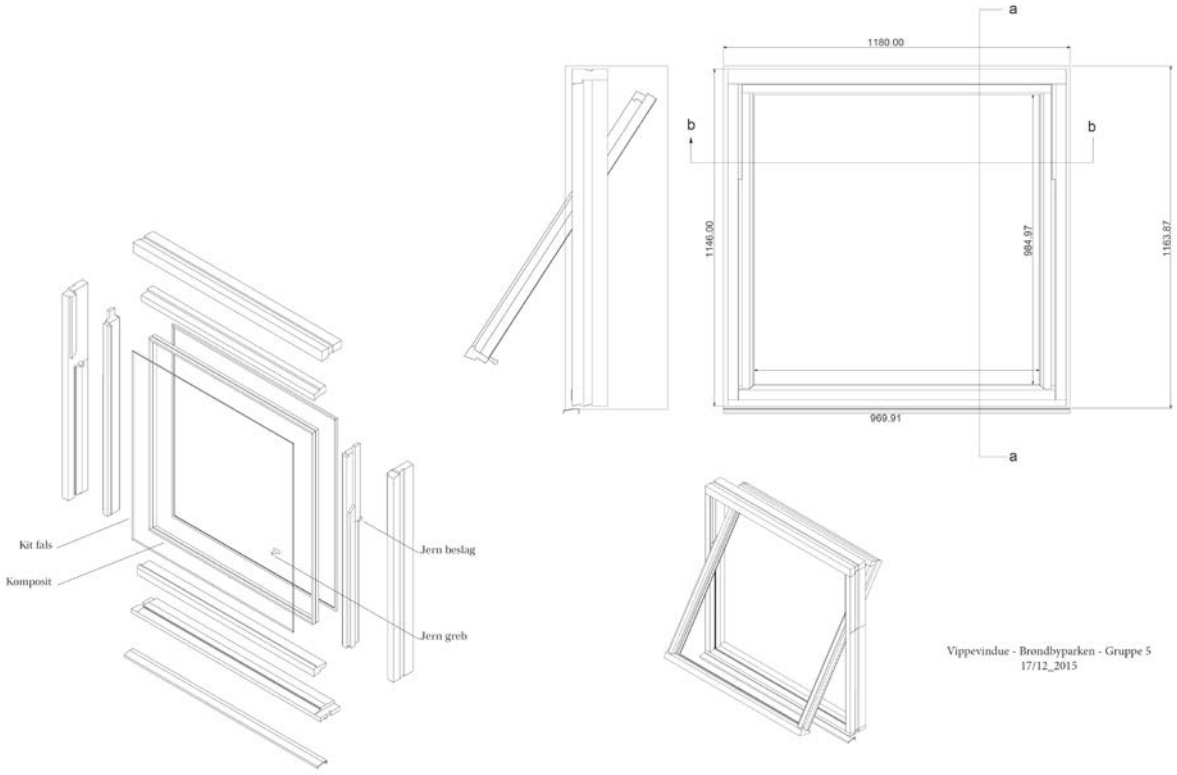
Søren Vadstrup 2018

Vindue 5
Rekonstruktion af de oprindelige vinduer i Brønbyparken
energiforbedret til den nuværende standard

Opført af arkitekt Kay Fisker i 1951-54
Adresse: Gillesager 2-8, 2605 Brøndby
De oprindelige vinduer skiftet ud med plastikvinduer i 1980'erne

Nyt vippevindue med 3-lags energirude.

Tegnet af Sarah Jo Thordal,
Marie Joo Thorup og
Philip Harre Andersen

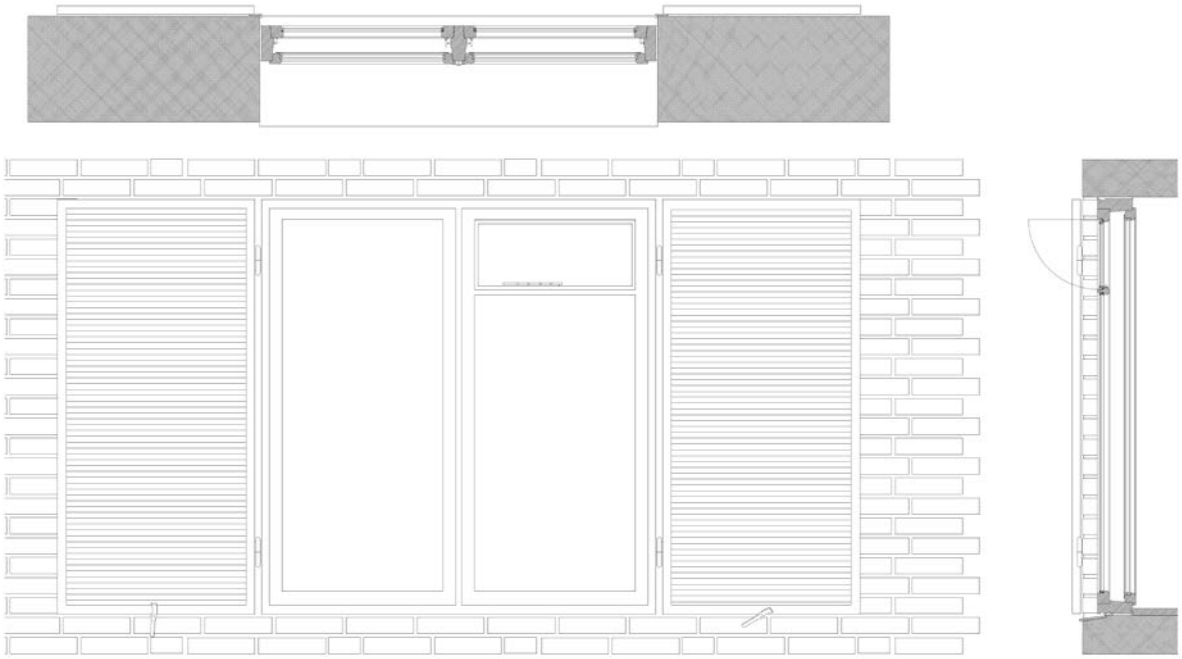


Vindue 6
Nydesignet vindue af træ til Ibstrupparken,
der er tilpasset bygningens bærende bevaringsværdier

Opført af arkitekt Arne Jacobsen i 1941 og 1948
Adresse: Ibstrupvænget 1-11 og 2-18, 2820 Gentofte
Smakkegårdsvej 215-219. Smakkegårdsvej 133-191 og 203-209

De oprindelige vinduer er skiftet ud til plastik i 1980'erne

Det nye vindue er tegnet af arkitektstuderende Love Frisendal, Bendik Holm, Marie Kirstine Pedersen og Sara Lindberg



Vindue til Ibstrupparken
1:10
Lodret og vandret snit
Opstalt yderside

Ja, det piner mig at vise et så grimt billede. Det viser det almennyttige boligbyggeri 'Schweitzervænget', opført af arkitektkontoret Dominia i 1955. Efter vinduesudskiftningen til nye plastikvinduer med termoruder i 2010 får man associationer til en lukket anstalt for sindslidende i det gamle Østtyskland – og ikke en hyggelig og folkelig gulstens arbejder-beboelsesblok i Hvidovre. Man skulle ellers tro, at de 'ulykker', der skete med bygnings-kulturen i 1970-erne, se næste side, ikke kunne blive værre. Men moderne termoruder er dog det værste.

Sammenlign i øvrigt 'Dronningegården' på side 63, hvor de emsige, og ikke nok vidende, drifts- og vedlige-holdelsesfolk i Boligselskaberne, ***ikke*** *har fået lov til at husere på denne måde, fordi bygningerne er fredet.*

5 Kan bygningskulturen bidrage til en bæredygtig udvikling?

Kan bygningskulturen bidrage til en bæredygtig udvikling? Dette kapitel indeholder 7 artikler, der hver i sær leverer bekræftende svar på dette spørgsmål. En samlet konklusion kan læses under punkt 5.5.7 side 112.

Som en tydeligt 'skamplet' fra 1970-ernes energikrise *ser vi endnu i dag disse grimme helrudede vinduer - af salgsgrunde kaldt 'husmodervinduer', da de var meget 'pudsevenlige' - i hundrede tusindvis på gamle bygninger. Her forringer de mange fine gamle bygninger og bygningsmiljøer på stribe – arkitektonisk og æstetisk. 'Heldigvis' er de nye vinduer i katastrofalt dårlig teknisk kvalitet, i trækvaliteten, detaljerne og malerarbejdet samt ikke mindst termoruderne selv, så her 40-50 år efter, står de til snart at blive skiftet ud igen – med store økonomiske og energimæssige omkostninger. Også i dette ellers meget fine og velproportionerede senklassicistiske hus i Gudhjem – med bølgefrise og havblå farve...*

5.1 Man skal aldrig lade en god krise gå til spilde...

Energikriserne i Danmark i 1770-erne og 1970-erne

Visdomsordene i første linje tilskrives den engelske politiker Winston Churchill (1874 – 1965) og både i verdenshistorien og i dansk historie kan man finde talrige eksempler på, at kriser kan være temmelig nyttige for en ny og sund udvikling og positive forbedringer.

I Danmark har vi haft to meget 'alvorlige' energikriser: Fra 1750-erne og 50 år frem, og fra 1970-erne og frem, idet den sidste faktisk ikke er endeligt slut endnu. Den førstnævnte energikrise fik meget stor betydning for en sund og god udvikling af landet under krisen og i årene efter, mens den sidstnævnte på mange måder må siges at have haft den modsatte effekt, og derfor reelt er blevet 'forspildt' på grund af forkerte og ukvalificerede beslutninger.

Jeg tænker her specielt på vores bygningskultur, idet indretningen og opvarmningen af bygninger, både i 1700-tallet og i dag, udgør en meget stor post på landets og beboernes energiregnskab. I dag er den ca. 1/3 af landets samlede energiforbrug. I 1700-tallet udgjorde brændeforbruget til boligopvarmning næsten ¾ af Danmarks (minus Norges) træforbrug, hvilket gik hårdt ud over skovene, der også havde den vigtige funktion at levere hustømmer og skibstømmer, bl.a. til landets flåde, og dermed vitale forsvar.

(Denne artikel er bragt i en engelsk oversættelse i publikationen ROBUST – Reflections on Resilient Architecture, udgivet af KADK i nov. 2017. **NOTER** til artiklen findes på side 115).

5.1.1 Oliekrisen i 1970-erne

Den 6. oktober 1973 udbrød der krig i Mellemøsten mellem Israel på den ene side og Egypten og Syrien på den anden. Allerede i 1960 havde de 12 vigtigste olieproducerende lande i Mellemøsten dannet en organisation OPEC, og de forspildte derfor ikke en god krise - til at opnå kolossale økonomiske og politiske fordele fra denne lokale krig. OPEC vedtog allerede den 17. oktober 1973 at nedskære deres olieproduktion og samtidigt sætte priserne op. Fra oktober til december 1973 steg prisen på en tønde råolie fra 3 til 11,65 dollars. Størstedelen af denne gevinst gik til de olieeksporterende lande. Således steg Saudi-Arabiens årlige olieindtægter fra 2,7 milliarder dollars i 1972 til 22,6 milliarder i 1974[i].

Både af forsyningsmæssige grunde og ikke mindst af økonomiske grunde måtte den danske regering derfor handle hurtigt. Kendt er de bilfrie søndage og gadebelysningen samt forretninger og virksomheder, der slukkede lyset om natten. Husejerne kunne også få tilskud til at udskifte deres gamle vinduer med nye termovinduer, til at putte mere isolering (mineraluld) i taget og på loftet, til at hulmursisolere murede huse og til at efterisolere murede-, bindingsværks- eller træbygninger indvendigt med mineraluld, så boligopvarmningen kostede mindre olie, der var så dyr at importere.

Man skulle også reducere forbruget af varmt vand ved at undgå karbad og i stedet på ægte 70'ervis gå i brusebad flere samtidigt (shower with a friend). Der blev langsomt sat gang i mindre benzinforbrugende biler, udbygningen af den kollektive trafik, alternative energikilder som vind, halm og vandkraft, samt udvindingen af olie fra den danske del af Nordsøen.

Men bort set fra vindmøllerne og mindre benzinforbrugende biler, i dag endda med elektricitet, gik stort set alle disse tiltag i sin 'mor' igen efter kort tid. Billismen steg igen, den kollektive trafik faldt, gadelamperne lyste igen om natten, vi bruser igen alene og elforbruget stiger igen.

Værst gik det dog ud over dansk bygningskultur. Her blev de efterisolerings-tiltag, som oliekrisen affødte til en regulær katastrofe, historisk, teknisk og arkitektonisk. Til trods for at Fredningsstyrelsen, under Miljøministeriet, allerede i 1977 skrev og udgav en glimrende lille publikation om 'Vinduer. Tradition, vedligeholdelse og forbedring'[ii], var der stort set ingen husejere, håndværkere eller arkitekter, der blot overvejede at bevare og energiforbedre de gamle, eksisterende vinduer for Statens tilskudsmidler. Og dette også til trods for at de nye vinduer, vinduesbranchen producerede, slet ikke var tilpasset ældre bygningers arkitektur eller stil. 'Bevaringsinteresserne' blev overhovedet ikke tilgodeset på nogen måde. Se forrige side.

Havde man i stedet istandsat og energiforbedret de eksisterende, oprindelige vinduer – bare med indvendige forsatsvinduer med almindeligt glas, havde man opnået en bedre energimæssig løsning, en større varmebesparelse, længere restlevetid, en mindre vedligeholdelse – samt en pænere arkitektonisk og æstetisk tilpasning - end den valgte udskiftning med nye, helrudede vinduer i dårligt træ og med grimme og dårlige termoruder.

Meget bedre gik det ikke med efterisoleringen af tage og lofterne med mineraluld. Ved den mindste utæthed eller fugtpåvirkning bliver mineralulden våd eller fugtig, hvorved det træ, den berører, også opfugtes og rådner. Det samme sker ved indvendig isolering af bindingsværk, kældre m.v. Det har kostet milliarder af kroner at udbedre disse råd og svampeskader efterfølgende.

Den ene halvdel af huset har for at spare på varmen brugt penge i 1970-erne på at skifte de gamle vinduer ud til nye 'pudsevenlige' 'husmodervinduer'. Forsynet med langt billigere og pænere indvendige forsatsvinduer, vil lejlighederne til højre få en langt mindre varmeregning end dem til venstre, da de isolerer bedre.

5.1.2 Energikrisen og landboreformerne i 1700-tallet

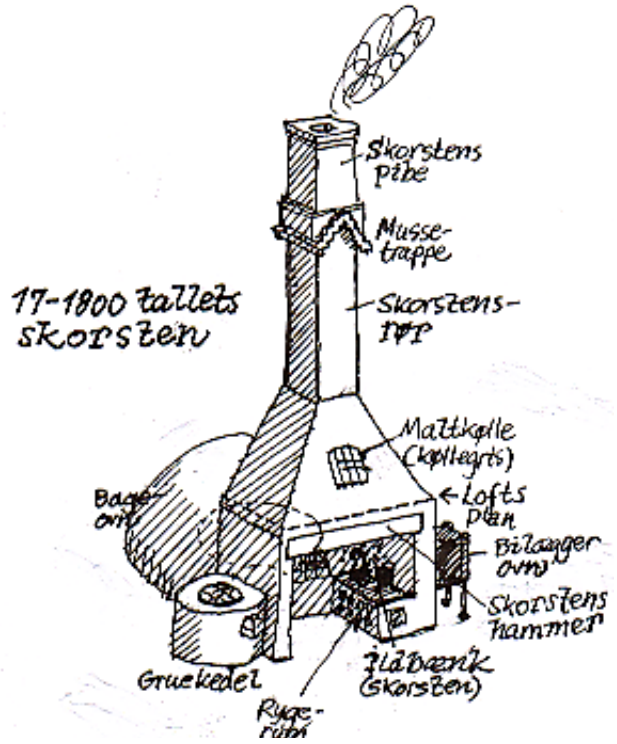
Går vi længere tilbage i tiden havde Danmark siden midten af 1700-tallet befundet sig i en latent varmeenergimæssig og fødevare-produktionsmæssig krise. Da alt varmeenergien kom fra skovene, gennem brænde, var disse gradvist blevet hugget ned uden en egentlig genplantning. De danske skove kunne på dette tidspunkt knapt nok levere brændsel nok til hovedstaden og dens skovløse opland. Samtidig stagnerede fødevareproduktionen, på grund af ineffektive driftsformer i landbruget, bl.a. som følge af fæstebondesystemet med hoveriet og stavnsbindingen til godserne.

Det var tydeligt for mange i datiden, at der måtte gøres noget. Man igangsatte derfor en række meget omfattende initiativer, der både i omfang og radikalitet langt overgår de mange love og reformer, vi iværksætter i vore dage, i forhold til næsten de samme problemer: Fødevareproduktion og energiforhold. Problemerne, undersøgelserne og løsningerne blev diskuteret og fremlagt i 'Landhusholdningsselskabet', der lyder lidt som en 'husmoderforening', men det var en samling af tidens og landes mest veluddannede og fremsynede mennesker. Man gik bl.a. ud og målte husenes brændeforbrug, i forskellige hustyper, forskellige steder i landet.

Det var interessant nok ca. 100 år før begrebet 'økologi' blev introduceret af den tyske biolog Ernst Haeckel ud fra det græske ord 'oikos' (som betyder husholdning) og 'logos' (der betyder 'kundskab om') – og defineret som den gensidige påvirkning mellem levende væsner og miljøet.

Landboreformernes vældige omfordeling og omlægning af agerjorden og produktionsformerne i anden halvdel af 1700-tallet er velkendt, selv om vi skal godt op i 1800-tallet før reformerne slog igennem overalt i landet. Man ophævede stavnsbåndet, så 'bonden atter blev fri', som det hed. Man gennemførte den såkaldte 'udskiftning', hvor landsbyens agerjord blev delt ind på en ny måde, så hver gård fik et sammenhængende stykke jord. Man muliggjorde at bønderne selv kunne købe deres gårde til 'selveje' og endelig gjorde man meget for at forbedre gårdenes og landhusenes byggemåde og indretning, bl.a. så de brugte mindre brændsel til opvarmningen om vinteren. Det sidste var ikke det mindst vigtige.

Landboreformerne og den udvidede fødevareproduktion blev hjulpet på vej gennem introduktionen af en række nye afgrøder fra 1780-erne, bl.a. kartofler, kløver og rasp, de sidste til kvægfoder, samt nye produktionsredskaber som bl.a. svingploven. Indførelsen af undervisningspligten for børnene i 1814 og udbygningen af landsbyerne med skolebygninger var også et vigtigt tiltag i denne proces.



Skorsten i et landhus fra slutningen af 1700-tallet med "påkoblet" bilægger, bageovn og grukedel. Andre steder kunne der yderligere være tilkoblet en maltkølle til tørring og rygningen af malt til ølbrygning, enten stående på gulvet eller på loftet. Kalvehavehuset på Frilandsmuseet.

Knapt så kendte er, som nævnt, de omfattende energimæssige reformer, som de fremsynede folk i 'landhusholdningsselskabet' fik gennemført stort set samtidigt –plus at disse og landboreformerne supplerede hinanden og gav en markant synergieffekt. Heri kom glasvinduerne faktisk til at spille en meget væsentlig rolle[iii]:

1 Man iværksatte en gennemgribende regulering, genplantning og driftsmæssig forbedring af de danske skove, anført af de to brødre von Langen fra Tyskland. Dermed var brændselssituationen forbedret, ja ligefrem løst, via organisering af skovene efter tysk forbillede med effektiv drift og genplantning. En meget langsigtet strategi, som vi nyder godt af den dag i dag.

2 Man forbedrede infrastrukturen for brændetransporten fra de endnu leveringsdygtige nordsjællandske og midtsjællandske skove gennem anlæggelsen af Esrumkanalen og Suså-kanalen.

3 Man intensiverede jagten på alternative energikilder: Brunkul, tørv, stenkul (Bornholm) og vandkraft. Det sidste skete i bl.a. Frederiksværk, ved Mølleåen og i Næstved m.fl.

4 Man henlagde konsekvent den mest energikrævende industriproduktion til Norge: Glas, støbejern og porcelæn m.m.

5 Man indførte en række energibesparende foranstaltninger i boligen. Dette sidste var langt det mest effektfulde og hurtigtvirkende af de 5 tiltag, idet hovedparten af energiforbruget som nævnt lå her

Igen supplerede de forskellige initiativer hinanden på en ret bemærkelsesværdig måde. Landboreformernes store udflytning af landsbyernes gårde i 1780-erne og årene frem, var nemlig en afgørende forudsætning for de temmelig gennemgribende ændringer i byggeskikken og boligmønstret, der var nødvendige for at opnå et markant lavere energiforbrug i landbebyggelserne. Disse var, modsat de fleste byhuse, i begyndelsen af 1700-tallet i mange tilfælde kun opdelt i tre rum, et stort midterrum kaldt salen eller hallen, med mindre rum i begge ender af huset, henholdsvis køkken/bryggers i den ene ende og overstue/herberg i den anden. Salen eller hallen var ofte forsynet med et åbent, centralt ildsted og et lyrehul i taget - så 90% eller mere af varmen fra ilden blev slet ikke udnyttet i huset. Eventuelle vinduer var få og meget små og ofte forsynet med 'ruder' af svineblærer[iv].

1 Den væsentligste nye ændring var afskaffelsen af lyrehullet og indførelsen af en centralt placeret skorsten, opført i "brændte" sten for enden af salen, nu kaldt 'dagligstuen', idet det var her man opholdt sig, arbejde, spiste og sov - til daglig.

2 Til skorstenen blev der tilkoblet en uhyre avanceret varmeenergimæssig indretning, med 4-5 forskellige funktioner i een og samme konstruktion: Selve køkkenildstedet, en bilæggerovn af støbejern til opvarmning af den nærliggende stue, på den modsatte side en grukeddel af kobber til vask, brygning m.m., plus en bageovn samt på loftet en såkaldt "maltkølle" til tørring og røgning af malt til ølbrygning[v].(se forrige side)

3 Boligen blev opdelt i flere mindre rum, bl.a. en mindre stue og små sovekamre.

4 Der blev lagt et vandret loft ind over beboelsesrummene, der dels holdt på varmen i disse, dels kunne bruges til at tørre afgrøderne på, hvorved de samtidigt isolerede en smule.

5 Alle disse teknologiske ændringer af byggeskikken forudsatte indførelsen af glasvinduer i flere fag, så rummene blev forsynet med dagslys, udsigt og udluftningsmuligheder.

Glasruder, brændte sten, støbejernsovne, gruekedler af kobber var kostbare materialer, så ændringerne skete visse steder meget langsomt, selv om Staten ydede økonomisk støtte til udflytningen[vi].

I 1789-90 gennemførte Rentekammeret, der var det statslige kontor, der udbetalte bygningshjælpen, derfor en landsdækkende undersøgelse af byggeskikken i alle egne af Danmark, for bl.a. at få at vide, hvordan disse tiltag og tilskud havde virket. Dette skete ved at tilsende samtlige amtmænd et spørgeskema og derudover bede om en lang række yderligere oplysninger, bl.a. økonomiske overslag, tegninger m.v. over typiske udflyttergårde.

Selv om *glas og vinduer* ikke nævnes specifikt i spørgeskemaet, bl.a. fordi dette mest retter sig mod konstruktioner, materialeforbrug, brandforhold, byggeafstande, overflademateriale osv., er vinduesrammer og -karme, glas, blysprosser, snedkerarbejde og glarmesterarbejde med i hovedparten af de økonomiske opstillinger. I eet tilfælde, hvor vinduerne ikke er medtaget i opstillingen, begrundes det med, at de er flyttet med fra den gamle gård, og derfor ikke belaster omkostningerne.

Derfor kan vi se, at der var glasruder med blysprosser i de udflyttede gårde på Sjælland, Fyn og i Jylland omkring de store byer. Men her er der formentlig også tale om avantgarden. Fra andre kilder[vii] ved vi, at ruder af svineblærer, horn eller fosterhinder fra køer langt fra var ualmindelige i landbebyggelserne.

Måske er det netop dette 'besparelses-vindue', der betjener to rum samtidigt, og som den dag i dag sidder i en gård i landsbyen Viby, nær Nyborg, der er beskrevet i indberetningen fra 1789 for Nyborg Amt. Se herunder.

På en gård i Nyborg Amt (billedet) nævnes det f.eks. i indberetningen fra Amtmændene i 1790, at man for at spare penge, havde fundet på at sætte "*eet Vindue imellem Stuen og Tærskeloen, som ved sit Lys giver fornøden og behøvende Lyssning for saavel dem som spinder i Stuen, som dem der tærsker i Loen*"[viii].

Det menes af indførelsen af skorstenen, bilæggerovnen, glasvinduer, rumopdeling samt det vandrette loft i landets bøndergårde betød en reducering af varmeenergiforbruget på mindst 75%, så det var noget der battede. På dette tidspunkt boede firefemtedele, cirka 750.000 mennesker, af Danmarks befolkning, udenfor købstæderne.

5.1.3 Spærfagshuset

Omkring 1800 indførte man endvidere en ny, mere højloftet og mere konstruktiv stabil konstruktion i de flyttede huse, nemlig spærfagskonstruktionen i stedet for den tidligere styrtrumskonstruktion. Derved kan man også opnå højere og større vinduer, og dermed mere dagslys i rummene.

Når man flyttede bygningerne gjorde man imidlertid i mange tilfælde det, at man genanvendte de gamle bindbjælker fra styrtrumskonstruktionen. De gennemstukne tappe blev savet af og taphullerne lukket med en træklods. Ved at stille de nyopsatte ydervægge en smule skråt, så de blev 2 cm smallere for oven i begge sider, kunne de gamle bjælker lige med nød og næppe ligge oven på remmene, med et overlæg på ca. 2 cm – og her sikres med et vredet smedejernsbeslag. Spærene hvilede som før på selve remmen og blev holdt på plads af et lille hak i den nedre ende. Dette var på en måde ren 'snyd' for konstruktionen var nærmest mere ustabil end før, men nu blot mere højloftet.

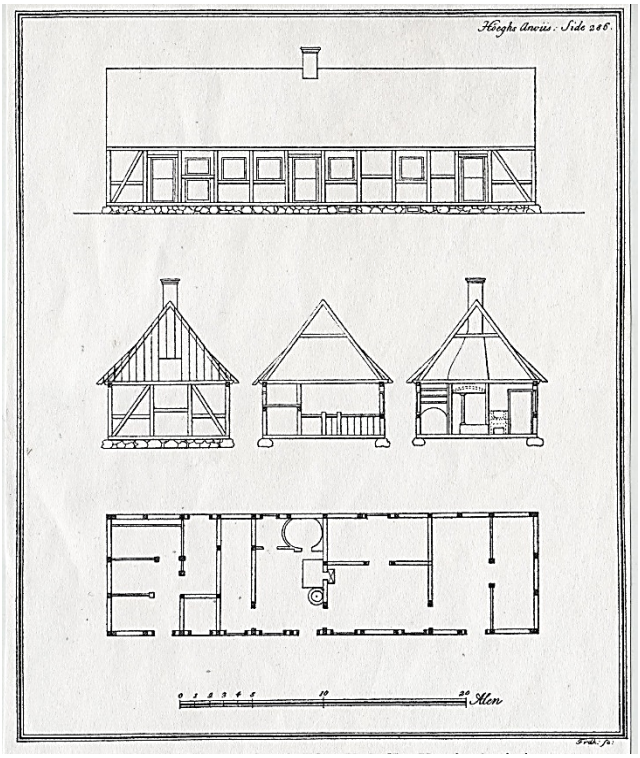
Pastor H. J. Chr. Høegs forslag fra 1792 til en ny type bindingsværkshuse i spærfagskonstruktion, der blev offentliggjort i bogen 'Vejledning til en bonde, der har fået sine marker flyttet fra Fællesskabet'.

Den korrekte måde at udføre de nye spærfagskonstruktioner på var, at benytte helt nye og længere bjælker, der blev kæmmet (lagt ned i et hak) oven på remmen, med et lille udhæng til et skråtstillet såkaldt sugfjæl ved tagfoden. Spærene tappes herefter ned i bjælkernes overside, som såkaldte spærfag. Bjælke, spær og hanebånd udføres færdigtsamlede og sammentappede inden opsætningen[ix].

De nye forbedrede bygninger betød imidlertid også en kraftig opblomstring af bondekulturen, ikke blot bygningsmæssigt, men også boligmæssigt og åndeligt[x]. Læsning af bøger var nu muligt, takket være glasruderne, hygiejnen forbedredes da røg og sod forsvandt fra rummene. Som tegn på de nye og mere civiliserede tilstande, "udstillede" man husets fineste porcelænstallerkener i selve stuen uden risiko for sodsværtning. Den berømte "Amagerhylde" så dermed dagens lys.

Vi kan således konstatere, at Landboreformernes store udflytning af bøndergårdene i sidste halvdel af 1700-årene og første halvdel af 1800-årene, i lige så høj grad som de driftsmæssige fordele, fik store energimæssige fordele for Danmark, takket være bl.a. indførelsen af lofter i rummene, bilæggerovn af støbejern, senere vindovne/kakkelovne, i stuen og glasvinduer i landhusenes sydsider.

Vi ved fra kilderne, at alle 10 energitiltag var koordinerede, og også samtænkte med landboreformerne, og de blev fulgt op af evalueringer og løbende forbedringer og forsøg. Eet af disse var lerjordshuse.



5.1.4 Lerjordshuse

Hvis man helt kunne undgå træ i bøndernes stuehuse m.v., f.eks. ved at bygge disse med tykke vægge af stampet lerjord, var husene mindre tømmerkrævende, billigere i materialer, billigere at varme op og ikke mindst mere brandsikre end de gængse lerklinede bindingsværkshuse. De var faktisk også sundere i forhold til fugt og træk.

Der blev på initiativ fra kongen og lokale godsejere, plus bønderne selv, opført cirka 750 lerjordshuse i Nordsjælland og på Vestegnen, vest for København i årene 1796 – 1860[xi]. De fleste er bygget i den tyske teknik, kaldt 'wellerwände' – d.v.s. med 'bølgede vægge', idet lerjorden bliver skovlet op på stedet og hakket af med spader, uden træforskalling, som ved den franske 'pisé-teknik, der aldrig vandt indpas i Danmark. På Lolland-Falster byggede man ligeledes en række tilsvarende lerjordshuse, men i mindre omfang. Kun et fåtal af disse lerjordshuse findes endnu, til minde om 1700- og 1800- tallets energibesparelses-bestræbelser.

Lerjordshusene havde som nævnt den store fordel, at der kunne spares bygningstømmer i form af bindingsværk. Men loftbjælker og spær m.v. slap man dog ikke for - selv om Frederik de Conninck på Dronninggård ved Holte i 1810 forsøgte at bygge lerhuse med lerhvælv som lofter, for helt at undgå træ. Det ville ellers have givet et friskt pust af Arabien til dansk bygningskultur.

5.2 Ældre bygningers klimatilpasning

Denne detalje, kaldt et 'stolpeskel', og som repræsenterer en 'dobbeltsikring af husets konstruktioner på udsatte steder', er ikke med på min tegning og oversigt over den traditionelle danske byggeskik på side 52 – 53, da den fortrinsvis forekommer på renæssancens (1550 – 1650) bindingsværksbygninger. Men nu vi taler om ældre bygningers tilpasning til et mere ekstremt og regnfuldt vejr i fremtiden, hvor regnvandet jo stadigvæk løber nedad og også af og til vandret, så er dette problem løst til perfektion for over 400 år siden – hvorfor det holder endnu. Brostræde i Helsingør.

Søren Vadstrup 2018

5.2.1 Ældre bygninger er godt rustet til fremtidens ekstreme vejr

Regnen vælter ned, men den lille pigstenskant langs huset, i tagskæggets bredde 'spreder' opsprøjtet og sørger dernæst også for, at der ikke ligger vandpytter. Fra en vandpyt er opsprøjtet langt voldsommere. Det er det der sker, hvis man lægger fliser, asfalt eller grus her – eller støber pigstenene ned i beton.

I de kommende mange år forventes de igangværende klimaforandringer at medføre mere såkaldt *ekstremt vejr* på vore breddegrader – og på hele jordkloden.

Derfor skal de bygninger, som vi bygger i dag, men også alle de eksisterende bygninger, bl.a. kunne klare meget mere regn, fugt, vind (storme og orkaner) og kraftigere begroning af alger, mos og lav, end tilfældet er i dag.

Et forskningsprojekt på Kunstakademiets Arkitektskole ved undertegnede har undersøgt, om og eventuelt hvordan vores ældre bygninger er tilpasset, eller kan blive tilpasset, disse mere og mere ekstreme klimatiske forhold i fremtiden. Et særligt aspekt af dette problem er også selve *afledningen af vandet*, dels fra bygningerne selv, men også fra det terræn, der omgiver bygningerne.

Resultaterne af projektet viser, som det fremgår af det følgende, at de fleste af de bygninger, der er opført her i landet før 1960, er ret godt rustede til at modstå fremtidens ekstreme vejr. Ydermere er de ældste byer og landsbyer i Danmark fra starten anlagt til at kunne håndtere store regnmængder og også kraftige storme på en helt naturlig måde, bl.a. ved at udnytte det eksisterende terræn, herunder kysterne, og ved at placere bygningerne fornuftigt i dette.

Fremtidens forventede *vandstandsstigninger* i Danmark kan bygningskulturen naturligvis intet gøre fra eller til – bort set fra at man før i tiden foretrak at lægge bygninger og bebyggelser *højt* i terrænet, og kun meget sjældent i lavt beliggende områder, lige ud til en kyst. Den mani kan vi takke de mange kystnære *sommerhusudstykninger*, der opstod i slutningen af 1800-tallet, men som for alvor slog igennem i mellemkrigstiden og videre frem i tiden.

De ældste danske havnebyer (købstæder) fra vikingetiden og middelalderen, Roskilde, Kalundborg, Odense, Svendborg, Aarhus, Aalborg, Slesvig og Helsingborg med flere har alle nærtliggende højdedrag og bakker, hvor man dels kunne søge tilflugt i en borg af sten, for fjendtlige angreb, men også hurtigt bringe sig hen ved kraftige vinde og oversvømmelser. Der hvor terrænet var helt fladt, Ribe og Sønderho, var der til gengæld mulighed for at bygge diger af jord.

Når een af vores mest ikoniske, modernistiske bygninger fra det 20. århundrede, Vikingeskibshallen i Roskilde, ligger helt nede ved vandoverfladen i bunden af Roskilde fjord, og derfor jævnligt udsættes for oversvømmelser når en kraftig nordvenstenvind presser vandet i fjorden ned i bunden, så skal dette problem vel ikke 'løses' helt nede i *bunden* af fjorden? Evt. ved at rive denne bygning ned?.

Hvordan ser fremtidens klima ud

- Vi får mere regn. Specielt om vinteren
- Vi får mere tørke. Specielt om sommeren.
- Vinteren bliver derfor mildere og fugtigere i fremtiden, og med mere skydække for himlen.
- Sommeren bliver varmere, tørrere og med flere kraftige storme.
- Planternes vækstsæson bliver derfor forlænget – hvilket også gælder udvendige begroninger af grønalger.
- Og så stiger vandstanden generelt i Danmark.
- Vi får til gengæld mindre frost og sne – og dermed langt færre skadelige frysepunktspassager i bygningernes murværk.

For vores bygningskultur giver dette følgende ekstreme påvirkninger og farer:

- En kraftig slagregn, der ofte nærmest pisker regnvandet *vandret*, frem for lodret, og derfor rammer ydervæggene inde under kraftige udhæng.
- En mere massiv opfugtning af alle bygningernes overflader, tage, facader, vinduer og døre m.v.
- Det gælder mursten, puds, træ, maling og overfladebehadling m.fl.
- Og dermed også større farer for fugtindtrængen i vitale konstruktioner, gennem utætte materialesammenstød, revner og sætninger, så indvendige vægkonstruktioner vil rådne eller fugtes op.
- Ved frostvejr, der naturligvis forekommer, men bare i mindre omfang, vil denne fugt blive til is, der vil ekspanderer, og forværre problemerne.
- Endelig er der selve afvandingen af de øgede regnmængder, fra bygningerne, fra terrænet og fra offentlige arealer, så overfyldte kloakker og oversvømmelser kan undgås.

Ældre bygninger er godt rustet til fremtidens ekstreme vejr

Pigstensbelægninger og –kanter

Men som nævnt ovenfor er vores ældre bygningskultur ret godt rustet mod disse forhold. For at starte med det sidste, så viser vores analyser, at de danske landsbyer før i tiden havde meget stærke og stabile belægninger som for eksempel pigsten på gårdspladser og rundt om stråtækte huse uden tagrender. Og netop pigstensbelægninger er gode til at optage vand, hvorimod flisebelægninger eller asfaltbelægninger og jord *forværrer* de problemer med vandafledning, som store mængder regnvand ofte medfører.

En pigstenskant langs huset mindsker også opsprøjtet af regnvand fra jorden, da de runde sten dels spreder dråberne og dels forhindrer, at der lægger sig blankt vand. Igen lige modsat de belægninger, mange bruger i dag, betonfliser, asfalt eller – sågar pigstenene lagt i beton. Her sprøjter vandet ekstra op på huset.

Hvis pigstenene er lagt rigtigt, siver vandet ned, som det skal. Når det er frostvejr, kan vandet dog godt lægge sig som småsøer oven på stenene, men som udgangspunkt forsvinder vandet omgående, uanset, hvilket mønster, de er lagt i. Pigsten var datidens regndræn, og metoden fungerer stadig den dag i dag.

Naturlige afvandingssystemer kan genetableres

Middelalderens landsbyer blev bygget på skånende terræn, og var på den måde beregnet til at kunne aftage og aflede store vandmængder på en naturlig måde. Gadekæret, der var det første anlægsarbejde i en nyanlagt landsby, fordi man skulle bruge en masse ler til de lerklinede vægge, blev hurtigt fyldt med regnvand. Men landsbyerne blev samtidigt bevidst anlagt terrænmæssigt ovenfor og nær ved engdrag, søer, moser og åer, som regnvandet fra landsbyerne kunne ledes ned i.

I dag er disse gamle vådområder naturligvis blevet fyldt op, drænet eller inddraget til landbrugsjord. Men på gamle topografiske kort fra 1700-tallet, f.eks. *udskiftningskortene*, kan man se engene og de gamle, naturlige afvandingssystemer, og dermed også, hvor man i dag kunne grave ud for at genetablere disse naturlige afvandinger.

Håndtering af regnvand i byerne

De fleste historiske købstæder, som blev anlagt i middelalderen, ligger ved vandet, og har en havn. Så før i tiden løb overfladevandet fra byer enkelt og simpelt ned i havnebassinet, der i sagens natur altid lå lavest. I dag kræver denne strategi naturligvis at overfladevandet bliver renset , før det når havnen.

Husenes tage

Jo længere vi går tilbage i tiden i dansk bygningskultur – jo stejlere er tagene, Nærmest som om afvanding af store regnmængder fra bygningerne i virkeligheden ikke er noget nyt fænomen. De historiske tage, vi kan studere i dag er tegltage (fra slutningen af 1100-tallet), blytage (samtidigt), de langt ældre spåntage og stråtage, kobbertage fra 1500-tallet og zink- og skifertage fra midten af 1800-tallet.

Jeg skal her nøjes med at skrive lidt om tegltagene og stråtagene. For som nævnt har vi nogle meget stejle tegltage på specielt de gotiske kirker, I teglstenenes europæiske hjemlande, Italien og Grækenland, havde husene taghældninger på ca. 27 grader, så de såkaldte 'munke-nonne-tagsten' kunne bare lægges op på taget og blive liggende her på grund af tyngdekraften, evt støttet af strategisk anbragte, større sten. I de nordiske lande er en så lav taghældning ikke hensigtsmæssig på grund af snelasten om vinduerne og afvandingen af de større regnmængder her, end syd på.

I første omgang 'efterlignede' man de spåntage, som man kendte fra den langt ældre træarkitektur i Danmark og Norden, Blot udførte man 'spånene' af tegl. De såkaldte 'bæverhaler'. Men måske af tekniske grunde, fordi vandet løber bedre ned fra taget i 'render', vandt de sydeuropæiske 'munke-nonne' tagsten indpas på bl.a. de gotiske kirkers tage. Men da disse var meget stejle, måtte man nærmest 'designe' tagstenene forfra, med 'nakker' til fastgørelse til lægterne, udvendige 'tappe' til at forhindre de øverste tagsten (munkene?) i at glide ned.

Men i 1500-tallet fik vi fra Holland, der også har meget regn og derfor stejle tage, den 'hollandske vingetagsten', en 'sammenbygget munke-nonne', der løser begge problemer, en god fastgørelse til lægterne på de stejle tage og 'styring' af vandet i render, ned fra taget.

Med stråtagene er det anderledes. De stammer formentlig også tilbage til jernalderen eller før, men disse har to problemer, der løses via en meget præcis taghældning (fodvinkel) på stråtagene på 57 grader. Denne er verificeret gennem opmålinger af en masse eksisterende stråtage. Hvis stråtaget gøres stejlere, f.eks. 60-70 grader som på de gotiske tegl- eller kobbertage, bliver vindpresset på stråtaget for stort, og det kan blæse af eller spærene knækker. Hvis taghældningen bliver lavere ligger vandet i længere tid, før det løber af, og stråene tørrer derved langsommere ud, hvorved taget rådner hurtigere.

Ved sammenskæringer af tagflader, ved en vinkelfløj på huset, er dette problem særlig kritisk idet hældningen i selve den indvendige grat *ikke* må være under 45 grader, da stråene ellers vil rådne meget hurtigt på dette kritiske sted. Så de 57 grader er en hårfin balance mellem vindpres og vandafledning, specielt i de indvendige grater ved tagsammenskæringer. Nu ligger langt de fleste stråtækte bindingsværkshuse konsekvent øst-vest for at afbøde kraftige vinde ved gavlene, der ofte er valmede, men det kan jo godt blæse kraftigt fra både nord og syd.

Et af de meget stejle 'Renæssancetage i Danmark. Her Frederiksborg slot. Man kan ligefrem se, hvordan opskalkningen ved tagfoden får vandstrømmen ned ad taget, til at bremse op.

Både stråtækte huse og murede huse med tegltag, bygget før 1960, indeholder en række virkelig godt gennemtænkte detaljer, der bl.a. er afspejlet i hele 'konceptet' for 'Bedre Byggeskik' (1915 – ca. 1940):

- Konsekvent og yderst gennemtænkt byggeteknik, hvor ingen detaljer er overladt til tilfældighederne
- Stort fokus på vandafledningen på selve huset: saddeltag med opskalkning, jf. kobbertaget herover, udhæng med gesims, tagrender og nedløb.
- Gedigne vinduer af træ i spejlskåret kernetræ og med kitfals, hvor vand ikke kan lægge sig.
- Blank murværk eller puds – uden unødig, og vedligeholdelses-krævende, pynt
- 30 cm høj betonsokkel

(se uddybende tegninger og tekster side 92-93)

Facader, vinduer, døre og porte

Jeg har på side 48 og 49 i denne bog tegnet og beskrevet, hvad der karakteriserer den traditionelle danske byggeskiks særlige tekniske og holdbarhedsmæssige kvaliteter:

A: Vandafvisende konstruktioner.
B: Kvalitetsforbedring gennem håndværket.
C: 3-dobbelt sikring ved udsatte steder
D: Offerlag og offer-elementer
E: Vedligeholdelses-signaler.

Alle fem er som 'skræddersyet' til at modvirke problemerne og virkningerne på ældre bygninger fra det kommende ekstreme vejr: regn, fugt, storme og begroning.

Hertil kommer husenes vedligeholdelse, med korrekte materialer, og dermed deres *vedvarende holdbarhed*. Bl.a. gennem den på side 49 gennemgåede strategi ved valg af materialer og metoder til vedligeholdelse og istandsættelse:

1: Følg den oprindelige udformning.
2: Begrænsede, nænsomme og graduerede indgreb.
3: Tætte materiale-sammenstød.
4: Svagere på svag og
5: System og struktur i arbejdet

I bogen *Vedligeholdelses-Manual – for bygninger, opført før 1960-70*. (2018) kommer jeg nærmere ind på disse materialer og metoder.

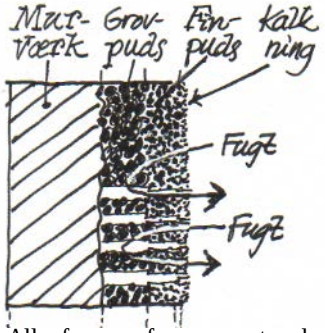
Her skal jeg blot nævnes 5 afgørende områder, hvor ældre huse, opført før 1960, adskiller sig klart fra nyere byggeri i dag – og som nævnt også 60-80% af den forkerte vedligeholdelse og istandsættelse, som mange husejere, arkitekter og håndværkere står for i dag på ældre bygninger.

1: Luftkalkmørtel og 'diodepuds'

Luftkalkmørtel er en kalkmørtel, bestående af *læsket kalk* plus sand/grus, *uden* tilsætning af cement eller hydraulisk kalk. Luftkalk hærder ved hjælp af luftens kuldioxid. Derfor navnet 'luftkalk' – i modsætning til KC- og hydraulisk kalkmørtel, der hærder ved hjælp af *vand*, hvilket giver nogle helt andre egenskaber.

Princippet i 'diodepuds' går ud på at man udnytter at luftkalkmørtel, når det hærder/carbonatiserer, både som opmurings- og fugemørtel, og som facade- og sokkelpuds, danner bittesmå kalkkrystaller yderst i overfladen og større krystaller – og dermed porer, dybere inde i dette porøse materiale. Derved skaber man et materiale mellem murstenene og som puds på facaden, der, via de fysiske lov, der siger at vand altid bevæger sig fra grove porer til fine porer – *aldrig* omvendt, vil lede fugt og vand indefra og ud til overfladen. Det er denne såkaldte 'ensretter-effekt', der i fagsproget kaldes en 'diode'.

Tegningen viser princippet mere end mange ord. Som det ses kan man yderligere forstærke diode-effekten' i et dækkende pudslag ved at udføre dette i to lag, et lag med groft grus inderst, og et lag med finere grus, yderst. Derudover kan 'diode-effekten' forstærkes i selve overfladen ved at bearbejde denne med en murske.



Alle former for cementpuds, KC-puds og cementmørtel har overhovedet ikke denne effekt. Tværtimod bliver fugt og vand 'hængende' meget længe i de cementholdige materialer, selv med ganske små mængder cement, hvilket især forstærkes og bliver problematisk i ekstremt vejr.

2: Kapillaråbne overfladebehandlinger – modsat diffusionsåbne.

Denne 'diode-effekt' kan føres videre ud i overfladebehandlingen af murværket, idet bl.a. hvidtekalk og kalkfarver, danner endnu mindre porer mellem kalkkrystallerne. Det er derfor vigtigt, ikke mindst når vi taler om øgede vand- og fugtpåvirkning af vores bygninger, som følge af ekstremt vejr, at vi skelner mellem og kender forskel på *diffusion* og *kapillær transport* og mellem henholdsvis *diffusionsåbne* og *kapillaråbne* materialer.

Ved diffusion sker der en transport af *vandmolekyler*, molekyle for molekyle, fra et område med høj koncentration af fugt mod områder med lavere koncentration. Diffusion går derfor *meget* langsomt.

En *kapillaråben* overfladebehandling, f.eks. hvidtekalk og limfarver, tillader kapillær transport af *frit vand* gennem dets porer, d.v.s mikroskopiske 'rør' i materialet. Og her går vandet *altid* fra grove til fine porer, d.v.s. for det meste indefra og ud.

Ulempen ved *diffusionsåbne* malinger og overfladebehandlinger er at malingslaget bliver tættere og tætter, jo flere lag, der påføres. Derved vil fugten hobe sig op under overfladebehandlingen, og medføre råd og svamp i trædele her.

Kapillaråbne overfladebehandlinger – og puds af luftkalk – beholder sin kapillaråbne struktur, lige meget hvor mange lag, der påføres.

Derfor skal man konsekvent *holde sig fra* 'diffusionsåbne' materialer på ældre bygninger. De gamle klassiske materialer klarer bl.a. de øgede fugtproblemer langt bedre, ved at bygge på transport af frit vand i porer, der er meget hurtigere og kan bibringes den relativt nyopdagede 'diode-effekt'.

3: Selektivt opskåret træ.

Træ er også et porøst – og dermed vandsugende, materiale. Men lidt i stil med føromtalte 'diodevirkning, suger træ ikke fugt og vand lige meget på alle leder. Endetræet suger mest, hvilket er træets natur, men derfra kan træ, fra samme træstamme, oven i købet skåret ret tæt på hinanden, nærmest opføre sig fugtmæssigt som to vidt forskellige materialer. Her skal man være meget opmærksom på, hvordan træets årer, eller snarere 'spejlene' i form af *marvstrålerne* vender i forhold til ydersiden, ud mod vejr og vind. Ved at benytte 'selektivt', eller specielt opskåret træ', kan man udnytte at træet via overfladen:

1. Er meget lidt tilbøjelig til at optage fugt og vand
2. Ikke revner eller sprækker (vindrevner)
3. Er meget stabilt, så det ikke 'slår eller kaster sig' eller 'arbejder'
4. Er hårdere i selve overfladen p,g,a, spejlene/-marvstrålernes hårdhed
5. Har et meget 'smukt' årespil, hvor årerne løber i helt rette linjer fra ende til ende.

Det sidste er måske mindre væsentligt, hvis træet skal males, men spejlskåret træ kan faktisk klare sig lige så godt, holdbarhedsmæssigt udvendigt, som malet eller ikke malet. Se den helt ubehandlede bullade på side 5, der netop er bygget af spejlskåret træ.

Bort set fra det passer disse 5 punkter, i hvert fald de fire, som man hurtigt kan se, 'som fod i hose' til modtrækkene mod påvirkningerne af vores bygninger fra ekstremt vejr. Det er ret bemærkelsesværdigt at tømrerfaget, træbranchen, savværkerne, trælasterne og byggematerialeforhandlerne stort set ikke er opmærksom på disse forhold ved træ.

Og dette gælder ikke kun brædder, men også tømmer, f.eks. bindingsværkstømmer og andre udvendige tømmerkonstruktioner, at de konsekvent skal udføres som 'kvartskåret' tømmer, hvor de to spejlskårne sider skal vende udad og opad.

4: Linoliemaling

Det dårligste og mest katastrofale, man kan male udvendigt træ med – især med udsigten til ekstreme vejrforhold med mere regn og fugt, er *plastikmaling* – eller de tynde, ikke-dækkende 'bejdser', kaldt 'træbeskyttelse' Linoliemaling er, via sit indhold af olie (!) langt bedre kan holde vand og fugt ude af dette.

Linoliemaling behøver vel næppe nogen længere præsentation eller beskrivelse her. I forhold til påvirkningerne fra og modtrækkene mod ekstremt vejr har linoliemalingen følgende fordele.

1. Olien i malingen trænger ind i træet og imprægnerer dette og mindsker derved fugtoptagelsen. Også ved genopmalinger eller 'opfriskning' med kogt linolie.
2. Linoliemaling skal 'opfriskes' med linolie cirka hvert 5. år, og kun genmales hvert 15.-20. år
3. Linoliemaling er kapillaråben – modsat en 'diffusionsåben plastikmaling', hvilket er mere optimalt for træet
4. Malingen er giftfri og fremstillet af naturstoffer, der kan nedbrydes i naturen
5. Linoliemalingen dækker, via sine pigmenter for nedbrydningen af træet via solens ultraviolette stråler.

Linoliemaling 'skaller' ikke af. Det er enten alkydmaling eller plastikmaling, der gør det. Linoliemalingen krakelerer, ligesom slangeskind, efter 4-5 år, (NB.: Dette er smukt*) hvorefter linoliemalingen absolut* ***ikke*** *skal aftages, men vedligeholdes med kogt linolie hvert 5. år og genmaling hvert 15.-20. år.*

Indvendigt i ældre huse skal man heller ikke male med plastikmaling, da denne er for tæt overfor væggenes fugtoptagelse, hvorved der uvægerligt dannes mug og skimmel på kolde indvendige overflader om vinteren. Linoliemaling er ikke svaret på dette, men limfarver, der er totalt poreåbne ligesom hvidtekalk. Det ligger dog uden for denne artikel at gå nærmere ind i dette.

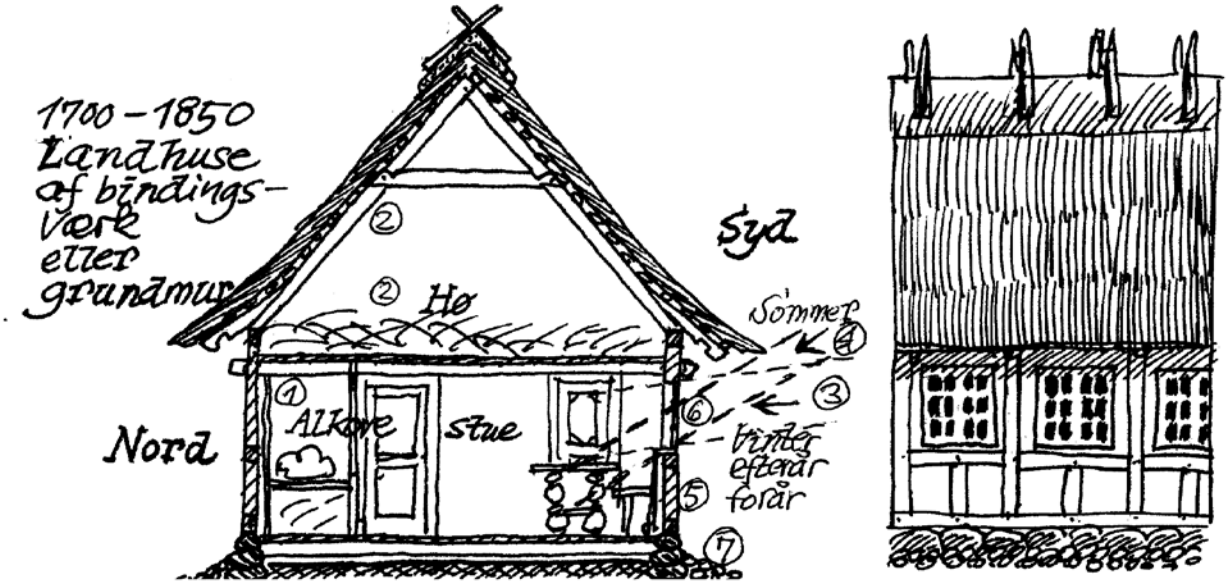
5: Trætjærefarve og tranfarve

Hvad nu med den stigende begroning fra alger, mos og lav, bl.a. fordi planternes vækstsæson bliver forlænget i fremtiden. Hvidtekalk og kalkfarver vil i mange tilfælde være så 'svage' at de regner af, og tager den sorte eller grønne algevækst med.

Helt nye eksperimenter med en grønlandsk tranfarve (sæltran/sælspæk) har vist at denne kan få regn og fugt til at 'perle' af fra den malede overflade. Det skyldes at spæklaget fra havpattedyrene i bl.a. aktis er ekstremt vandskyende. Derved vil grønalger og skimmel også regne af overfladen – også når den endelig er hærdet, efter en måneds tid. Blanding af sælolie og trætjære er ligeledes en lovende malingstype i forhold til at bevare udvendigt træ godt under forøgede fugt og udtørringsforhold.

5.2.2 ANALYSE af det danske enfamiliehus' gennemtænkte og bæredygtige tekniske løsninger 1700 – 1970

Frem til omkring 1960 – 70 var enfamiliehuse præget af mange gode og bæredygtige tekniske løsninger, der samtidigt gav en yderst gennemtænkt klimatilpasning. I det følgende har jeg valgt nogle stikord, der sagtens kunne uddybes yderligere. Kilde: Søren Vadstrup: BYHUSET, Lindhardt & Ringhof's Forlag 2014.

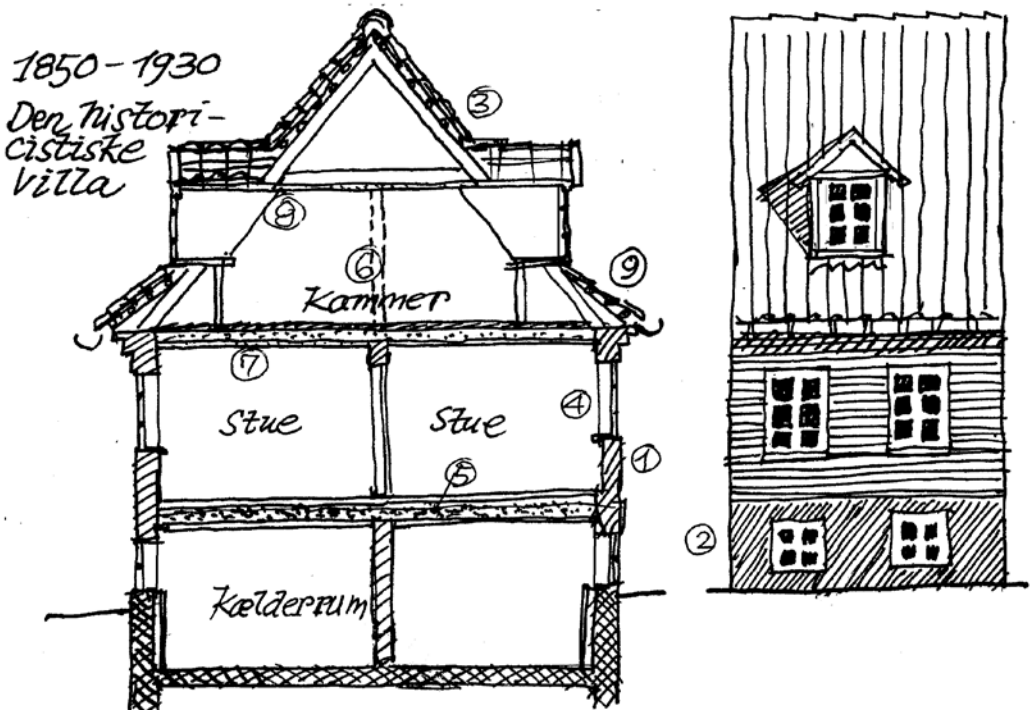


Landhuse i bindingsværk eller grundmur med stråtag 1700-1800

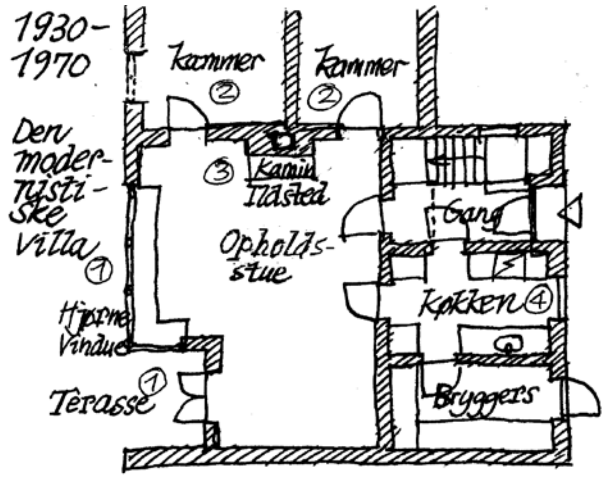
1: Temperatur-buffer-zoner. Varmeisolerer den kolde nordside om vinteren
2: Stråtaget isolerer huset godt – sammen med et tykt lag hø på loftets styrtrum.
3: Huset får passiv solvarme efterår, vinter og forår gennem sydsidens massive 'vinduesbånd'
4: Om sommeren virker det 70 cm store tagudhæng som en effektiv solafskærmning mod overophedning
5: Ydervæggenes lervægge virker som gode fugtbuffere for indeklimaet, sammen med de rå plankegulve
6: Vinduerne af kernetræ af fyr, har en foreløbig levetid på 350 år – 100-200 år mere kan forventes
7: Pigstenskanten langs ydermurene mindsker opsprøjt ved regnskyl
8: Huset er opført af lokale materialer og det er meget enkelt at vedligeholde – eller bygge om.
9: Om vinteren kan boligarealet indskrænkes – og udvides om sommeren for at spare energi
10: Huset opvarmes med brænde, der er CO2-neutralt

Her ser man tydeligt, gennem slag-skyggen, det kraftige og skygge-givende tagudhæng, på 50-75 cm som de fleste landhuse med stråtag har. Dette modvirker overophedning af rummene om sommeren, her kl. 12, i dagens varmeste timer.

Om vinteren, hvor solen står lavere tilfører solen passiv (og gratis) solvarme til de sydvendte rum.



Den historicistiske villa 1850 – 1930 især 'Bedre Byggeskik' (1915-1935)
1: Ydermure af mursten i hulmur – har foreløbigt vist en levetid på 750-800 år
2: Murene pudses eventuelt med 2 lag luftkalkmørtel, der dræner murværket for fugt (diodepuds).
3: Huset har tegltag, der kan repareres og derudover holder i 2 x 150 år.
4: Vinduerne, der er af kernetræ, har forsatsvinduer eller koblede rammer. Holdbarhed foreløbigt 150 år
5: I etageadskillelserne er der lerindskud, der virker som fugtbuffer og derudover dæmper lyd effektivt
6: Huset er meget kompakt i sin bygningskrop, med 1. sal og kælder, og er derfor effektivt at varme op.
7: Vægge og lofter er pudset med luftkalkmørtel, der virker som fugtbuffer og tørrer indeluften ud.
8: 1.salen er ligeledes pudset med brædder, rørvæv og puds, der tætner og absorberer unødig fugt.
9: Opskalkningen af tegltaget bremser regnvandets hastighed på det nederste stykke af taget.
10: Indvendigt og udvendigt træværk er malet med linoliemaling, der holder længe og bevarer træet



gningskulturen bidrage til en bæredygtig udvikling?

Den modernistiske villa 1930 - 1970
1: Huset ligger næsten i terræn og har meget tæt og intim kontakt med haven gennem et stort glasparti
2: Alle i husstanden har deres eget værelse
3: Den store opholdsstue klarer mange funktioner fra spisning til leg. Kaminen bidrager til hyggen.
4: Køkkenet er minimalistisk og meget gennemtænkt, effektivt og arbejdsbesparende indrettet
5: Bryggerset, tæt ved køkkenet til vask, fyr og grovkøkken
6: Huset er indrettet med en dag-afdeling (stueplan) og en nat-afdeling (1.sal) – eller børne/voksen afd.
7: Hjørnevinduet kaster dagslys langt ind i stuen og virker samtidigt, via væggene, som en lysreflektor
8: På 1. sal åbner vinduerne indad og har udvendige skodder, som i Italien - med 5 forskellige funktioner.

5.2.3 N O T A T om ubrændte lermaterialer og luftkalk - samt fugt, skimmel og tæthed i ældre bygninger

På Kunstakademiets Arkitektskoles Kandidatafdeling med speciale i bygningsrestaurering samt historiske bygningskonstruktioner og –materialer, har vi gennem mange år arbejdet med ældre bygningers energiforbedring, samt herunder fugtforhold, mug og skimmel samt tæthed i konstruktionerne.

Vi er her blevet opmærksom på fem *indvendige materialer*, der forekommer i ældre bygninger, opført før ca. 1960, men som ikke er ret kendte eller brugte i dag. Disse viser sig bl.a. at have stor betydning for husets fugtforhold, tæthed og indeklimaforhold - og faktisk også for energiforbruget: Puds af luftkalkmørtel, puds af lermørtel, lerindskud og overfladebehandling med limfarver og kalkfarver.

Alle fem materialer har den egenskab, at de er porøse, og derfor kan transportere, optage og afgive fugt kapillært (i porer). Vi har døbt denne særlige egenskab for *kapillaråbne materialer*, der i fugtmæssig henseende er langt mere attraktive, end de såkaldte *diffusionsåbne materialer*. Ubrændt, tørt ler er endda i stand til at optage 10-15% vand, i forhold til sin egen massefylde. Derfor er ubrændt ler er et meget effektivt *fugtbuffer-materiale* i et hus, idet det også afgiver den optagne fugt meget hurtigt, når forholdene er til det. Luftkalkpuds er også en god fugtbuffer, men ikke på niveau med ubrændt ler. Limfarver og kalkfarver tillader at væggen eller loftet, den er malet på, kan 'ånde', det vil sige at fugten kan trænge ind og ud af den underliggende, porøse og poreåbne luftkalkpuds. Vi har meget lange erfaringer med disse materialer i dansk bygningskultur – mindst 200-300 år.

De materialer, man til gengæld skal undgå i gamle bygninger, er Portland Cement (KC-mørtel), mineraluldsisolering, dampspærrer af plastik, gipsplader samt plastikmaling. Portland cement og mineraluld er meget hygroskopiske og holder kritisk længe på fugt, så de nærtliggende træmaterialer risikerer at rådne. Plastikmaling og gipsplader er den største årsag til mug og skimmel i gamle huse, idet de forhindrer, at rumfugten kan trække ud i væggenes og loftternes porøse overflader, men i stedet kondenserer til vand på overfladen. Her dannes der mug og skimmel, bl.a. i forbindelsen med forekomsten af støvmider.

I forhold til varmeforbrug er det en kendt sag, at det koster meget mere energi at varme fugtig indeluft op end tør indeluft. Så de materialer, som f.eks. ler, kalkpuds og limfarve, der kan optage fugten meget effektivt, ved høje fugtbelastninger, og afgive den igen ved lave, skaber et indeklima, der er markant mindre fugtigt, end hvis konstruktionerne indeholder KC-puds, mineraluld, dampspærrer, gipsplader og plastikmaling, hvor materialerne, konstruktionerne og overfladerne ikke optager rumfugten, hvorfor denne forbliver i rummet og holder dette fugtigt.

Ler og lerindskud

Hvad er ler? Ler består af bittesmå 'krystaller' med en diameter, der er mindre end 0,002 millimeter, og som stammer fra nedbrudte bjerge. Men ler er ikke 'kun' meget finkornet sand, fra bjergene. Det består af små 'plader', der holdes indbyrdes sammen af elektriske bindinger. Disse tiltrækker yderligere ioner fra natrium, kalium, calcium, magnesium eller jern, afhængigt af, hvilke grundstoffer der er i undergrunden. Dette giver de forskellige lerarter forskellige egenskaber og farver, bl.a. kender vi den jernholdige *rødler* og den calciumholdige *blåler*.

Hvis leret kommer i forbindelse med større mængder vand, vokser leret i volumen, og bliver helt vandtæt. Ubrændt ler kan imidlertid, på grund af sin særlige 'sandwich-struktur', optage omkring 11-15% vand, hvilket er ret meget i forhold til andre materialer. Vandet optages meget hurtigt, men afgives også hurtigt igen, når lerets omgivelser er mindre fugtige.

Det er derfor meget vigtigt, at husejerne, håndværkerne og andre **ikke** fjerner de gamle lerindskud fra ældre bygninger opført før ca. 1960. Hvis man åbner konstruktionen og finder lerindskuddet som et løst 'støvlag', skyldes dette at man har oprindeligt har sjusket lidt med lermaterialerne – og det anbefales at etablere et nyt lerindskud med nyt ler.

Lerindskuddet virker som en meget effektiv fugtbuffer i huset, der regulerer indeklimaet og holder rumfugtigheden nede. Lerindskuddet forhindrer direkte, at de tilgrænsende gulv- eller loftbjælker bliver fugtet op og rådner.

Lerindskuddet er ydermere branddæmpende, 5 cm lerindskud svarer i brandklasse til 3 lag gipsplader, og leret dæmper lydbølger meget effektivt, f.eks. fra sko/skridt og dybe bastoner.

Endelig er lermaterialerne ekstremt bæredygtige, fuldstændigt genanvendelige og billige. De har derudover meget lang holdbarhed og levetid.

Ved efterisolering af f.eks. lofter og etageadskillelser kan et nyt lerindskud mellem bjælkerne virke som en meget effektiv lufttætning og fugtspærre – langt mere effektiv, langtidsholdbar og bæredygtig - og samtidigt langt lettere og billigere at udføre - end diverse plastikdampspærrer/membraner, påsat med fugelim m.v., med en yderst begrænset holdbarhed.

Lerindskud, i visse blandinger, svinder ikke, og lægger sig derfor helt tæt op til f.eks. bjælkernes sider og kanter, inklusive disses ruheder og skævheder. Leret kan her også være med til at udtørre, og dermed bevare selve træbjælkerne, herunder hvis leret føres helt ud omkring bjælkerne i facademuren. Kondens fra denne vil blive trukket ud af leret. (se næste side).

Man kan herefter etablere en passende efterisolering af etageadskillelsen, oven på leret. F.eks. af cellulose, hør, perlite, kork eller papiruld. Kork er her så 'bæredygtigt', at man kan gå oven på det, og 'spare' et gulv.

*Nyt **lerindskud** anbragt på de gamle indskudsbrædder, bestående af 1/3 ler, 2/3 grus og vand (der fordamper). Det er både mere damptæt end plastik, fugtabsorberende, lyddæmpende og brandhæmmende – foruden at det regulerer fugtforholdene og dermed indeklimaet i rummet. Og så holder denne konstruktion erfaringsmæssigt i 200-300 år, hvad man ikke kan sige om plastik.*

Luftkalkpuds og limfarve

Luftkalkmørtel, der hærder/carbonatiserer til kalkpuds ved hjælp af CO_2, og som anvendes til indvendige overflader i bygninger, fleks vægge, lofter og skråvægge, har ekstremt gode fugtdynamiske egenskaber. Luftkalkmørtel kan pudses direkte på murværket - eller på lofter eller skråvægge på brædder og rørvæv. Materialet kendes helt fra middelalderen (1000-1200-tallet), hvorfra nogle pudsede overflader holder endnu.

Puds af luftkalk har i forhold til bygningers tæthed den store fordel, at det meget let og enkelt kan pudses helt tæt op til skæve, skrå, kantede, kurvede eller knækkede flader, f.eks. rundt om vindueslysninger, op til bjælker, op til overgangen mellem væg og loft, samt op mod rørgennemføringer eller el-kontakter.

Derved kan man opnå meget lufttætte overflader, der samtidigt kan ånde. Det er meget vigtigt at kalkpudsen ikke plastikmales, men overfladebehandles med en poreåben limfarve, f.eks. en kaseinfarve, hvis man er nervøs for afsmitning. Silikatmaling kan også benyttes. På flade lofter benyttes 'mosfarve', limfarve på lim af carraghen-moss, såkaldt 'islandsk mos'.

Vedr. indvendig puds af luftkalk, se også Slots- og Kulturstyrelsens Informationsblad: Efterisolering af bindingsværksværk:
https://slks.dk/fileadmin/user_upload/SLKS/Omraader/Kulturarv/Bygningsfredning/Gode_raad_om_vedligeholdelse/3.5_Efterisolering_af_bindingsvaerk.pdf

Plastikdampspærrer i gamle bygninger

Det skal anbefales at man ikke benytter dampspærrer af plastik i gamle bygninger, opført før 1960 – undtagen eventuelt i nye gulvkonstruktioner mod terræn.

Først og fremmest er det en teknisk umulighed, rent håndværksmæssigt at udføre en tæt plastikdampspærre i et eksisterende, gammelt hus. I en officiel video fra Energistyrelsen, der ligger på Youtube: (https://www.youtube.com/watch?v=L5WWwpyPUZQ), har man taget konsekvensen af dette, og placerer her med stort møje en fastlimet plastikmembran mellem loftbjælkerne, med den konsekvens, at disse nu modtager alt fugten og bliver langt mere opfugtede end før dette indgreb. Men også hundredevis af andre steder, eksempelvis mellem en skunkvæg og det underliggende loft, kan det ikke lade sig gøre at føre en tæt membran igennem.

Der hvor plastikmembranen så er utæt, forværrer man fugtproblemerne, som nævnt, og helt slemt bliver det ved rørgennemføringer og andre sammenstød, hvor der kan opstå konvektion af vanddamp. Ved konvektion flytter man 100-1000 gange så store fugtmængder som ved diffusion, så her forværres fugtproblemerne på det utætte sted.

Endelig er der problemet med sommerkondens, hvor fugten i bygninger går udefra og ind i tre måneder om året. Her fortætter fugten så på den udvendige side af plastikdampspærren.

Hvis vi kikker på tidsforbrug, pris og bæredygtighed samt holdbarhed og levetider, burde plastikmembraner ikke have nogen gang på jord i ældre bygninger, slet ikke sammenlignet med lerindskud i etageadskillelser – og heller ikke i ydervægge eller tage.

Konklusion

Man bør ***ikke*** fjerne de gamle lag af indskudsler i ældre bygningers etageadskillelser, når ældre bygninger istandsættes, bygges om eller energiforbedres.

Hvis lerindskuddet mangler eller er u-intakt, bør dette retableres. Lerindskud regulerer og affugter indeklimaet, det dæmper støj, er brandsikkert, tæt og et fuldstændigt bæredygtigt og genanvendeligt materiale. Vi er lige nu på Skolen i gang med at gennemgå de firmaer, der kan levere lerpuds og lerindskud som standard-varer, her i Danmark, og afprøve disse.

International Conference on Vernacular Earthen Architecture, Conservation and Sustainability
SOStierra 2017 | 3rd VerSus | 3rd ResTAPIA
Valencia, Spain 14-16 September 2017

5.3 Rehabilitation of Half Timbered Houses with Clay Fillings in Denmark

REFERENCER til denne artikel: side 100

By Søren Vadstrup, architect, associate professor.
The Royal Danish Academy of Fine Arts in Copenhagen.

ABSTRACT:
The case study comprises a Danish four winged farm with half timber construction, dating from 1740 – 1840, with a thatched roof. The farm includes five different types of timber frame constructions, of three various wood species and also three various fillings between the timber: Wattle and daub, adobe and fired bricks. The results shows, that the wattle and daub fillings has the lowest moisture balance, the least maintenance and the highest grade of sustainability of the three constructions. These things provides strong arguments and practice for the sustainability of the half timber buildings with clay as a filling material

BACKGROUND

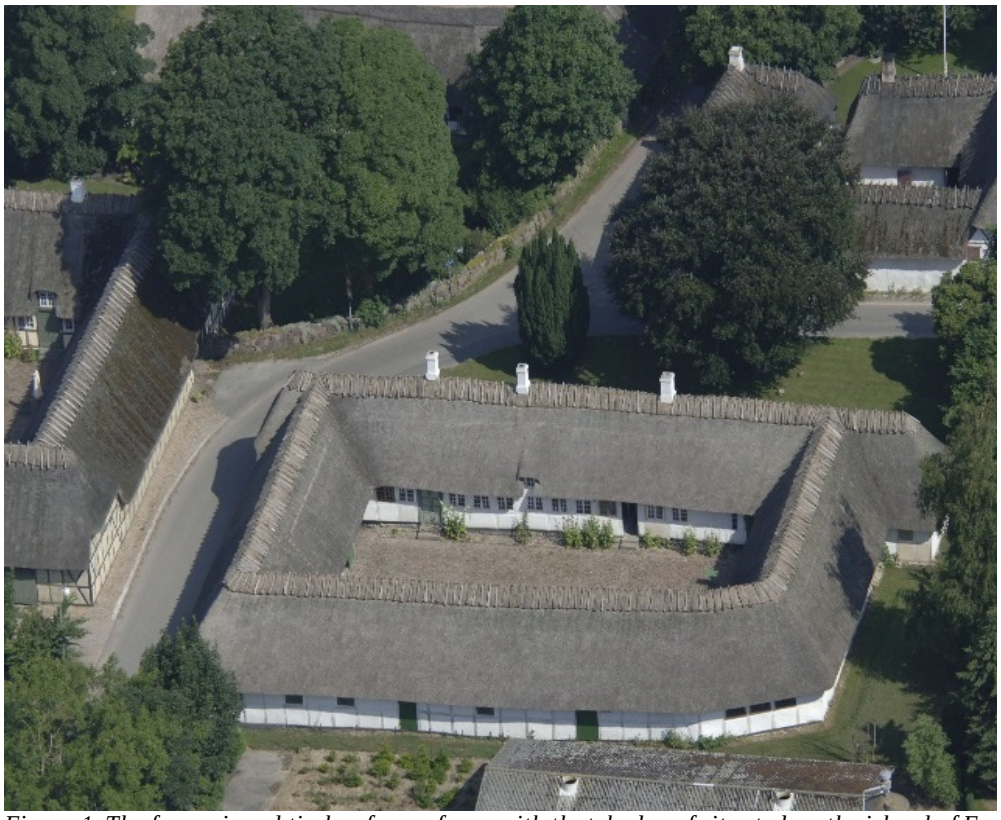


Figure 1. The four winged timber frame farm with thatched roof situated on the island of Funen in Denmark, where the research and experiences about the two unburnt clay constructions, wattle and daub and adobe has been carried out. The Living house is 40 meters long. Photo: Søren Vadstrup

Place

The case study took place at a Danish four winged farm from the island of Funen with half timber construction, with a thatched roof. The farm is dating from 1740 to 1840.

The farm includes five different types of timber frame constructions, of three various wood species and also three various fillings between the timber: Wattle and daub, adobe and fired bricks.

The research took place during the restoration process and included 5 research fields:

Research Fields

The research was carried out as practice based research

1 The history and actual dating of the three clay filling constructions.
2: The execution of the constructions today: Materials, constructions and crafts techniques.
3: The durability and sustainability of the three filling constructions with three variations of clay
4: The repair and maintenance costs
5: The moisture balance in the three filling materials

RESEARCH

The history of the three filling constructions

Wattle and daub has been dated to the Bronze Age (1700 – 500 B.C.), but the present half-timbered structures are known in the country since the early 1400s. In the case study house the wattle and daub is situated in the outbuildings, dating from 1800 A.C.

Adobe fillings in the half timber constructions is known in Denmark from about 1750. In the case study house, the adobe fillings are situated in the farmhouse from 1740'ies, where it about 1800 has replaced the older wattle and daub fillings. In the outbuildings, dating from about 1800, and containing the threshing floor, the cow sheds, the coach houses and the horse staple, the adobe fillings has also replaced the wattle and daub during the years, but not in all panels. A lot of wattle and daub is still left.

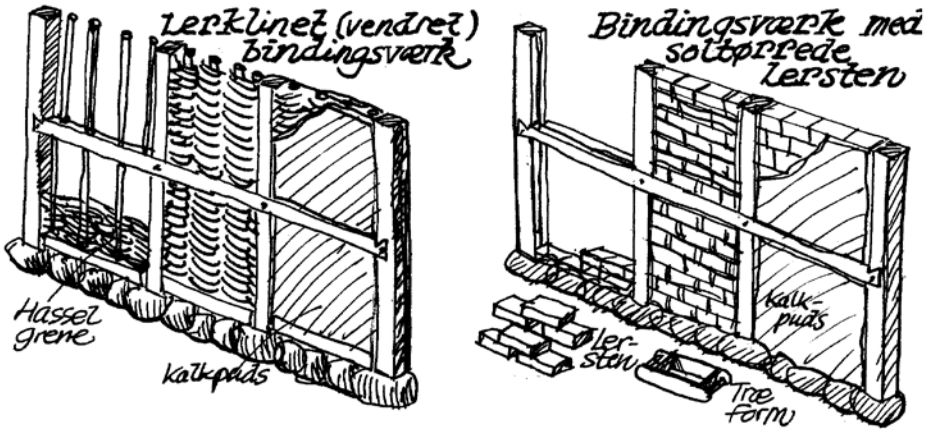


Figure 2. The two unburnt clay constructions in Danish timber frame buildings: Wattle and daub (left) and adobe (right). Drawing: Søren Vadstrup.

The first use of fired bricks are very precisely dated in Denmark, because of the building of a strong boundary wall against Germany in 1167. In the cities, the fired bricks were used in the half timber houses in the 1500s, but in the rural houses first until about 1850. In the current farm there are very few timber-framed fillings with fired brick, only 4 in total. These origins from the 1950s

The execution of the constructions today

The recipe for the clay mixture for both the wattle and daub and the adobe is the same: The clay has a quite large content of sand, gravel and crushed stone, up to small chippings. These materials can constitute 70-75% relative to the clay. There may also be mixed 'chaff', that is, little bits of straw and sawdust in the clay mass. The high content of gravel, sand and crushed stone makes the adobe, very pressure resistant and easier to plaster on after the construction. In the soft mass to put in the wooden forms, or on the wattle, there is, of course, water, as the sun and wind subsequent dries out.

Wattle and daub:

The fields between the timber frames is weaved horizontally with thin branches of hazel around three vertical wooden bars. The clay mass is mixed well to the right consistency, then thrown on and pressed in the weaving with your hands. The subsequent drying of the clay must be done very slowly so the wall will crack as little as possible. By mixing sawdust or cow dung in the clay mass, you can also decrease the contraction cracks.

After a few days of drying, during which the wall must avoid direct sun, you can fill the cracks with clay, after which the wall is applied a thin layer of lime mortar, while the clay is almost dry. The wall can now be whitewashed with lime wash.

The timber frame walls with wattle and daub are very stable and solid. The lime plaster and the lime wash can last for 5-8 years before next treatment. So the maintenance is very cheap and easy.

The timber is surface treated with colored wooden tar, if they are black or red. If the timber is white, they are surface treated with glue paint with chalk pigment, on which you can lime wash together with the clay wall.

Adobe

The adobe stones are shaped in wooden forms and the clay mass are dried out in the wind, under a roof – for the rain. This takes several months.

The sun dried adobe bricks are then 'bricked up with clay mortar. A little groove in the side of the timber prevents the brick field to fall out.

Then the surface are plastered with clay mortar, and, while the clay are still semi wet, the surface is plastered with lime mortar and immediately after, white washed.

The maintenance interval is 5-8 years, but the plaster have a tendency to fall off, when the building is moving or shaking during the winter storms

.

Figure 3. The execution of the wattle and daub in 2013.
Figure 4. The wooden forms and the sundried clay stones to the adobe fillings. Photo: Søren Vadstrup.

Fired brick filling
The brick filling is bricked up with lime mortar, plastered with lime mortar and finally lime washed.

Again the maintenance interval for this construction is 5-8 years, but the plaster have a tendency to fall off, when the building is moving or shaking during the winter storms.
Our research shows also that it is possible to carry out all the processes for repair and maintenance of timber frame constructions with clay or earthen fillings very easy – and also cheap – and also to carry out new elements in the same construction and crafts techniques. The crafts techniques has been reconstructed from sources, drawings and texts, from 1730'ies.

The durability and sustainability of the three filling constructions with three variations of clay.
As mentioned in 2.1, the clay materials has been in the house since the last extension (the stables) in 1800. This means that they have a lifetime of provisionally over 200 years.

A large part of the timber in the staples are elm tree, that you normally do not expect such a long life for in a timber frame construction. But it can probably be attributed to the panels of clay, which constantly dries the wood out.

The repair and maintenance and the operating costs moisture balance in the three filling material.
The adobe panels are causing some maintenance every year – especially in a very large building as this. The total length of the both the outer walls are 250 meters, so the plaster on some of the panels have a tendency to fall off, when the building is moving or shaking during the winter storms. The amount is 1-2 panels every year, which have to be re-plastered and lime washed.

Figure 5. Repair of a fallen plaster on the adobe klay wall. Photo: Søren Vadstrup.

But the wattle and daub panels are very solid and stable and the plaster has never fallen of at these yet. So it is quite easy to calculate the maintenance cost for the timber frame walls. In any case, so is the cost of materials extremely low: clay, lime mortar, whitewash and water. The hour consumption is 8-10 hours per year.

The moisture balance in the three filling material.

Our research shows that the clay filling between the half timber construction is very effective in drying the timber out after rain, snow or high moisture content in the air, so even timber as elm which always rotten very fast in few years, can last for provisionally 200 years – because of the clay filling.

Also the very thin willow wickers inside the wattle and daub, has lasted impeccably for 200 years, and can after this be reused in the new wattle and daub, thanks to the constant dry conditions generated by the clay.

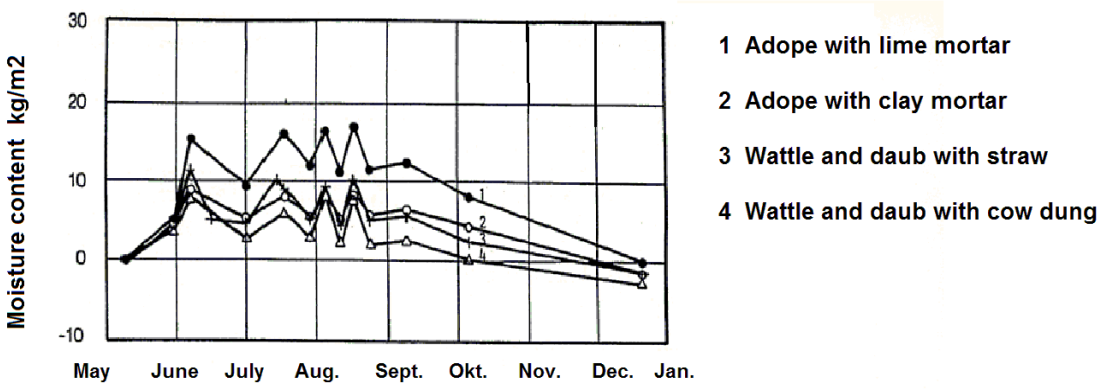


Figure 6. Measure of the moister content in 4 various timber frame walls with clay fillings, during 8 months.

We have measured the moister content in 4 various timber frame walls with clay fillings, during 8 months. The result shows, that wattle and daub fillings are extremely dry both during the summer and the winter. The moister content is not above 10 kg/m2 at any time, while the moister content of the air is around 70-90 kg/m2 and the timber frame long above 20-30 kg/m2 after rain showers.

That means that the clay walls are drying both the timber out – down to 10-15 kg/m2, where it is safe for dry rot, and the interior of the house, which also will be very stable and dry.

The clay walls, both external and internal, are regulating the interior climate in the house, so it always are extremely dry – which is opposite the general meaning of clay buildings.

But the clay also prevents mold and mildew at the walls, as long as they are painted with lime wash or glue paint, and not plastic paint. This is because ambient moisture will not condense on the cold walls because the clay plaster immediately 'sucks' the moisture to itself, so that no water droplets form on the surfaces.

These moisture dynamic properties also means that houses with clay walls are considerably cheaper to heat up than brick buildings, because it is signify-cantly less energy to heat the dry air up than humid air.

Figure 7. A tub of ready mixed clay mortar, ready for use as wattle and daub. Photo: Søren Vadstrup.

DISCUSSION

Sustainability and lifetime

The present research is carried out as practice based research. But at the same time it consequently introduces the result of this: Research based practice.

For people who currently work with new constructions, the question of the houses and the materials' real lives, according to them, is extremely difficult to answer. One can hardly say anything about this, apart from construction product warranty of 5 years (!) But for us who work with conservation of older buildings, this issue is extremely easy to answer. We have all the examples of buildings with very long lifetimes we may want, 1: 1, right in front of us.

The four winged timber frame farm at Funen is no exception. 260 years is quite normal for Danish timber frame buildings, as the last examples were build in 1860 – with a little 'revival' from 1910 – 1940. But it is quite exceptional, that the timber frame has clay in the many panels – and noy fired bricks, which is the normal for the case of 99%.

We must therefore operate with a new definition of 'sustainability of buildings', here 30 years after the 'Brundtland Report': A sustainable building is a building that:

- Have held a very long time – 200 – 300 years - and still can be reused on site, being renovated and altered with care, so that the durability, the sustainability and the lifespan continues 100 years further more.
- Is built to last very long, because it consists of consists of materials and structures with a very long - at least 200-300 years* - lifetime and durability, and with a simple and environmentally friendly maintenance. (*thatched roofs and chimney pots excluded).
- Have low energy consumption - based on simple and natural solutions with a long lifetime.

CONCLUSION

Half timber constructions with unburnt clay

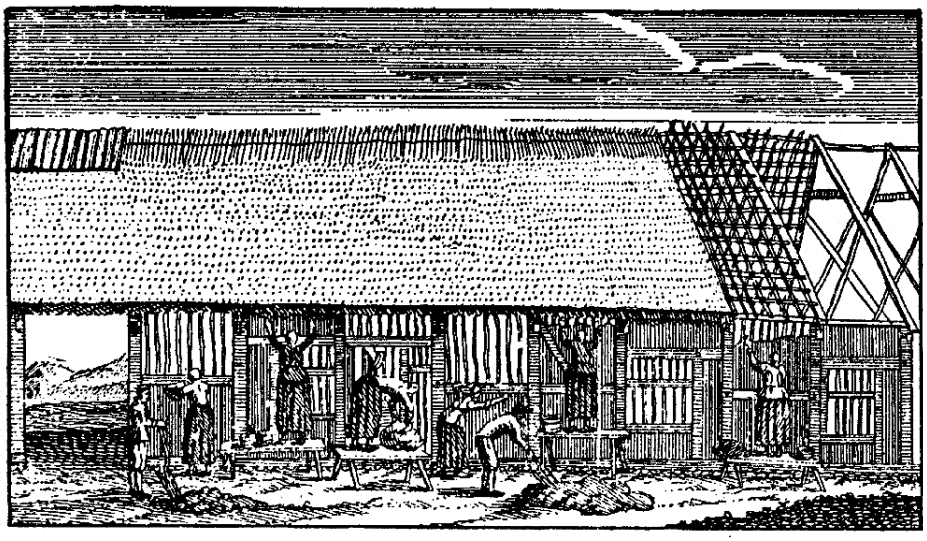
It is therefore extremely interesting that the 'primitive' clay walls, which the owners in thousands of timber frame buildings faithfully have removed over the years and replaced with brick - now, and particularly in the oldest construction, wattle and daub, is proved to be or have:

1. easier and less expensive to maintain, among other things also because the materials are very cheap, almost free.
2. retains the timber better by wiping it out
3. improves the indoor climate by attracting moisture and condensing water, which also prevents mold and mildew.
4. lower energy consumption because it costs much less energy to heat dry air up than humid.
5. unfired clay walls also stores the produced heat or heat from the sun, for a longer time than most other materials.

These things are strong arguments and practice for the sustainability of the half timber buildings with clay as a filling material.

REFERENCES

Vadstrup, Søren, 2006: *Glæder og sorger med lervægge.* In BY & LAND no. 71, June 2006.
Vadstrup, Søren, 2010: *Mit bevaringsværdige hus i Fredensborg*. Fredensborg Bevaringsforening. 2010.
Vadstrup, Søren, 2015*: Bindingsværk. Lervægge.* In: Harlang, Christoffer et al. (ed.): Om Bygningskulturens Transformation. Gekko Publishing, Copenhagen 2015. (ISBN no. 978-87-92949-03-5). Page 416-434 and 444-454.



The famous Swedish botanist Carl von Linné describes and illustrates in his book 'Resa i Skaane' from 1735 how to make the wattle and daub at a half-timbered house.

The men do the hard work of stirring the clay in the right mix of clay, sand and cow dung - and the women 'clashes' the daub at the walls by hand. Compare the photos in this article page 98-99.

As Skaane has been Danish until 1658, this illustrates also the way this was carried out in Denmark.

7. Passivhus Norden | Sustainable Cities and Buildings
Brings practitioners and researchers together
Copenhagen, Bella-Center, 20-21 August 2015

5.4 Sustainable energy improvement of old buildings

Author: Søren Vadstrup

Architect, associate professor
The Royal Danish Academy of Fine Arts, Schools of Architecture, Design and Conservation

NOTES for this article page 115

SUMMARY

It is a common misconception that the most important characteristic for a sustainable building is, that it consumes very little energy. Bu a sustainable building in my opinion is primarily a building that sustains very long time and also already has sustained very long time – 200-300 years for instance - because it is used and maintained correctly with the same materials and methods as originally. Also a building which moreover has sustained a lot of changes, caused by various use and users.
This paper will present some recent research from Denmark, USA and Norway, which shows that in relation to the overall ecological balance for the Earth, it is better to restore, conserve and energy improve an existing buildings – careful and gently - than to demolish the old buildings and build a new passive houses.

INTRODUCTION

This paper will throw some sand in the common knowledge and the common way to think on old, untight, uninsulated and uneconomic old buildings with a high energy consumption – compared with new constructed high insolated buildings with a low energy consumption. We all know, which one has the highest impact the environment and the CO2 emissions. Or does we.

Our hypothesises for the project are, that if you maintain, repair and energy improved old buildings carefully with the classic materials and methods, instead of demolishing them - they will - to a greater extent than similar highly insulated new buildings and highly insulated older buildings - have a positive impact on the global climate, and Denmark's climate goals by:

- Reduce the CO2 impact – almost from day one, by not destroying old wood constructions.
- Reduce the energy impact – by cautious energy improvements
- Reduce waste
- Reduce or avoid hazardous chemicals from new materials
- Achieve better technical solutions using materials with high durability and long lifetime
- Keep the building's original materials and substance
- Keep the architectural whole - in the building itself and in relation to its surroundings
- Achieve a healthy house with genuine and non-polluting materials
- Adapt easily to new functions and all modern facilities.
- Result in a better economy for the owners, with lower energy consumption and less repair and replacements.

METHODS

Our method is to use the knowledge from the old crafts technics, building materials and constructional solutions for old house, to maintenance, repair and keep most of the original parts in the existing buildings, so they will have no problem keeping in 100-200 years - into the future. And at the same time energy improve the buildings carefully and sensible, so the lifetime is not reduced.

The first part of the method is to study old houses, build before 1960:

- Their history, cultural history, material history and building history.
- Identifying the remaining 300-400 years old materials and constructions in the masonry, timberwork, windows and doors, floors and ceilings etc..
- Their technical properties; the age and the real lifetime of the present materials and constructions, the remaining lifetime if maintained properly.
- Which materials and methods have been used in former times and which materials and methods should be used to for the future maintenance – to obtain continued long lifetime.
- Materials and methods for energy improvements with respect for the cultural values and a continuous long lifetime
- The real and measured energy consumption, not only the calculated, on actual buildings
- The architectural qualities. Proportions, the materials surfaces and architectural expression and impression on people

An important source for this are the listed buildings in Denmark, of which we know a lot of their age, history, materials and crafts techniques.[xii]

The second part of the method is to study the common way to energy improve old buildings to day, for instance from official guidelines and the common practice.

The third part of the method is to measure and calculate various alternative solutions and materials on old buildings, which represent a higher degree of preservation and architectural whole. During this study, we compare with similar experiences from our Nordic and international cooperation partners.

Since the heating of buildings in Denmark accounts for 1/3 of the country's energy consumption, and therefore a major part of CO2 emissions, it is clear that there is great potential to reduce CO2 emissions here.

However, in this context it is very important to do the right things, so the effect of the money invested, together with the relevant interventions on existing and future buildings do not get the opposite effect: The CO2 consumption increases.

RESULTS

Existing old buildings, built before 1960, has an almost unlimited lifetime.
We know today that 60-80% of all future jobs in the construction sector will take place in existing buildings, and will comprise of preservation, reconstruction, restoration, transformation, reuse and recycling of these buildings. This causes often problems, because the renovated old buildings are deteriorating, requires more and more maintenance and consumes more energy, than new buildings.

Materials and methods for repair and maintenance of old buildings
Our research shows however, that 60-80% of all repairs, alterations, restorations, refurbishments etc., which is taking place today on buildings that are older than 1960, happens to use wrong and inappropriate materials, methods and attitudes. Inappropriate regarding the historical values, the technical and construction conditions and the architectural values of the building. In all three areas there are currently happening total unnecessary deterioration of the essentially architectural values of the buildings - and of the Danish building culture.

The most serious technical and aesthetic damage to older buildings are therefore due to the use of inappropriate materials, methods and structures for maintenance and preservation – not the degradation from wind and weather, frost and thaw.

The explanation for this is that there exists a sharp division in the constructions of buildings in Denmark between buildings built before about 1960 - and buildings built after about 1960. The materials and the constructions for Single Family Homes, apartment houses, office buildings, schools etc. changed radically in the fifties and sixties. These buildings are built of concrete or masonry with cement mortar, aerated concrete, lattice trusses made of boards, flat roofs, poison impregnated wood, plastic or aluminium windows, thermos panes etc.

Before 1960'ies the building constructions were characterize with masonry with lime mortar, tile roofs, slate roofs, exterior wood in good quality, wooden windows often with double glazing, traditional wood treatment with oil paintings, etc. excellent carpentry and joinery.

These materials and constructions can be repaired and maintained quite easy – but very important: With the same type/sort of materials and methods as originally. Especially the use of lime mortar to repair of masonry and plaster, traditional paint and coating of exterior iron, wood, masonry and plaster, restoration and energy improvement of wooden windows, recycling and re-laying of tile roofs, slate roofs, etc. At all these five points are however today most common executed with inappropriate materials and methods.

Lifetime - and sustainability[xiii]
We can provisionally prove from practice 1: 1, that:
• Exterior brick walls can keep for 800 years, and masonry with air-lime mortar also 800 years.
• Timber roof constructions: 600 years,
• Windows of heartwood: 400 years,
• Exterior doors: 400 years
• Hand forged wrought iron: 400 years
• Roof tiles of brick: 300 years
• Timber frame buildings: 300-400 years,
• Cast iron: 250 years,
• Exterior cladding and boarding: 250 years,
• External plaster rendering: 150 years
• Exterior linseed oil painting: 150 years
This is preliminary life times – the next 100 years will probably extend these figures with 100 years.

For the comparison:
- Exterior aerated concrete: 60-70 years
- Poison impregnated wood: 40-50 years
- Double-glazed windows of wood: 30-40 years
- Plastic and wood-alu windows: 30-40 years,
- Double glazing panes (thermo panes): 18-20 years
- Fake mullions on thermos panes: 10-15 years.

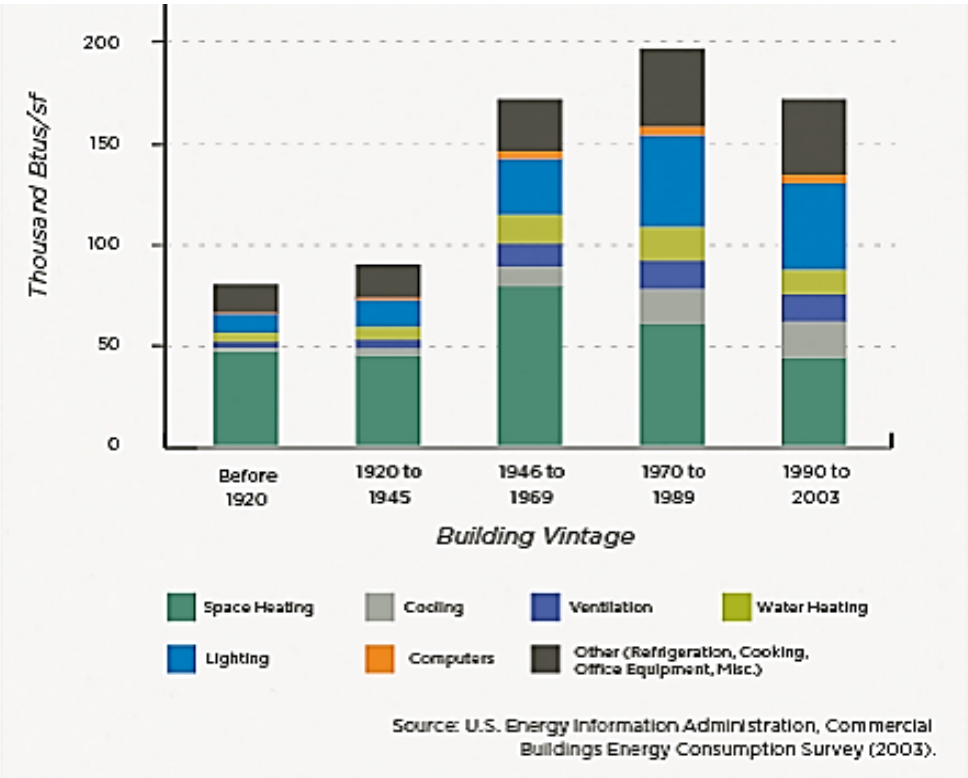
These materials and components must therefore be completely avoided in constructions, which calls itself sustainable, and especially in old buildings.

High-insulated, new buildings will often have higher measured energy consumption in the building than old buildings with less insulation.

The National Trust in USA, which is a national authority for the conservation of building heritage, have measured the actual (not calculated) energy consumption of poorly insulated old buildings and compared this with the measured (not calculated) energy consumption in energy improved old buildings, and the same in brand new buildings xiv.

This study shows that the measured energy consumption in the highly insulated houses built after 1946 are 30% higher than in the poorly insulated old houses built before 1945.

These very surprising figures, in terms of real buildings in use, is of course due to some user behavior, but the explanation also lies in differences in the houses construction, materials and their thermal properties of the houses daylight conditions and the need for ventilation.



The measured / actual energy consumption in a number of tested office properties in the United States - by age. As seen, the buildings constructed before 1945 a considerably lower energy consumption than buildings erected after the 1946. Both the cooling, the ventilation and the water heating are clearly lower in the buildings built before 1946. Most significant is the electricity consumption for lighting (the light blue colour), which seems to have increased remarkably in office buildings since 1946. This must have something with the windows and the access to daylight to do. Interesting is also that the measured energy consumption for space heating at first becomes lower than in 1920-1945 in buildings from 1990-2003. But together with all the other factors as mentioned, the total energy consumption is still much higher than in 1920-45.

Similar studies on the energy improvement of existing buildings shows that the same happens, when old buildings are energy improved today: The total energy consumption for the house increases signifycant. See: Kirsten Gram.Hanssen: New needs for better understanding of household's energy consumption: Behaviour, lifestyle or practices? xv

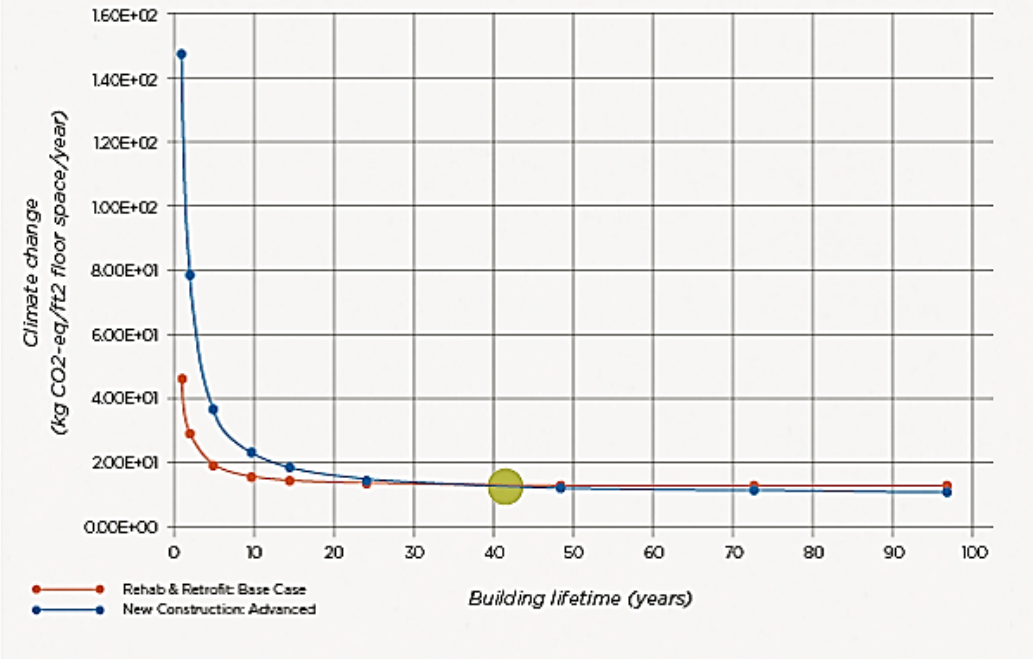
The conclusion of this could, a little polemical said, be, that the more old buildings that are replaced by new houses, the larger will the CO2 emissions be, for the country as a whole. And the same will happen when old buildings are energy renovated. Of course this does not mean that we absolutely must avoid energy improve existing, older houses, not at all. But it must be done wisely and with respect for the technical and aesthetic qualities that old houses have. And we must lean the owners and inhabitants to live in the buildings in a more energy saving way.

New constructed houses uses 60-90 years to balance the CO2 emissions – compared to a simple energy improvement of old houses.

In the USA, the National Trust has calculated the CO2 consumption that goes into building a modern highly insulated building after the latest passive house standards, and compared this with a corresponddingly large existing building, which was renovated and insulated to the same energy standard as the new building. The calculation is carried forward 90 years, which corresponds to many new houses life in the United States[xvi].

During the 90 years, the energy renovated existing buildings have only a slightly higher CO2 emissions than the brand new buildings, only about 5-10% more.

But calculations shows also hat it takes 40-50 years before the CO2 consumption used to construct the new building 'overtakes' the CO2 emissions from the preserved and renovated buildings. In other words, new constructions, although built after the latest passive house standards in the United States, increases, not decreases, the CO2 impact of the globe in the first 40-50 years of life of the building, compared with the renovation and energy improvement of an existing building to the same standard.



CO2 consumption of a new building in passive standard (blue curve) compared with an equivalent energy improved existing building (red curve). It takes 40-50 years (the horizontal axis) before the newbuilding 'overtakes' the existing building in CO2 saved emissions. These accounts are not included the demolition of existing buildings to make way for the new building, what it should. If this is done, the CO2 balance are even worse for new construction. NC = New Construction. RR = Rehab & Retrofit

It should be added that the demolition of the existing building, and the CO2 load from here, are not included in these calculations. If the raising of the new passive house includes the demolition of an existing building on the site, the environmental and CO2 impact from this, will extend the period of negative benefit to at least 100 years.

The conclusions of these two research projects are for the first, that restoration and energy improvement of existing buildings is more environmentally friendly compared to CO2 emissions and life cycle ratio - than new construction, especially when one takes into account the environmental impact by demolishing older buildings before the erection.

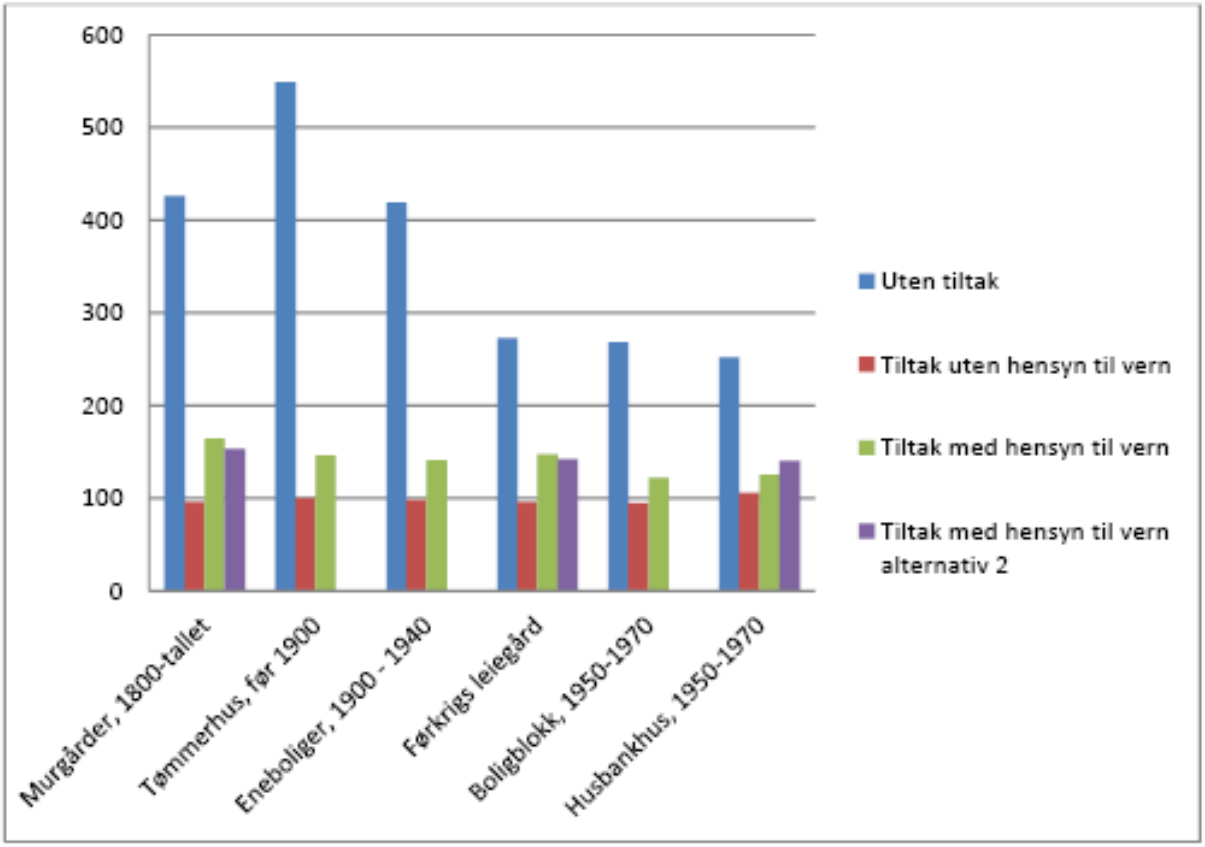
Secondly, the many wooden elements in old houses store large amounts of CO2, which is released if the house is demolished, and which will by this impair the CO2 emission. In theory, some parts of the wood can be reused in new buildings. But it will under all circumstances be very little – compared to the real reuse in the actual buildings.

Thirdly, it would be wise, if Denmark should adapt the requirements of the Building Regulations after the CO2 emissions over a number of years - and not the present entirely one-sidedly focus on energy conditions.

Rampant energy improvement of old buildings does not pay. Cheap and simple solutions, with long lifetime and sufficient effect, pay much better.

A study in Norway has taken some specific renovated old houses and calculated what it would cost the house owner to insulate and energy improve these buildings 'down' to the future passive house standards. xvii

At the same existing buildings it is then calculated, what it costs the house owner to insulate the houses more carefully and considerately, so the cultural values are kept. The restoration and energy improvement of windows, re-insulation of the floor, ceiling and roof, insulation of pipes and so on. All together more or less 'invisible' in relation to the architecture and cultural values of the buildings.



Figur 2: Spesifikt, netto energibehov (kWh/m²) før og etter tiltak

The graph shows that the calculated energy loss from six different types of buildings, from different periods, which has been energy improved in three different ways: Red column: The future passive house standard for energy loss, without regard to the cultural values. Green column: A more gently energy improvement with regard to the cultural values. Purple column: With regard to the cultural values – alternative 2. The blue column shows the energy loss before the energy improvements.

The cultural values in the buildings are for instance the original windows and doors, the facades, the floors and the ceilings.

The study shows that in all six cases the 'Energy improvement with no regard to the cultural values', (red column), (Tiltak uten hensyn til vern), of cause is less than the others - but not much compared to 'Energy improvement with regard to the cultural values' (green column) (Tiltak med hensyn til vern). The difference is only about 10-20%.

If you take the two situations shown in the red and the green columns, the graph shows the relatively small difference in the energy consumption – but the two methods will on the other hand result in large differentials in the visual expression of the houses.

For many house owners however, the economic consequences are more interesting, so this has also been calculated in the Norwegian study. The house owner's annual heating bill in kWh/m², in the two insulation ways (red and green column), are almost identical, with a relatively small benefit to the thick insulation for the low energy standard. But if you look at the repayment period for the house owner's invested money after isolation, ie the costs divided by the energy savings from prior to the interventions, we see at totally different picture.

For the 'Energy improvement with regard to the cultural values', but thus not fulfilling the future Building energy requirements, the repayment period varies from 19 to 23 years. It may seem like a long time. But for the more extensive insulation to passive house standards to meet the energy requirements of the building regulations, the payback time is - infinitely. It will never be repaid. The homeowner saves too little energy, compared to the cost for him, so he within a reasonable time will be able to get his money invested for energy improvements paid back.

Tabell 6: Beregnet total kostnad for tiltakene (kr) samt nedbetalingstid. Kostnader er inkludert rigg og drift og mva.

Bygning	Uten hensyn til vernekrav	Uten hensyn til vernekrav Uten ventil-asjonsanlegg	Med hensyn til vernekrav	Med hensyn til vernekrav, alternativ 2
Murgård fra 1800-tallet				
Kostnad:	2,34 mill.	1,88 mill.	1,37 mill.	1,78 mill.
Nedbetalingstid:	aldri	27 år	20 år	49 år
Panelt tømmerhus fra før 1900				
Kostnad:	1,00 mill.	829'	831'	
Nedbetalingstid:	30 år	19 år	23 år	
Enebolig fra 1900-1940				
Kostnad:	1,20 mill.	1,02 mill.	592'	
Nedbetalingstid:	aldri	aldri	19 år	
Førkrigs leiegård				
Kostnad:	5,05 mill.	4,00 mill.	2,84 mill.	3,22 mill.
Nedbetalingstid:	aldri	aldri	aldri	aldri
Boligblokk fra 1950-1970				
Kostnad:	4,13 mill.	3,14 mill.	2,53 mill.	
Nedbetalingstid:	aldri	aldri	aldri	
Husbankhus fra 1950-1970				
Kostnad:	840'	724'	465'	539'
Nedbetalingstid:	aldri	aldri	aldri	aldri

In this figure, the total cost of the various ways of energy improvements, with and without regard to the houses cultural values of 6 different types of buildings of different ages in Norway calculated. The same energy prices are used in all the calculations.

For the gentle re-insulation, where you are 'taking into account the cultural values', the re-payment period until the costs are paid for itself in energy savings, 19-23 years, what may seem a long time. But the thicker energy improvements to 'the 2015 Passive House standard', which does not take into account the cultural values of the house, the payback time for most houses is: Never. The energy improvements will simply never be able to pay for themselves!

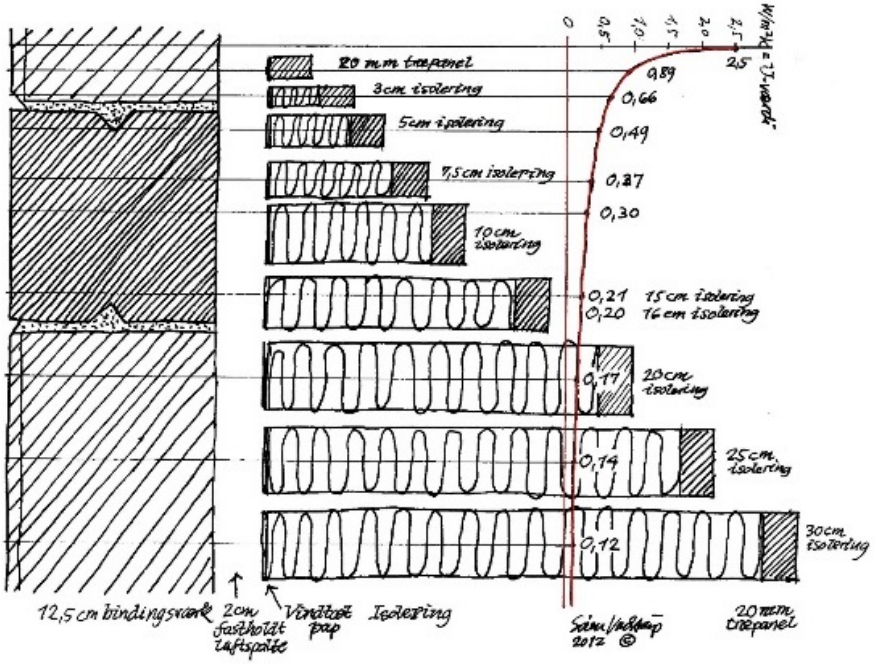
The conclusion is quite clear: we must improve the method of careful energy improvement that takes the building's cultural values into account. Otherwise, you just get anything out of your money- on the contrary, you impair the precious cultural values.

The Danish Building Code provides for some energy-saving measures in existing houses only to be implemented if they are profitable. But it does not apply to the replacement of a number of components such as floors, walls, doors, windows or roofs.

The first 10 cm insulation material provides nearly 90% savings. So more than 10-15 cm of insulation material in walls, floors or roofs, does not pay – regarding energy or economy.

With the ever-stricter requirements to reduce heat loss and correspondingly strong increases of insulation thickness on old buildings in Denmark, we have made a small calculation that puts this in perspective. It is seen in the attached drawing. If one takes a Danish timber-frame house, they are very typical and extreme valuable for the building traditions in certain regions- and for the same reason, they are not possible to insulate from the outside.[xviii]

The thin half timber wall are 12.5 cm thick and filled with brickwork, has a heat loss through the uninsulated wall of 2.5 W/m²K. If you put another 10 cm insulation (linen, paper wool or cellulose) behind wooden panels the heat loss decreases to 0.3 W/m²K, corresponding to a reduction of 88% compared to the bare wall.



The relations between the thickness of insulation and the resulting heat loss reduction in a half timber construction. Anything above 10 cm insulation is hardly worthy - neither regarding energy, economic or regarding the buildings architectural and cultural values. Similar calculations can be made for other building types. Drawing: Søren Vadstrup

If we now put 15 cm insulation instead of 10 will the heat loss be 0.21 W/m²K, representing a saving of 91%, but the savings compared to the 10 cm insulation is 'only' a further 3%. If the insulation thickness are further increased to 20 cm with a heat loss of 0.17 W/m²K, the heat loss increases only 2.2%.

In relation to the technical problems, which such a thick, insulated wall will add to the house by increasing the insulation thickness of 10-20 cm, with a further saving of only about 5%, such a project is not sound in a economic sense. In addition, the reduction of living space, because the house, as most half-timbered houses, is only 6.5 meters wide, is reduced by half a meter inside. Plus the economic costs, including the re-payment period.

The first 10 cm insulation provides something with real impact - 88% reduction of heat loss in the wall. The rest is hardly worth the money compared to this. The current Building Regulations in Denmark requires from 2015 an isolating-thickness of 25 cm in a half timber wall.

In that case a thick insulation layer also affects the temperatures in the old components, compromising the durability of the old structures that were meant to be preserved.

The 250-year-old half-timber wall is in fact storing a lot of CO2 in the timber and in the bricks, so we should rather concentrate not to cause dry rot or deterioration because of excessive and improper insulation.

DISCUSSION

This paper has shown that

- Old buildings, built before 1960 has an almost unlimited lifetime and sustainability.
- High-insulated, new buildings will often have higher measured energy consumption in the building than old buildings with less insulation.
- Newly constructed houses takes 60-100 years to balance the CO2 emissions – compared to a simple energy improvement of old houses. In that time, the CO2 savings are negative. Moreover, after that time, the new building does not exist anymore. But the old buildings does.
- Rampant energy improvement of old buildings does not pay. Cheap and simple solutions, with long lifetime and sufficient effect, pay much better.
- The first 10 cm insulation material provides nearly 90% savings. So more than 10-15 cm of insulation material in walls, floors or roofs, does not pay – regarding energy or economy.

The conclusion is, that the large stock of existing 100-200 years or more, old buildings, which are not torn down, but kept, restored and reused at the same place - are a very important resource for the reduction of CO2 emissions, perhaps the most important resource of all. They have a much longer lifetime than most new build houses today, and they are therefore more sustainable – understood as long lasting – than these.

CONCLUSIONS

Our research has shown that the so-called 'classical' building materials, which were developed and used before about 1960 have very long, or even unlimited, lifetimes. A large part of the problem today is that many homeowners and builders maintain older buildings with the wrong materials and methods. The most serious technical and aesthetic damage to older buildings is due to the use of inappropriate materials, methods and structures for maintenance and refurbishment - not the degradation from the weather and frost.

The research has shown that the classical materials and methods are also the most appropriate, durable and economical maintenance and refurbishment of buildings that are older than about 1960.

The research also shows that many of the present projects for energy improvements on old/existing buildings:

- Impairs the architecture and the building's original materials and substance
- Have poor durability
- Have poor economy (repayment)
- Increases CO2 impact - in the short term
- Are filled with new and untested materials and methods with a very short lifetime

We therefore want to propose a new definition of sustainability for all buildings. A sustainable building is a building, which:

- consists of environmentally friendly materials and structures with a very long - at least 200-300 years * - lifetime and durability, which can be maintained with the same materials and methods.
- has kept a very long time - or are built to last very long - and can then be re-used on the site being restored and remodeled with care - so that the durability continues 200-300 years more.
- has a low energy consumption - based on simple and natural solutions with very long life.
  (* Thatched roofs and chimney caps excluded).

In fact the Danish translation of the English word 'sustainable' (bæredygtig) has misunderstood or does not reflect the right meaning of the word: Long lasting withstanding durability. As in Frensh: durabilité, or German: nachhaltigkeit or Swedish: Hållbar.

So, a sustainable building or a sustainable city is a building or a city, which original fabric has a long lifetime, long durability and long withstanding, which can be and has been preserved for long time.
A sustainable building or a sustainable city is not, as it is translated in Danish: A building or a city, which just has a low energy consumption – no matter how long time the building and it materials will last.

- If older buildings are maintained, repaired and energy improved carefully with the classic materials and methods, they will, to a greater extent than similar highly insulated new buildings and highly insulated older buildings - have a positive impact on the global climate, and Denmark's climate goals by:
- Reduce the CO_2 impact – for instance by not destroying old wood constructions.
- Reduce the energy impact – by cautious energy improvements
- Reduce waste, also hazardous chemicals from new materials
- Achieve better technical solutions using materials with high durability and long lifetime
- Keep the building's original materials and substance
- Keep the architectural whole - in the building itself and in relation to its surroundings
- Achieve a healthy house with genuine and non-polluting materials
- Adapt easily to new functions and all modern facilities.
- Result in a better economy for the owners, with lower energy consumption and less repair and replacements.

5.5 Energiforbedring af bevaringsværdige bygninger med respekt for bevaringsværdierne (resumé)

Bogen: *Bevaringsværdige bygninger – gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold*. 2018 af Søren Vadstrup – i samme serie som denne, er resultatet af et projekt, som blev finansieret af Trafik-, Bygnings- og Boligstyrelsens Byfornyelsesmidler.

Da denne bog imidlertid, sammen med den tredje bog i samme serie *Bevaringsværdige bygninger – sikring af bevaringsværdier* (3. reviderede udgave, 2018) hører tæt sammen med nærværende bog, bringer jeg her et resumé af denne bogs nye resultater og viden.

5.5.1 Bevaringsværdige bygninger

Det, der karakteriserer en bevaringsværdig bygning, er, at den har nogle åbenbare arkitektoniske og kulturhistoriske kvaliteter, en stor grad af originalitet og så bidrager den til et fint bygningsmiljø, især efter lokal målestok. Almindeligvis vil den også være ældre end 1960.

Bevaringsværdige bygninger udpeges efter en nærmere bestemt lovgivning, ved hjælp af et nærmere bestemt system og af fagligt dygtiggjorde personer. Dette er begrundet i, at der er et klart ønske i befolkningen og hos politikerne om at passe godt på Danmarks bygningskulturarv. Derfor er der også et klart ønske om at identificere, lovgive om og øge bevidstheden i befolkningen om bygningskulturen – ikke mindst i form af de bevaringsværdige bygninger.

Der er derfor i lovgivningen, i registreringen og i rådgivningen og vejledningen overfor ejerne af de bevaringsværdige bygninger, lagt vægt på at alle indgreb og byggearbejder på denne særlige del af vores ældre bygningsmasse, altid skal sikre eller øge bygningens bevaringsværdier. Ellers forgår eller forfladiges bygningskulturen mere og mere, efterhånden som årene går.

Dette bør derfor også gælde de indgreb, der foretages for at energiforbedre de bevaringsværdige bygninger, bl.a. for at leve op til Bygningsreglementets energikrav, eller for i det hele taget at spare på udgifterne til opvarmning af huset.

Ny forskning viser imidlertid, at hvis man udfører energiforbedringerne efter den metode, og med de materialer og tekniske udførelser, der kort er beskrevet nedenfor, kan det godt lade sig gøre at energiforbedre ældre bygninger, opført før 1960, til den nugældende standard (2012), uden at dette sker på bekostning af husets bevaringsværdier eller arkitektoniske kvaliteter.

5.5.2 Ældre bygninger yder et positivt bidrag til klodens miljø- og klimaregnskab

Bevaringsværdige bygninger, og ældre bygninger i det hele taget, har den meget store fordel i det store energi- og miljøregnskab for kloden og samfundet, at de har holdt meget længe – 150-200 år er ikke ualmindeligt – og at de stadig kan holde meget længe endnu (faktisk *vedvarende*), hvis de behandles med de rigtige materialer og metoder (side 23 – 32).

Beregninger har vist, at der er en større positiv miljøeffekt ved at istandsætte og energiforbedre en eksisterende bygning nænsomt og med respekt for bevaringsværdierne - end ved at bygge et nyt nulenergihus. Det nye nulenergihus udleder ganske vist mindre CO2 i den daglige drift, men driften er en forsvindende lille del af den miljøbelastning, det er at bygge et nyt hus med nye materialer. Først når nulenergihuset er 40 - 80 år gammelt, vil miljøbelastningen have tjent sig ind i forhold til, hvis man i stedet havde valgt at energiforbedre et hus af ældre dato. I dette regnskab er der ikke engang indregnet CO2-belastningen fra at rive et eksisterende ældre hus ned på samme grund, hvad der jo ofte er tilfældet. I så fald bliver CO2-regnskabet endnu mere belastende for det nye nulenergihus (side 104).

Ydermere vil alt det træ, der findes i det gamle hus i form af bjælker, gulve, lofter, spær m.v. frigør store mængder CO2 ved afbrænding eller forrådnelse. Hertil kommer problemer med affald, farligt affald, samt det at nul-energihuset formentlig næppe holder i 70 eller flere år overhovedet. (Kilde: Concito)

Der er altså god grund til at anlægge et helhedssyn på vores bygninger. En bæredygtig bygning er ikke kun en bygning, som forbruger lidt energi. En bæredygtig bygning er først og fremmest en bygning, der holder længe, og som har holdt længe. En bygning med en flot arkitektur og et godt håndværk, som man helt naturligt tager til sig og tager vare på, netop fordi den rummer kvaliteter, der peger mange år frem i tiden. En bygning, som kan skifte funktion i takt med, at nye generationer kommer til og en bygning, der er enkel, nem og overskuelig at vedligeholde – og som rent faktisk kan vedligeholdes.

Ældre huse er beviseligt meget fleksible og kan erfaringsmæssigt sagtens følge med tiden, både med hensyn til nye anvendelser, nyindretning, moderne bekvemmeligheder og et lavt energiforbrug.

5.5.3 Energiforbedring med respekt for bevaringsværdierne

Når man energiforbedrer ældre bygninger, herunder bevaringsværdige bygninger, skal dette gøres med respekt for husets bevaringsværdier, og samtidigt med materialer, metoder og tekniske løsninger, der har samme meget lange levetid, som huset i sig selv – også i fremtiden, hvor ældre huse uden problemer vil kunne holde i yderligere 100-150 år.

Heldigvis er der gennemført en omfattende forskning på netop dette område over en årrække, så vi, specielt i forhold til energiforbedring af ældre bygninger, har mulighed for netop at kunne anvise gode løsninger med meget lange levetider, og som også både er energimæssigt gode, har gode indeklimamæssige egenskaber samtidigt med at husets arkitektoniske kvaliteter ikke forringes eller ødelægges.

Når det drejer sig om energiforbedring af gamle vinduer, efterisolering af bindingsværk, hulmur, tagrum og gulve i eksisterende, ældre bygninger, findes der således helt entydige erfaringer og dokumenterede resultater, der peger på de mest optimale, tekniske og isoleringsmæssige løsninger, der også har meget lange levetider og kan udføres med forholdsvis miljøvenlige materialer.

Energiforbedring af ældre bygninger kræver derfor viden – for de fleste faktisk ny og anden viden, end de er vant til. Det kræver nemlig for det første en anden/anderledes fremgangsmåde for hele projektet, for det andet helt andre/anderledes tekniske metoder og for det tredje helt andre/anderledes materialer, herunder isoleringsmaterialer, end ved opførelse af nye højisolerede bygninger.

Baggrunden for dette er dels, som ovenfor nævnt, en entydig forsknings- og erfaringsbaseret viden om materialer, metoder og de fysiske love i en ældre bygning, dels tydelige forskelligheder i de fugt- og indeklimamæssige forhold i nye og gamle bygninger, bl.a. betinget af deres materialer og konstruktioner og dels at lange levetider og bæredygtighed, bl.a. gennem ægte genbrug i selve bygningen, prioriteres højt.

Et vigtigt element i de nedenfor beskrevne metoder til energiforbedring af bevaringsværdige bygninger, og ældre huse i det hele taget, er derfor at der eksisterer en stor enighed, koordinering og konsensus om disse hos de myndigheder, viden-centre og organisationer, der i særlig grad arbejder med bevarelsen af bygningskulturen, herunder de fredede og bevaringsværdige bygninger, i Danmark. Det drejer sig bl.a. om Kulturstyrelsen, Det særlige Bygningssyn, Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, Arkitektskolerne, Center for Bygningsbevaring i Raadvad, Landsforeningen for Bygnings- og Landskabskultur, Bygningskultur Danmark m.fl. – foruden de tilsvarende myndigheder, uddannelsesinstitutioner og organisationer i Sverige og Norge.

5.5.4 Prioriterede energiforbedringer

oplistet efter energiforbedringer, der 1) ikke påvirker bevaringsværdierne, 2) der er synlige men acceptable 3) ikke er bevaringsmæssigt acceptable

Energiforbedringer, der ikke påvirker bevaringsværdierne

- Efterisolering af ikke synlige, men tilgængelige konstruktioner (Krybekældre, udnyttede, beklædte tagrum, etageadskillelser, skunkrum, kældervægge)
- Udvendig efterisolering af kældervægge under terræn
- Hulmursisolering
- Gamle træ- eller teglgulve optages og ilægges igen efter en varmeisolering
- Træbygninger med bindingsværkskonstruktion isoleres mellem bindingsværket ved at nedtage og opsætte bræddebeklædningen igen.
- Der isættes energiglas i eksisterende koblede vinduer og indvendige forsatsvinduer.
- Der lægges gulvvarme i stedet for centralvarme (lavere fremføringstemp)
- Forbedring af eksisterende fyr, opvarmning rørføringer, isolering af varmerør osv.
- Solfanger/solceller, anbragt udenfor huset – naturligvis tænkt ind i helheden.
- Jordvarme etc.

Energiforbedringer, der er synlige, men kan være bevaringsmæssigt acceptable

- Udvendig efterisolering af vinduesløse gavle eller lign.
- Efterisolering af gulve, hvor gulvbrædder eller gulvtegl skiftes ud med nye, magen til de gamle.
- Efterisolering under vinduesbrystninger, herunder bag 'radiator-nicher'.
- Indvendige forsatsvinduer med energiglas eller energiruder på de eksisterende vinduer – dog ikke bevaringsmæssigt optimale i alle udformninger.
- Nye vinduer, udført helt magen til de oprindelige udvendigt, inkl. gamle rudeglas, kitfals og beslag, men indvendigt energiforbedret med forsatsvinduer eller koblede vinduer (fortrinsvis hvor de originale vinduer allerede er skiftet ud)
- Efterisolering af etageadskillelse eller mellem spær, i uudnyttede tagrum (hvor tagkonstruktionen ikke er specielt bevaringsværdig)
- Tætningslister på yderdøre
- Forsatsdøre indvendigt på gamle yderdøre
- Vindfang, luftsluser etc. indvendigt på yderdøren.

Energiforbedringer, der er bevaringsmæssigt uacceptable

- Udskiftning af originale vinduer med nye termovinduer af træ, plastik eller aluminium
- Spinkle støbejerns- og smedejernsvinduer, der forsynes med termoglas eller kraftige forsatsvinduer.
- Udskiftning af yderdøre med nye isolerede yderdøre
- Udvendig efterisolering af facader i blank murværk eller med facadeudsmykninger
- Efterisolering oven på en eksisterende tagkonstruktion, så tykkelsen øges
- Synlige solfangere i tagene eller på bygningen
- Isolering af tagrum, hvor spær og hanebånd drukner

5.5.5 Ny viden

Bygninger, opført før 1960, er karakteriseret af facader med dekorationer i form af mønstermurværk, facadepuds og pudsdekorationer, gesimser, sokkel, trukne og profilerede vindues- og dørindfatninger,

Bygninger, opført før 1960, er næsten uden undtagelse forsynet med ramme- og sprossedelte vinduer, såkaldte 'dannebrogsvinduer' og skal fortsat være det, også såfremt vinduerne udskiftes. Karakteristisk for disse er ruder i kitfals, profilerede rammer og sprosser, tynde sprosser og blæst eller trukket rudeglas.

Bygninger, opført før 1960, er også næsten uden undtagelse opført af helt porøse og diffusionsåbne materialer, såsom murværk, der indvendigt er pudset med kalkmørtel, træ til bindingsværk, bjælker, gulve og lofter, evt. med pudsede lofter i kalkmørtel, mm. Karakteristisk for disse materialer er, at de har let ved at optage og afgive fugt i rummene.

Netop disse tre byggetekniske og arkitektoniske forhold ved ældre bygninger har været genstand for en del forskning og afprøvning, så det kan på baggrund af denne fastslås, at de teknisk og arkitektonisk bedste energiforbedringer omfatter:

- Indvendig efterisolering af ydervægge, primært under vinduesbrystningshøjde, med maksimalt 10-15 cm isolering. En udvendig efterisolering vil helt klart forringe husets oprindelige arkitektoniske udtryk og bærende bevaringsværdier.
- Energiforbedring af de eksisterende gamle, originale vinduer med indvendige forsatsvinduer, eller fremstilling af nye koblede vinduer af træ med udvendige ruder i kitfals og indvendige energiruder. Nye vinduer med udvendige termovinduer, eventuelt med falske, pålimede sprosser, vil helt tydeligt forringe husets oprindelige arkitektoniske udtryk og bærende bevaringsværdier.
- En fugtdynamik i huset, der fortsat beror på lufttætte, men porøse og diffusionsåbne overflader, f.eks. kalkpuds, ru eller linoliemalet træ, limfarvede lofter mm. Opsætning af tætte dampspærrer af plastik, kan ikke anbefales, da de har alt for kort levetid, ikke kan udføres helt tætte i ældre bygninger – og en for tæt tætning derudover vil medføre øget fugtindhold i rumluften med unødigt øget energibehov til opvarmning eller bortventilering.

5.5.6 Ny metode til energiforbedring af bevaringsværdige bygninger

1: En anden fremgangsmåde end ved nye bygninger

A: En historisk, teknisk og arkitektonisk VÆRDISÆTNING
Der bl.a. identificerer de særlige karakteristiske træk ved huset i forhold til omgivelserne, bygningskroppens form og proportioner, facadernes materialer, farver og mønster, særlige arkitektoniske detaljer, udvendigt og indvendigt.

B: Et kombineret BEVARINGS- OG ENERGISYN, der ikke kun fokuserer på de rent energimæssige forhold og ønsker, men tager hensyn til husets arkitektur og bevaringsværdier, jf. punkt A

C: En liste over BEVARINGSMÆSSIGT PRIORITEREDE ENERGIFORBEDRINGER, oplistet efter energiforbedringer, der ikke påvirker bevaringsværdierne, der er synlige men acceptable eller som ikke er bevaringsmæssigt acceptable

2: Andre/anderledes tekniske metoder end ved nye bygninger

D: Man skal ikke skifte gamle vinduer ud med nye termovinduer eller energitermoruder, men i stedet energiforbedre med indvendige forsatsvinduer. Dette giver også den bedste energimæssige løsning – langt bedre end tilsvarende nye termovinduer af træ, plastik eller træ-alu. Den bedst isolerende løsning (1+2) har en U-værdi på 0,55 W/m²K og et energital på ÷ 18 kWh/m² år, d.v.s. langt bedre end kravene i BR10. (se skemaet side 30)

E: Nye vinduer skal tilsvarende udføres som kitfalsvinduer med koblede rammer eller forsats-vinduer med energiglas eller energiruder. Dette giver også den bedste energimæssige løsning – langt bedre end tilsvarende nye termovinduer af træ, plastik eller træ-alu.

F: Man skal ikke opsætte tætte plastikdampspærrer i ydervæggene, men i stedet etablere et ventileret hulrum yderst til at opsamle fugten fra vægkonstruktionen og benytte et fugttransporterende isoleringsmateriale. Indvendigt virker en beklædning af brædder, rørvæv og puds (luftkalkmørtel) eller et træpanel som en lufttæt fugtbuffer.

G: Man skal ikke efterisolere mellem tætsiddende facadevinduer eller over disse, men i stedet etablere en lav forsatsvæg/forsatskasse, med 10 cm isolering, under vindueshøjde.

H: Man skal ikke efterisolere indvendigt med mere end max. 10 - 15 cm isolering.

3: Andre/anderledes materialer end ved nye bygninger

I: Fugttransporterende isoleringsmaterialer, der ikke behøver indvendige, tætte dampspærrer.

J: Forsatsvinduer med energiglas eller energiruder med en hård og blød belægning.

K: Ingen udvendige termovinduer/ruder – og især ikke med falske pålimede sprosser.

M: Ingen indvendige, tætte dampspærrer, der dels ikke kan udføres helt tæt i praksis, dels vil blive perforeret gennem husets brug og dels vil forværre virkningen af sommerkondens.

Andre problemfrie energiforbedringer i forhold til bevaringsværdierne

Hulmursisolering
Murede huse med hulmur kan med fordel hulmursisoleres af et certificeret isoleringsfirma. U-værdi: 0,20 W/m²K

Isolering af tag og kviste
Man skal efterisolere taget mellem spærene, og ikke oven på disse, for at undgå at selve tagmaterialet løftes, bortset fra ca. 2,5 cm ved etablering af et fast undertag. Med 20 cm isolering fås en U-værdi på 0,20 W/m²K.

Efterisolering af kældergulv mod terræn
kan udføres med 10 cm kapilarbrydende lag (lecanødder), 20 cm isolering, 10 cm armeret beton. Evt. herpå efter 2 måneders hærdetid: 10 cm gulvstrøer lagt på tjærepap, med 5 cm isolering og 5 cm ventileret luftspalte mellem og 28 mm gulvbrædder med fer og not, sømmet på gulvstrøerne.

Isolering af husets varmerør
Tætning af døre m.m.

5.5.7 Konklusion

Ved at bevare, istandsætte og energiforbedre ældre bygninger **nænsomt** –frem for bevidstløst at 'overisolere' disse eller ligefrem rive dem ned - kan opnå en række fordele, der på samme tid styrker og supplerer hinanden:

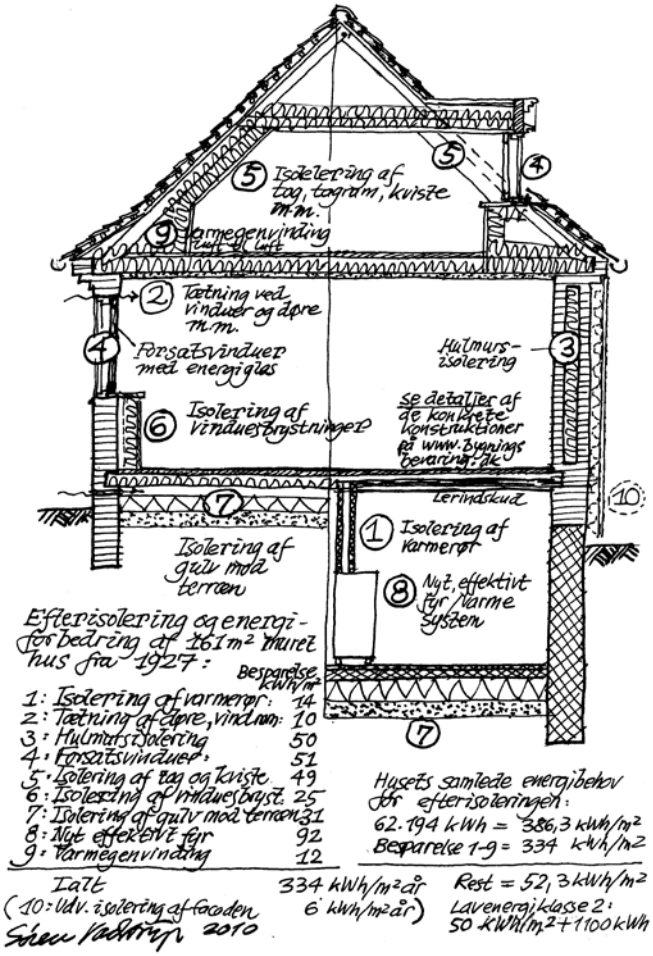
1 **Reducere klimabelastningen** for landet, først og fremmest fra CO2 – stort set fra dag eet

2 Opnå gode, **sunde huse** af naturlige materialer med et godt indeklima uden plastik eller andre syntetiske stoffer.

3 Forbedre ejernes **økonomi** ved at energiforbedre nænsomt og i pagt med husets bevaringsværdier og samtidigt mindske vedligeholdelsesomkostningerne

4 **Bevare, anvende og udvikle vores bestående bygningskulturarv** på en kvalificeret måde, så de historiske og arkitektoniske helheder, som disse udgør i vores byer og landskaber, ikke ødelægges, bl.a. af bevidstløse efterisoleringer, som det ofte sker i dag. Og samtidigt opfylde Bygningsreglementets energikrav (se nedenfor)

5 Bygge videre på de gamle **tekniske og bygningsfysiske løsninger** for huset og dets originale dele, så de uden problemer holder i 100-200 år – ud i fremtiden.



Tegningen viser de forskellige energiforbedringer, man kan foretage på et ældre hus, uden at det går ud over bevaringsværdierne.

Energiforbedringerne er opstillet i prioriteret rækkefølge, med de mindst indgribende, billigste i udførelse og med den største effekt, først.

Ingeniører på DTU har beregnet den energibesparende effekt i kWh/m² per år på et konkret hus – fra 1927 på 161 m² opvarmet areal.

På andre huse vil disse tal være en smule anderledes, men tendensen og resultatet vil være helt samstemmende.

Som det ses kan denne bygning, der er opført i 1927, og erklæret bevaringsværdig, opfylde de gældende energikrav i Bygningsreglementet, endda i Lavenergiklasse 1 – den bedste – med et energiforbrug på 50 kWh/m²K per år, ***uden at forringe husets bevaringsværdier****.*

Det vil sige ***uden*** *at skifte vinduerne til nye termovinduer med lavenergiruder,* ***uden*** *at isolere facaderne udvendigt eller* ***uden*** *en udskiftning af de yderste mursten med tynde skaller, for at få mere plads til mere isolering. Alt dette er helt unødvendigt og vil ødelægge husets bevaringsværdier*

Litteratur og noter

Bøger, artikler og internetmaterialer
produceret som led i forskningsprojektet 'Vedvarende holdbarhed' (2014 – 2017)

Vadstrup, Søren: *BYHUSET – historie, vedligeholdelse og istandsættelse* (L&R 2014)

Vadstrup, Søren: *Kridtstenshuse på Stevns – vedligeholdelse, istandsættelse og energiforbedring* Stevns kommune, 2014. https://stevns.dk/sites/default/files/kridtstenshuse_paa_stevns.pdf

Vadstrup, Søren: *Bevaringsværdige bygninger – sikring af bevaringsværdier* (3. reviderede udgave, 2018)

Vadstrup, Søren: *Bevaringsværdige bygninger – gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold*. 2018

Slots- og Kulturstyrelsen: Information om Bygningsbevaring 2014: (red. Søren Vadstrup, 2014)
https://slks.dk/omraader/kulturarv/bygningsfredning/gode-raad-om-vedligeholdelse/ *bl.a.:*
- *Efterisolering af bindingsværk*
- *Energiforbedring af vinduer*

Vadstrup, Søren: *Vinduets historie i Danmark*. ARKITEKTEN 04, april 2016. side 64-67

Vadstrup, Søren: *Ikke-støvende afrensning af blyholdig maling ved vindues-istandsættelse m.m*. Anvisninger til Bygningsbevaring. Center for Bygningsbevaring i Raadvad, juni 2015

Vadstrup, Søren: *1960 (*side 8-9). *En kort historie om kalk (*side 18-19). I: KALK A/S, 2016: KALK. Build lasting culture. Bæredygtigt byggeri i Danmark.

Vadstrup, Søren: *Ny viden om VINDUER af træ i ældre bygninger (før 1960-70)* I: Byggnadskultur 1:17. Byggnadsvårdföreningens tidsskrift. Svenska Byggnadsvårdföreningen.

Vadstrup, Søren: *Bevar Roskildes brutale mesterværk*. I: Politiken. KRONIKKEN, den 7. januar 2017
Vadstrup, Søren: *Bevar Roskildes brutale mesterværk*. I: ARKITEKTEN, 02/februar 2017 s. 41-46

Vadstrup, Søren: Bindingsværk – før, nu og i fremtiden. I: *by&land* nr. 115, juni 2017.
Vadstrup, Søren: Bindingsværk – før, nu og i fremtiden. I: *Magasinet TRÆ, Dansk Byggeri*, juni 2017.

Peer-reviewed Papers (* som inviteret foredragsholder)
1. 7. Passivhus Norden i BellaCenteret i aug. 2015: Energy improvement of existing buildings (se side 97-104)
2. *Forum Calce Italiano. Bologna, april 2016 *New experiences with air-lime in mortar and plaster in masonry. The moisture diode-effect, porosity as moisture buffer, Experiences with hotlime.*
3. *International kongres om modernismen i Yekatarinburg, Rusland: *The Nordic Modernisme from 1930-1960. Experiences with Restoration, transformation and energy improvement.*
4. *Samme: *Restoration and energy improvement of wooden windows.*
5. *Nordisk konference i Turku i Finland, maj 2016: *De nordiske principper for en bæredygtig istandsættelse og ombygning af eksisterende bygninger - samt indpasning af nye huse i eksisterende bygningsmiljøer.*
6. *Bauhaus Universität, Weimar, juni 2016: *Analyze and assessment of buildings and surroundings, cities and squares.*
7. DOCOMOMO-konference, Lissabon, sept. 2016: *In search of identity – New method to analyze and assess intangible heritage.* (GENIUS LOCI side 50 – 55)
8. *Konference i Trondheim om den nordiske trestad i sept. 2016: *Nyt syn på det nordiske træhus.*
9. *Samme: *Istandsættelse og energiforbedring af vinduer af træ* www.nordisktreby.org
10. *Verdensarv-konference i Christiansfeld 27. sept. 2016: C*hristiansfeld's byggeteknik og immaterielle kulturarv* (ligger på Christiansfeld-Centeters hjemmeside) (Se: Vadstrup, Søren: 'Genous Loci', side 33-41)
11. ICOMOS/CIAV-conference, Wendland, Tyskland, sept. 2016: *Conservation and energy improvement of built vernacular heritage in times of rural exodus.*
12. *Nordisk Kalkforums konference i Malmø i oktober 2016: *Historicismens facadedekorationer i puds, gips og portlandcement*
13. *Seminarium om Stolpverksbygge på Göteborgs Universitet. Mariestad. 3.-4. februar 2017 *Projekt 'Haubarg'. Forskning og undervisning i bindingsværk på Kunstakademiets Arkitektskole.*
14. SOStierra 2017 Valencia, Spain, sept 2017: *Rehabilitation of half Timber buildings with clay fillings in Denmark.* (se side 92-97)
15. Vadstrup, Søren: 'Never waste a good Crisis. Sustainability in the wake of an energy crisis: Historical research on the energy crises of the 18th century and the 1970s'. In : (Algreen-Petersen, Bak-Andersen and Harlang (ed.): *Robust – Reflections on Resilient Architecture.* Gekko Publishing, Copenhagen 2017.(Page 74 – 80). (se side 77-82)

Anden litteratur (kronologisk)

Trafik- og Byggestyrelsen: *Bæredygtigt byggeri*. Februar 2016
https://www.trafikstyrelsen.dk/~/media/Dokumenter/09%20Byggeri/Baredygtigt%20byggeri/TBST-2016-02-Introduktion_B%C3%A6redygtigt_Byggeri.pdf

Trafik- og Byggestyrelsen: *Introduktion til LCA på bygninger*. Februar 2016
https://www.trafikstyrelsen.dk/~/media/Dokumenter/09%20Byggeri/Baredygtigt%20byggeri/TBST-2016-02-Introduktion_LCA.pdf

Trafik- og Byggestyrelsen: *Introduktion til LCC på bygninger*. Februar 2016 https://www.trafikstyrelsen.dk-/~/media/Dokumenter/09%20Byggeri/Baredygtigt%20byggeri/TBST-2016-02-Introduktion_LCC.pdf

InnoBYG. Innovationsnetværk for bæredygtigt byggeri: *Dilemmaer og overvejelser i det bæredygtige byggeri*. Aug. 2014 https://www.innobyg.dk/media-/68422/dillemmaer%20og%20overvejelser%20i%20det%20b%C3%A6redygtige%20byggeri,%202014.pdf

InnoBYG. Innovationsnetværk for bæredygtigt byggeri: *Usikkerheder ved energiberegninger*. Juni 2014
https://www.innobyg.dk/media/54096/usikkerheder%20ved%20energiberegninger.pdf

Bygherreforeningen: *Hvidbog om bæredygtighed i byggeriet. Et overblik over eksisterende viden og nye initiativer*. April 2013. https://www.innobyg.dk/media/36207/hvidbog_om_baeredygtigt_byggeri_final_web.pdf

Statens Byggeforskningsinstitut: *Kortlægning af bæredygtigt byggeri*. SBi 2013.09 https://www.trafikstyrelsen.dk-/~/media/Dokumenter/09%20Byggeri/Baredygtigt%20byggeri/kortlaegning_af_baeredygtigt_sbi.pdf

Bygherreforeningen og Grundejernes Investeringsfond: *Hvidbog om bygningsrenovering*. 2013.
http://gi.dk/Publikationer/Hvidbog%20om%20renovering%202013.pdf

Tænketank om bygningsrenovering: *FOKUS på bygningsrenovering. Syv initiativer for byggebranchen*. 2011

Andet

Henrichsen, Trine: *Samme belægninger til større regnmængder*.
Interview med S.V. om klimasikring af landsbyer. Bygge- og Anlægsavisen. Nr. 3/2016, 2. sektion s. 4
https://issuu.com/mediaxpress/docs/boa_3sek2_16/4?e=0

Madsen, Bine: *Bæredygtige boligdrømme*. Interview med S.V. om nedrivning og nybyggeri af enfamiliehuse. I: Midtjyllands Avis den 1. oktober 2017. https://www.mja.dk/artikel/20171001/bredygtige-boligdrmme
(se også side 45 i denne publikation).

NOTER til 5.1 Man skal aldrig lade en god krise gå til spilde... (side 83)

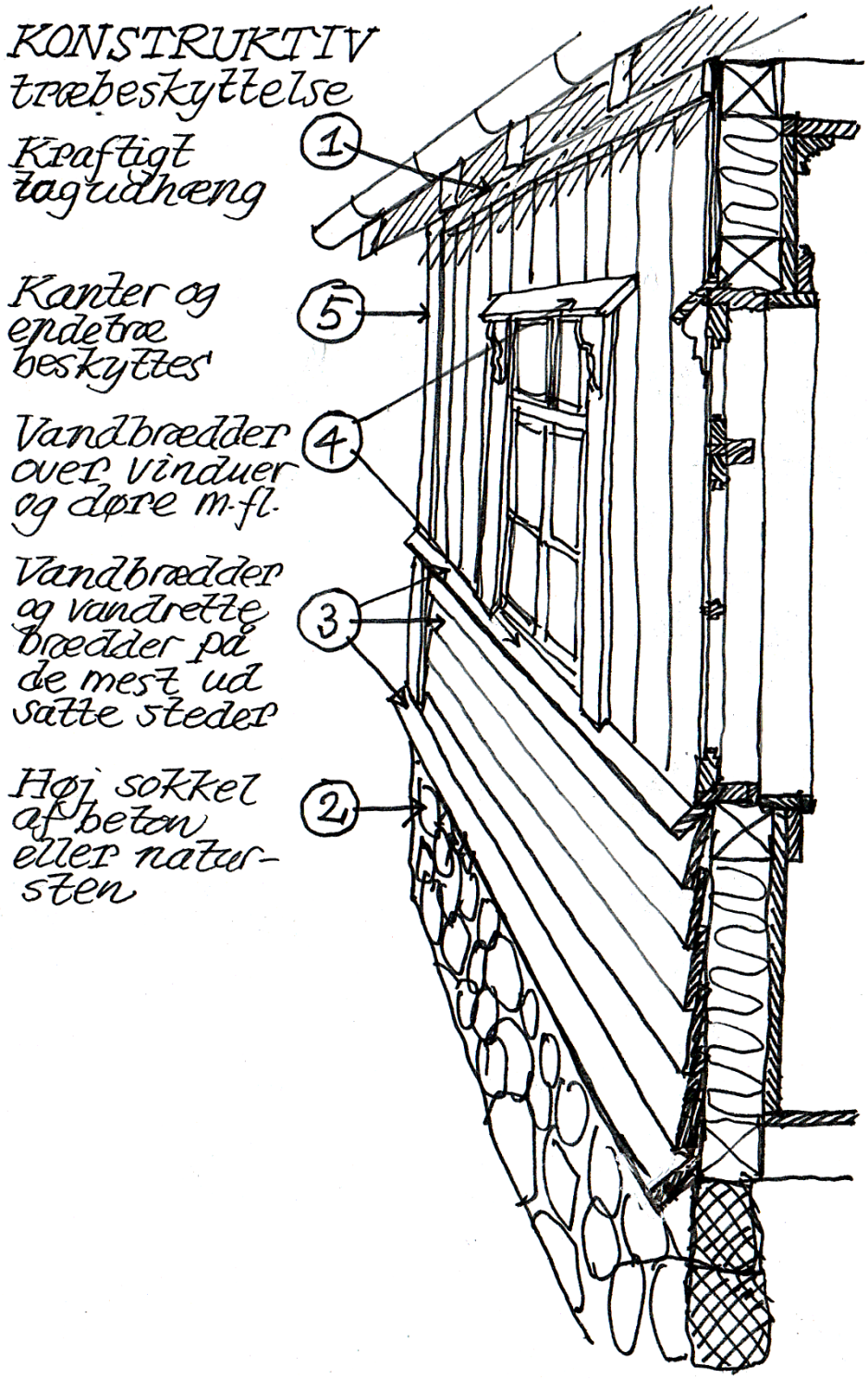
i Gyldendals Store danske: Oliekrisen i 1973
ii Torben Olesen, 1977.
iii Dan Ch. Christensen, 1996, side 171-198.
iv Søren Vadstrup, 2014 side 100-103
v Bjarne Stoklund, 1972, side 63-76.
vi Ifølge § 21-23 i "Forordningen af 23. april 1781 om jordfællesskabets ophævelse" , ydede Staten et beløb per udflyttet gård, når denne var udflyttet. Grith Lerche, 1987, side 12.
vii. Dan Charlie Christensen, 1996, side 197-198.
viii. Grith Lerche, 1987, side 111. SV: Der er dog lige sket en erindringsforskydning på vejen fra landsbyen Viby til amtmanden i Nyborg: På en gård som denne ligger tærskeloen *aldrig* ved siden af stuen, og den er heller ikke forsynet med vinduer, da det åbne tagrum giver dagslys nok til tærskningen. Vinduet, der er tale om (fotoet) sidder mellem bryggerset og øl/mælkekammeret – og i modsatte side mellem bryggerset og aftægtsboligen.
ix Søren Vadstrup, 2004 side 201-204
x. Dan Ch. Christensen, 1996, side 196.
xi Sven Risom, 1952
xii Kulturarvsstyrelsen: *Fredede bygninger i Danmark. København 2005*

Litteratur

Christensen, Dan Ch.: Det Moderne Projekt. Teknik & Kultur i Danmark-Norge 1750 - 1850. Gyldendal, 1996.
Langberg, Harald og Hans Erling Langkilde (1942): *Dansk Byggesæt - Omkring 1792-1942*
Lerche, Grith: Bøndergårde i Danmark 1789-90. Landbohistorisk Selskab, 1987.
Olesen, Torben: Vinduer. Tradition, vedligeholdelse og forbedring. Fredningsstyrelsen, København 1977
Risom, Sven: Lerhuse. Fredensborg 1952
Stoklund, Bjarne: Bondegård og byggeskikfør 1850. D.H.F.s Håndbøger, København 1972
Vadstrup, Søren: *Gamle glasruder - en næsten overset dansk kulturskat*. By og Land, nr. 41, dec. 1998
Vadstrup, Søren: *Huse med sjæl. Om nænsom istandsættelse og bevaringsmæssig forbedring.* Gyldendal 2004

NOTER til 5.4 Sustainable energy improvement of old buildings (side 101)

xiii Vadstrup, Søren: *Huse med sjæl* (Gyldendal 2004)
Vadstrup, Søren: *Byhuset* (Lindhardt & Ringhof, 2014)
xiv *The Greenest Building: Quantifying the Environmental Value of Building Reuse*
Preservation Green Lab. National Trust for Historic Preservation. Seattle, USA. 2012
(http://www.preservationnation.org/information-center/sustainable-communities/sustainability/green-lab/)
xv Gram-Hanssen, K.: *New needs for better understanding of household's energy consumption: Behavior, lifestyle or practices?* . 2014 I : Architectural Engineering and Design Management.10, 1-2, s. 91-107 17 s.
xvi Same as xiv
xvii Miljøverndepartementet (Norge) v/ Norconsult: *Mer kunnskap om energieffektivisering i eksisterende bygningsmasse. Potensial for energisparing for et utvalg bygningstyper med og uten hensyn til kulturminnevern. Beskrivelse av tiltak og beregning av lønnsomhet.* Dato: 29.9.2011
xviii Kulturstyrelsen: *Information om Bygningsbevaring 2014* (Vadstrup, Søren (red.) 2014):
Efterisolering af bindingsværk.
https://slks.dk/fileadmin/user_upload/SLKS/Omraader/Kulturarv/Bygningsfredning/Gode_raad_om_vedligeholdelse/3.5_Efterisolering_af_bindingsvaerk.pdf
Energiforbedring af fredede og bevaringsværdige bygninger
https://slks.dk/fileadmin/user_upload/SLKS/Omraader/Kulturarv/Bygningsfredning/Gode_raad_om_vedligeholdelse/13.1_Energiforbedring_af_fredede_og_bevaringsvaerdige_by.pdf
Energiforbedring af vinduer
https://slks.dk/fileadmin/user_upload/SLKS/Omraader/Kulturarv/Bygningsfredning/Gode_raad_om_vedligeholdelse/5.6_Energiforbedring_af_vinduer.pdf



'Vedvarende holdbarhed' handler også om at huset er konstrueret 'rigtigt' – d.v.s. gennemtænkt i forhold til en meget lang holdbarhed, plus at det vedligeholdes med de 'rigtige' materialer – d.v.s. materialer, der har bevist deres lange holdbarhed i mindst 200 år.