

Dokumentation af konstruktiv træ beskyttelse

Martin Vestergaard
Teknologisk Institut

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

	Forord	5
	Sammendrag	7
	English Summary	11
1	Indledning	13
2	Identifikation af træbeskyttende designparametre	17
3	Laboratorieforsøg	19
3.1	Generelt	19
3.2	Regnprøvestand	19
3.3	Klimasimulatoren “De fire årstider” – Mark I	21
3.4	Klimasimulatoren “De fire årstider” – Mark II	26
4	Feltforsøg	31
5	Fuldskala demonstration	43
5.1	Mock-up af fleretages træhus	43
5.2	Buddinge støjskærme	44
6	Konklusion	47
7	Produkt data	51
8	Litteratur	53

Forord

De seneste 30 år har træ i udendørs konstruktioner hovedsageligt været trykimprægneret for at kunne holde til vejrliget. Med den grønne bølge er der en stigende interesse for at anvende "rent træ" som alternativ til det kemisk beskyttede træ. Ved brug af "rent træ" er det nødvendigt at beskytte det konstruktivt, for at det kan blive et alternativ. Det er kendt, at der i selve konstruktionsdesignet kan benyttes udformninger og metoder, der har træbeskyttende effekt, men der er ingen samlet, let tilgængelig dokumentation herfor. Derfor er der gennemført et projekt med det formål at dokumentere byggetekniske detaljers træbeskyttende effekt og træs varighed over jord.

Denne rapport er udarbejdet med baggrund i projektet "Dokumentation af konstruktiv træbeskyttelse" for Miljøstyrelsen af Teknologisk Institut, Træteknik. Rapporten omfatter resultaterne af projektets laboratorieforsøg, feltforsøg og fuldskala demonstration. Laboratorieforsøgene er gennemført i samarbejde med Statens Byggeforskningsinstitut.

Den del af projektet, der har til formål at vise de konstruktive tiltags effekt og træs varighed i naturlige omgivelser, er endnu ikke tilendebragt. Det er derfor ikke muligt i rapporten at give fyldestgørende svar på alle spørgsmål om effekten af de konstruktive tiltag. Men med rapporten i hånden vil man kunne opsøge feltforsøget og fuldskala demonstrationsbyggerierne og på den måde blive ledt på vej i valg af træart, vedtype, konstruktionsdesign etc. Fx: Kan jeg bruge gran eller lærk. På længere sigt vil en mere systematisk gennemgang være nødvendig for at få det optimale udbytte af projektet.

Projektet er gennemført i tiden januar 1995 til januar 1999 og støttet med bevillinger fra Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi, EU's LIFE program og Nordisk Industrifond's program Nordic Wood.

Teknologisk Institut, Træteknik
10. december 1998

Martin Vestergaard
Projektleder

Sammendrag

Introduktion

Teknologisk Institut, Træteknik har udarbejdet denne rapport på baggrund af projektet “Dokumentation af konstruktiv træbeskyttelse. Projektet bestod af laboratorieforsøg, feltforsøg og fuldskala demonstrationskonstruktioner. Laboratorieforsøgene er gennemført i samarbejde med Statens Byggeforskningsinstitut.

Baggrund

Træ er et populært konstruktionsmateriale, fordi det er miljøvenligt, dvs. træ er CO₂-neutralt og fornyeligt. Imprægnering af træ med kemikalier stemmer ikke overens med dette grønne image, men på den anden side forlanger forbrugere og byggeindustrien en rimelig varighed af træet.

Hos de danske myndigheder er der ligeledes fokus på miljøet og der er de senere år sket en skærpelse af kravene til imprægneringsindustrien. Således er fx arsenholdige imprægneringsmidler ikke længere tilladt.

Der er derfor nu behov for at finde eller genopdage alternative måder at beskytte træet på, så “rent træ” kan anvendes. En sådan måde er konstruktiv træbeskyttelse. Dette går ud på, efter princippet Vis Vand Væk, ved hjælp af selve konstruktionsdesignet at beskytte træet mod sol og regn og holde det så tørt at svampe og insekter ikke kan leve i det.

Der findes ikke nogen samlet, let tilgængelig dokumentation for effekten af konstruktiv træbeskyttelse eller for træs naturlige varighed over jord. Derfor er dette projekt blevet gennemført med det formål at skaffe denne dokumentation.

Laboratorieforsøg

Dokumentation af træ og trækonstruktioners varighed kræver normalt, at der prøves i lang tid i naturlige omgivelser, men i dette projekt blev der af tidsmæssige årsager brugt accelereret ældningstest. Effekten af de træbeskyttende tiltag blev målt ved at udsætte dem for betydeligt hårdere påvirkning, end de ville blive udsat for under normale omstændigheder. Disse prøvninger i en regnprøvestand og klimasimulatorerne “De fire årstider” Mark I og Mark II blev udført som laboratorieforsøg.

- I regnprøvestanden blev der prøvet forskellige 1 m lange drypkantprofiler af malet fyrretræ.
- I klimasimulatoren Mark I blev der prøvet 19 x 85 x 361 mm forsøgsemner. Emnerne blev udsat for accelereret ældning i form af en cyklisk påvirkning: lys og varme, vand, frost og optøning.
- I Mark II blev der prøvet et facadeelement i målestok 1:1. Forsøgselementets udformning tager udgangspunkt i tegningsmateriale (facadetegninger mål 1:200) fra et fleretages træhusbyggeri, Marieparken i Hørsholm. I forsøgselementet indgår både lærk (europæisk og sibirisk) og thuja (dansk og nordamerikansk [WRC]). Målene på elementet er højde 2900 mm og bredde 3200 mm. Der er indbygget to vinduer i facadeelementet for at få en indikation af, hvilke holdbarhedsmæssige problemer, der kan opstå ved gennembrydning af facadebeklædninger. Elementet blev udsat for accelereret ældning.

Feltforsøg

Ikke alle konstruktionsdetaljer egner sig til at blive prøvet i laboratorieforsøg og sædvanligvis skal nye prøvningsmetoder verificeres. Derfor blev der også foretaget feltforsøg, dvs. forsøg med modeller i naturlig størrelse og i naturlige omgivelser, hvor de samme detaljer og træarter blev prøvet. Feltforsøget er en 15 m lang dobbelt facadevæg, der er orienteret mod nord henholdsvis syd på Teknologisk Instituts udendørs forsøgsareal. Dimensionen på anvendte brædder er 25 x 100 x 1200-1500 mm. Væggen var færdiggjort februar 1998 og vil være tilgængelig i en årrække.

Demonstrationskonstruktion

I forbindelse med opførelsen af træhusbyggeriet i Marieparken blev der opført et prøvehus på Teknologisk Instituts forsøgsareal med forskellige konstruktive tiltag indbygget.

I forbindelse med Vejdirektoratets opførelse af støjskærme af træ blev Træteknik involveret gennem et Nordic Wood program "Bullerskärmar av trä" med henblik på at anvende "rent træ". Under projektering/udvikling af disse støjskærmsprojekter gennemførte Træteknik projektgranskning med fokus på den konstruktive udformning for at sikre længst mulig levetid.

Et af de konkrete projekter er støjskærme opført langs frakørslen fra Helsingørmotorvejen ved Buddingevej. I dette projekt er indbygget konstruktive træbeskyttende detaljer som demonstration og afklaring af resultaterne fra laboratorieforsøgene. Bl.a. er forskellige træarter indbygget i støjskærmene.

Hovedkonklusioner

Alle resultater fra prøvningerne og evaluering af feltforsøget og demonstrationskonstruktionerne indgår i en samlet vurdering.

- *Træart/vedtype.* Kernetræ holder generelt længere end splintræ. Kernetræ af thuja, lærk, douglas, eg, gran og fyr kan i mange tilfælde erstatte imprægneret træ.
- *Orientering.* Træ arbejder forskelligt afhængigt af, hvilken side der vender udad. Retsiden (marvside) vendt mod vejrliget og sporing af brættet på vrangsiden (splintsiden) minimerer dannelse af revner.
- *Endefladeforsegling.* Fugtoptagelse er meget større gennem endetræ end gennem sidetræ. Brug af endefladeforsegling fx maling nedsætter fugtoptagelsen, så det svarer til niveauet for sidetræ.
- *Vandret/lodret beklædning.* Det er endnu ikke muligt at bestemme hvilken beklædning, vandret eller lodret, der har længst levetid.
- *Overfladebehandling.* Regn og sol nedbryder træ. Overfladebehandling med en træolie eller rå linolie giver en vandafvisende effekt og holder på den naturlige træfarve. Effekten afhænger af vedligeholdelse.
- *Befæstelsesmetode.* Forskellige befæstelsestyper er prøvet. Varmgalvaniserede søm, skruer og skudsøm giver metalafsmittning. Det er ikke på nuværende tidspunkt muligt at afgøre, hvilken type, rustfri skudsøm, rustfri skruer og varmgalvaniserede søm, der holder længst.
- *Udhæng.* Store udhæng beskytter facaden. Betydningen af udhængets størrelse er endnu ikke dokumenteret.
- *Drypkanter.* Drypkantprofiler anvendes bl.a. under og over vinduer. Overfladen skal have en hældning på mere end 1:5 og skal forsynes med en not.

Opfølgning

Feltforsøget og fuldskala demonstrationen bør følges op og evalueres systematisk, for at der opnås det optimale udbytte af projektet fx angivelse af træarters varighed målt i år. Dette er nødvendigt for at kunne foretage en endelig evaluering og verificering af laboratorieforsøgene og for at kunne formidle resultaterne.

English Summary

Introduction

This report is written by the Danish Technological Institute, Wood Technology on the basis of their research project “Documentation of Wood Protection by Design”, which included both laboratory and full-scale field tests with a link to wooden noise barriers. The laboratory tests were conducted in co-operation with the Danish Building Research Institute.

Background

Wood is a popular building material because it is friendly to the environment, i.e. wood is CO₂ neutral and renewable. Adding chemicals to preserve wood is in conflict with this “clean” image but on the other hand a reasonable durability is requested by consumers and the construction industry.

Furthermore, in recent years environmental issues have caused the Danish authorities, Danish Environmental Protection Agency, to introduce stricter regulations for wood treated against biodegradation. E.g. the production and use of arsenic-containing wood inclusive CCA treated wood has been prohibited.

Therefore, there is a need to develop or rediscover alternative preservation methods. An alternative method is to protect wood by designing outdoor constructions in such a way that the wood does not accumulate moisture. This is called wood protection by design.

No complete documentation has yet been prepared on the effectiveness of wood protection by design nor on the natural durability of wood above ground. A research project has been carried out to document the effectiveness of these measures.

Laboratory Tests

Documentation of service life of wood and wood constructions requires long term natural exposure but in this project accelerated testing was used. The effect of the design parameters was measured by exposing them to a significantly harder climate in a driving rain chamber and two climate simulators than they would normally be exposed to.

- In a driving rain chamber the protecting effect of different types of painted drip caps was tested. The test parameters were: slope, depth and design of the drip notch.
- In the climate simulator tests were made to evaluate a number of selected test parameters. The test specimen dimensions were 19 x 85 x 361 mm. The samples were exposed to artificial ageing in the form of cyclic exposure to heat, UV radiation, rain, frost and thaw. Six wood species as well as various surface treatments and orientations etc. were tested.
- An exterior wall unit measuring 2900 x 3200 mm with bevel siding made out of larch (European and Siberian origins) and WRC (Danish and Canadian origins) was tested in a large climate simulator. In order to test various window details and ways of building-in windows, two windows were fixed in the unit. The wall unit was tested for six months in climate cycles.

Field Test

However, not all design details are suitable for laboratory testing and, in general, the results from laboratory tests also have to be verified. Therefore, full-scale field tests with the same test parameters were conducted.

A rack with two walls measuring 2500 x 15000 mm facing north and south was constructed on the Danish Technological Institute's field test area (12° east, 55° north). The walls were finished in February, 1998, and test readings will continue as long as they provide valuable information.

Wooden Noise Barriers

The Danish Road Directorate has been advised in connection with the construction of wooden noise barriers to use non-impregnated wood and wood protection by design. Subsequently, approximately 8 km wooden noise barriers have been constructed at various locations in 1997-98.

The Danish Technological Institute has been involved in the construction of all these noise barriers and the results from the research project have been incorporated. However, some of the noise barriers are used as real life situation field tests as different wood species, end sealing products, surface treatments, and fixing methods have been used in order to prove which are the most suitable for the purpose.

Main Results

- *Wood species/wood types.* In general, heartwood is more durable than sapwood. Heartwood of WRC, larch, douglas fir, pine, oak and spruce showed properties which make them suitable as alternatives to chemical treated wood in some above ground situations.
- *Orientation/kerfing.* Turning the inside face (face near the pith of the log) against the weathering and/or kerfing of the wood on the outside face (face further from the pith of the log) will reduce cracks and scratches of the surface.
- *End sealing.* The absorption of water is much faster through the end surfaces than through the side surfaces. Using suitable end sealing products prove to reduce water absorption.
- *Vertical/horizontal exposure.* It is not yet possible to determine which orientation of a siding, horizontal or vertical, provides the longest service life.
- *Surface treatment.* Rainwater combined with sun will cause wood to decay. Using oils makes the wood resistant to water absorption and decreases the rate of deterioration. However, the effect is dependent on maintenance.
- *Fixing method.* Different methods of fixing wood are used. Nails, screws and gun nails made from galvanised iron cause rain water run-off stains. It is not yet possible to determine the durability of the different fixings.
- *Overhang.* Deep overhangs on buildings protect the wood sidings/panels from the rain. The importance of the depth of the overhang in relation to service life is not yet established.
- *Design of drip caps.* Different designs of drip caps are used, e.g. above and under windows, some more efficient than others. The slope of a drip cap should have an inclination of 1:5 or more and the drip cap should be notched on the lower surface.

Follow-up

In order to get the full benefit of the project the field test will be evaluated systematically in the future.

1 Indledning

Baggrund

Hensyn til miljøet har i de senere år betydet fornyet interesse for træ som konstruktionsmateriale inden for byggeri og anlæg, idet træ er fornyeligt og miljøvenligt. Energiforbruget til udvinding og tildannelse af træ er lavt sammenlignet med andre materialer som fx stål, beton og tegl. Desuden er træ et CO₂-neutralt materiale.

Træ er imidlertid som alle andre planteprodukter biologisk nedbrydeligt. Træ anvendt udendørs bør derfor sikres mod svampeangreb eller fugtpåvirkninger.

En metode til at beskytte træet mod svampeangreb er imprægnering med kemikalier. I 1960 startede industriel trykimprægnering af træ i Danmark, hvilket medførte et øget forbrug af træ til udendørs anvendelse. Imprægneringen har siden været gennem en kraftig udvikling befordret af meget effektive imprægneringsmidler af kobber-chrom-arsen typen. Således fik fx fyr med en ellers ringe naturlig varighed en betydeligt længere levetid ved trykimprægneringen. Byggeriet har derfor vænnet sig til, at træ til udendørs brug *skal* være trykimprægneret for at sikre det mod svampeangreb.

Den stigende miljøbevidsthed i befolkningen har betydet, at der nu er stor interesse for at anvende miljøvenlige materialer og i den forbindelse stilles der også krav om "rent træ" som alternativ til det kemisk beskyttede træ. Således er fx arsenholdig imprægnering ikke længere tilladt i Danmark, men er erstattet af mere miljøvenlige imprægneringsmidler.

Ved anvendelse af rent træ udendørs kan træet beskyttes konstruktivt mod fugtpåvirkninger – konstruktiv træbeskyttelse. Herved forstås de konstruktive og bygningsfysiske foranstaltninger, som medfører, at træet udsættes mindst muligt for klimatiske og biologiske påvirkninger. Ved konstruktionens udformning søges træet skærmet mod sol og regn og holdt så tørt, at svampe og insekter ikke kan leve i det. Der tages ligeledes hensyn til træets svind og kvældning ved de uundgåelige fugtvariationer, så træet revner mindst muligt, og tætte samlinger forbliver tætte.

Tidligere tiders byggerier baserede sig i høj grad på traditioner og metoder, som sigtede på at beskytte træet mod biologisk nedbrydning i selve konstruktionsdesignet. Med muligheden for kemisk træbeskyttelse blev behovet for denne håndværksmæssige kunnen elimineret, idet man ved kemisk træbeskyttelse ikke behøver at tage samme hensyn til beskyttelse af træet i bygningsdesignet.

For at samle op på dokumenteret viden om konstruktiv træbeskyttelse gennemførte Miljøstyrelsen i 1995 et projekt "Konstruktiv træbeskyttelse mod biologisk nedbrydning – et forprojekt", der er rapporteret i Miljøstyrelsesrapport nr. 20 1995. I rapporten konkluderes bl.a.:

"Forprojektet har omfattet en litteratursøgning, som har afsløret et meget stort materiale om træs varighed under forskellige omstændigheder. Der er dog ikke truffet eksempler på litteratur, som direkte har doku-

menteret, hvilken betydning byggetekniske detaljer har for træs holdbarhed – hverken med eller uden anvendelse af træbeskyttelsesmidler.”

“Forprojektet har også vist, at der er et stort potentiale af muligheder for at udvikle og dokumentere byggetekniske detaljers betydning for trækomponenters varighed samt for at udnytte og dokumentere betydningen af træs særlige opbygning og træarternes forskellige, naturlige varigheder.”

Ydermere anbefaler forprojektet en række undersøgelser, hvis resultater vil kunne tilvejebringe relevant dokumentation. Forprojektet danner hovedgrundlaget for det foreliggende projekt.

Formål

Projektet har til formål at reducere miljøbelastningen ved tilvejebringelse af dokumentation for effekten af konstruktiv træbeskyttelse som middel til at hindre/forsinke biologisk nedbrydning af udsatte konstruktioner inden for byggeområdet, idet kemisk imprægneret træ herved så vidt muligt erstattes af rent træ.

Projektgennemførelse

Projektet er delt i 4 faser:

- Identifikation af træbeskyttende designparametre.
- Laboratorieforsøg.
- Feltforsøg.
- Fuldskala demonstration.

– Fase 1

I første fase blev prøvningsmetoder og designparametre udvalgt, således at effekten af de konstruktive tiltag kunne dokumenteres i de tre efterfølgende faser.

– Fase 2

Da dokumentation af træ og trækonstruktioners biologiske holdbarhed i naturlige omgivelser kræver langvarige forsøg, er der anvendt laboratorieforsøg i form af accelereret ældningstest.

– Fase 3

Sideløbende med laboratorieforsøgene er der udført et feltforsøg med samme designparametre. Feltforsøget er udført som en model i 1:1 af typisk anvendte konstruktionsdele i naturlige omgivelser. Det vil efter en årrække verificere forsøgsresultaterne og klarlægge derved metodernes egnethed til prøvningen af de enkelte designparametre.

– Fase 4

Resultaterne fra laboratorieforsøgene er anvendt til forbedring af konkrete konstruktionsprojekter i Danmark: et fleretages træhusbyggeri og et støjskærmprojekt. I samme projekter er indbygget varianter til samme løsning, fx er der anvendt forskellige træarter på samme støjskærm. Konstruktionsprojekterne virker således som en demonstration i fuld skala af konstruktiv træbeskyttelse.

Projektafgrænsning

Der er i projektet ikke taget stilling til arbejdsmiljømæssige spørgsmål. I de prøvninger, hvor der er anvendt brandimprægneret træ, er det ikke undersøgt, om beklædningsbrædderne lever op til myndighedernes krav vedrørende brandimprægnering af bræddebeklædning til udvendig brug.

Målgruppe

Projektets målgruppe er beslutningstagere og udførende parter i byggeriet og rapporten kan derfor benyttes af træindustrier, byggematerialeproducenter, håndværks- og entreprenørvirksomheder, projekterende arkitekter

og ingeniører m.fl. Men den henvender sig i øvrigt også til myndigheder, uddannelsesinstitutioner og videncentre.

Bevilling

Til projektet er i alt bevilget kr. 1.500.000, fordelt således:

Miljøstyrelsen	kr. 750.000
EU-LIFE	kr. 380.000
Nordisk Industrifond, Nordic Wood	kr. 200.000
Egen finansiering	kr. 170.000

Miljøstyrelsens andel er bevilget af Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Periode

Projektet er gennemført fra den 1. januar 1995 til den 31. december 1998.

*Ansøger og
projektansvarlig*

Træteknik
Dansk Teknologisk Institut
Postboks 141
2630 Taastrup

Projektleder

Martin Vestergaard
Teknologisk Institut, Træteknik

Projektgruppe

Flemming Correll Frank, Teknologisk Institut, Træteknik.
Asta Nicolajsen, Statens Byggeforskningsinstitut.
Morten Hjørsløv Hansen, Statens Byggeforskningsinstitut.
Lotte Sigbrand, Statens Byggeforskningsinstitut.

Styregruppe

Miljøstyrelsen:

- Lea Frimann Hansen, Kontoret for renere teknologi og produkter.
- Michael Høst Rasmussen, Bekæmpelsesmiddelkontoret.
- Poul Rasmussen, Erhvervsaffaldskontoret.

Arbejdstilsynet:

- Lise Dettloff.

Danmarks Tekniske Universitet:

- Preben Hoffmeyer, Institut for Bærende Konstruktioner og Materialer.

Praktiserende Arkitekters Råd:

- Hans Cramer-Petersen, Kunstakademiets Arkitektskole.

Træbranchens Oplysningsråd:

- Bjarne Lund Johansen.

Forbundet Træ – Industri – BYG i Danmark:

- Jørgen Mulbjerg.

Den Kongelige Veterinære Landbohøjskole:

- Andreas Bergstedt.

Statens Byggeforskningsinstitut:

- Georg Christensen.

Teknologisk Institut:

- Erik Borsholt, Træteknik.
- Anne Pia Koch, Bioteknik.

Foreningen af Rådgivende Ingeniører:

- Hilmer Riberholt.

Dansk Industri:

- Søren Poulsen.

SKAFOR:

- Birgitte Nord.

Træindustrien:

- Lauritz Rasmussen, Tåsinge Træ A/S.

Følgende har ikke deltaget aktivt, men er blevet orienteret:

By og boligministeriet:

- Ove Nielsen.

Skov- og Naturstyrelsen:

- Georg Jensen, 7. kontor.

Styregruppen har – med deltagelse af projektgruppen – afholdt 5 møder.

Styregruppens opgave

Det har været Styregruppens opgave at vejlede og rådgive den projektsvarlige og Miljøstyrelsen, således at projektet gennemførtes i overensstemmelse med forudsætningerne. Dette indebærer bl.a.:

- Vurdering af projektets forløb og resultater.
- Koordination af projektet med øvrige relevante projekter.
- Gennemsyn og kommentering af den foreliggende rapport inden publikation.

Rapportering

I forbindelse med projektet er følgende publikationer udgivet:

Statens Byggeforskningsinstitut (1999)

“SBI-rapport 310, Fugtforhold i træbeklædninger – Resultater fra laboratorieforsøg med accelereret ældning”

EU-LIFE (1998)

“Demonstration and documentation of possibilities for reduction of chemical wood protection through correct wood protection by design”

Nordisk Industrifond, Nordic Wood “Træhuse i flere etager” (1997)

“Delprojekt P: Etablering af forsøg til dokumentation af biologisk holdbarhed”

2 Identifikation af træbeskyttende designparametre

Designparametre

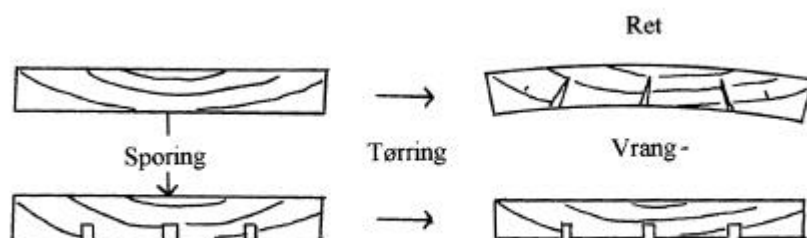
Udvælgelse af de designparametre, som er grundlaget for forsøgsarbejdet, er sket dels med baggrund i konkrete bygge- og anlægsprojekter dels med udgangspunkt i forprojektet “Konstruktiv træbeskyttelse mod biologisk nedbrydning”.

En række fleretages træhusprojekter i Norden og støjskærme af træ i Danmark er blevet gennemgået for at registrere, hvordan byggepraksis er i dag. Træhusene er opført i forbindelse med projektet “Træhuse i flere etager” under Nordisk Industrifond/Nordic Wood programmet. Ældre dansk byggeri med træfacader er også gennemgået med fokus bl.a. på befæstelsesmetoder og beklædningstyper fx en-på-to-, klink- og profilbeklædning.

Gennemgangen gav foruden et overblik over byggepraksis og kvaliteten af bygningsdesign, et indblik i hvilke designparametre, der skal fokuseres på.

Resultatet af gennemgangen af de konkrete byggerier sammenholdt med resultaterne af forprojektet forårsagede således udvælgelsen af følgende designparametre anvendt til udvendigt træværk:

- Tagudhængs udformning.
- Endeflodeforsglings betydning.
- Fremspringsdetaljer herunder drypkanter udformning.
- Identificering af fordele og ulemper ved henholdsvis vandret og lodret beklædning samt beklædningstyper.
- Overfladebehandling og -karakter.
- Træs varighed over jord, træart og vedtype.
- Opsætning af beklædningsbrædder ret/vrang.
- Betydning af sporing.
- Befæstelsesmetoder.
- Befæstelsesafstande fra endetræ.



Figur 1

Revner fremkommer primært på vrangsiden. Ved sporing inden udtørring opnås formstabilitet og revnedannelse mindskes.

Metoder til laboratorieforsøgene er udvalgt på baggrund af SBI's erfaringer fra tidligere forsøg med prøvning af facadeelementer (SBI-rapport 225 "Lette ydervægges levetider – forsøg med accelereret ældning") og med afprøvninger i regnprøvestand (SBI-rapport 209 "1-trinsfuger og 2-lagsfuger omkring trævinduer i teglstensmure").

Feltforsøgene i naturlige omgivelser er udført som en facadekonstruktion i model i 1:1 for at kunne vise og undersøge konstruktionsprincipper for konstruktiv træbeskyttelse. Prøvningen af de træbeskyttende tiltag blev kombineret med almindelig byggepraksis i udformningen og opførelsen af facadevæggen. Dvs. udformning og opførelse er af almindelig håndværksmæssig standard.

Det danske fleretages træhusbyggeri udført af CASA NOVA konsortiet – COWI, NOVA5 Arkitekterne og SKANSKA Jensen – og støjskærme opført i Buddinge blev udvalgt til demonstration i fuld skala af konstruktiv træbeskyttelse. I samme projekter er indbygget varianter til sammenligning, fx er der anvendt forskellige træarter på samme støjskærm. Projektgranskning som metode blev anvendt med henblik på at forbedre konstruktionerne.

3 Laboratorieforsøg

3.1 Generelt

Prøvninger

Der er udført 3 laboratorieforsøg:

- Regnprøvestand.
- Klimasimulatoren “De fire årstider” – Mark I.
- Klimasimulatoren “De fire årstider” – Mark II.

Arbejdsdeling

Prøvningerne i regnprøvestanden er planlagt, gennemført og evalueret af SBI. Planlægningen og tildannelse af forsøgsemnerne til prøvningerne i klimasimulatorerne Mark I og Mark II er udført af Teknologisk Institut, Træteknik, mens den fysiske prøvning er foretaget af SBI. Resultaterne er efterfølgende evalueret af projektgruppen.

Rapportering

I det følgende beskrives kort forsøg og resultater. Mere detaljeret beskrivelse findes i SBI-rapport 310 “Fugtforhold i træbeklædninger – Resultater fra laboratorieforsøg med accelereret ældning”.

3.2 Regnprøvestand

Formål

Formålet med prøvningen er at vurdere forskellige typer drypkanters beskyttende effekt på træfacader ved regnpåvirkning med fokus på den geometriske udformning:

- Dybde af drypkanten.
- Hældning af drypkantens overflade.
- Notudformning.

Forsøgsopstilling og prøvningsmetode

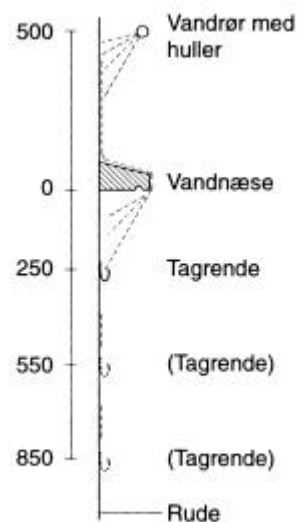
Til vurdering af den enkelte drypkants beskyttende virkning er valgt to parametre:

- Hvor langt nede under drypkanten rammer vandet facaden.
- Hvor meget vand rammer facaden.

I regnprøvestanden er monteret 1 m lange drypkantprofiler på en glasplade. En halv meter over drypkanterne er monteret et dyserør, der sprøjter vand ind på glasfladen over drypkanten, hvorved der opnås en jævnt fordelt nedsilende vandstrøm. Under drypkanten er monteret en tagrende til opsamling af vandet. Tagrenden er kun 70 cm lang for at undgå randeffekter og monteret under drypkanten.

For at få en stabil og reproducerbar vandbelastning i regnprøvestanden er der valgt en vandstrøm på ca. 200 l/h.

For hver drypkantprofil blev der foretaget prøvninger med tagrenden monteret henholdsvis 25, 55 og 85 cm under drypkanten. Vandmængden der opsamledes i tagrenden i løbet af 5 minutter blev vejjet.



Figur 2

Forsøgsopstilling til bestemmelse af drypkanter beskyttende effekt.

Forsøgsemner

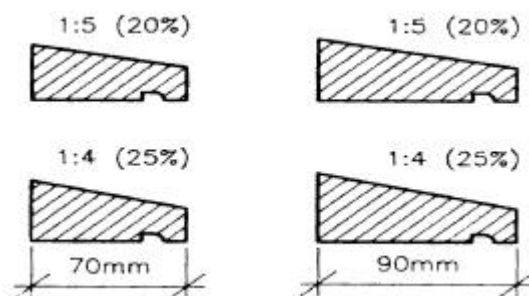
De 1 m lange drypkanter er tildannet af fyrretræ og overfladebehandlet med 1 gang grundingsolie og 2 gange hvid plastalkydmaaling på alle overflader.

Geometrisk udformning:

- Dybde af drypkant: 45, 70 og 95 mm.
- Hældning på drypkantens overflade: 1:10, 1:5, 1:4 og 1:3.
- Notudformning: uden, cirkulær og skarpkantet.

Resultater

Forsøgene viste, at beskyttelse lige under drypkanten steg med drypkantens dybde, mens effekten aftog med afstanden nedad. Drypkanter med hældning på 1:5 og 1:4 gav den bedste beskyttelse. Drypkanter med hældning 1:10 gav dog også en rimelig beskyttelse, men man kan frygte, at træprofilet i praksis vil slå sig så meget, at man risikerer bagfald. Drypkanter uden not gav en dårligere beskyttelse end drypkanter med not, uanset notudformning. Af de testede drypkantprofiler var de følgende således de mest effektive.



Figur 3

Drypkantprofiler med dybder på 70 og 95 mm, hældninger 1:5 og 1:4 og med notudformning gav den bedste beskyttelse.

3.3 Klimasimulatoren “De fire årstider” – Mark I

Formål

Formålet med forsøget er at prøve en række træbeskyttende designparametres effektivitet i en accelereret ældningstest.

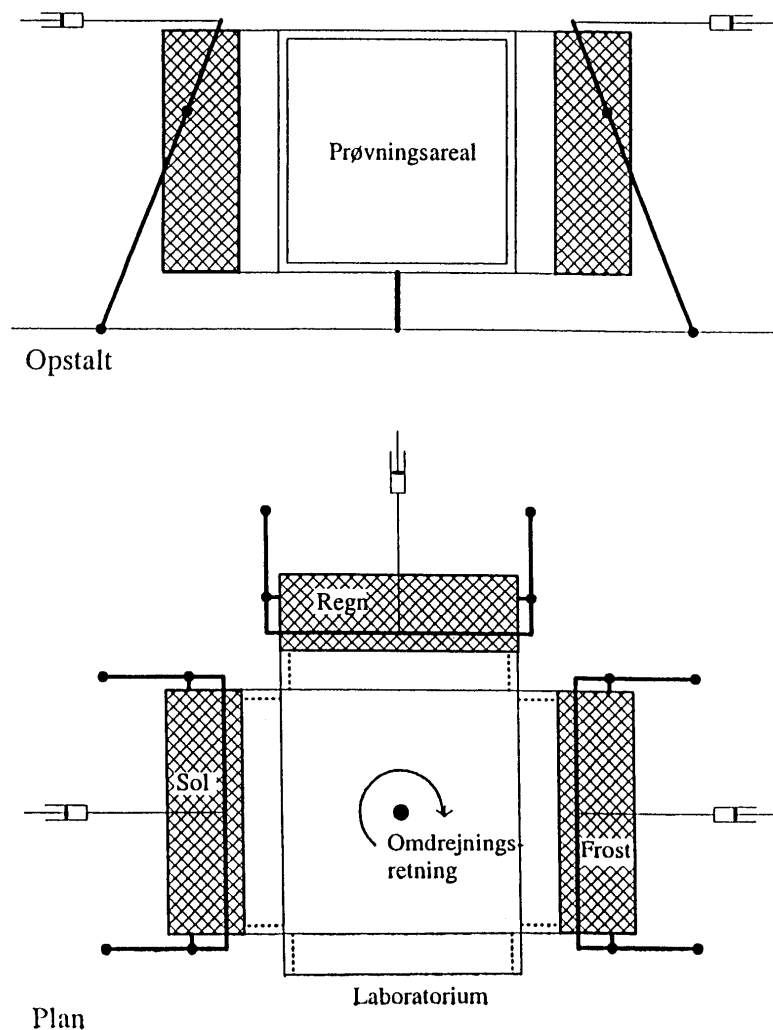
Forsøgsopstilling

Klimasimulatoren er bygget op omkring en drejelig kerne med 4 rammer påmonteret forsøgsemnerne.

Forsøgsemnerne drejer mellem 4 faser og udsættes for følgende påvirkning:

- Lys og varme.
- Befugtning.
- Nedfrysning.
- Laboratorieklima.

Hver fase varede 2 timer, dvs. en 8-timers klimacyklus. Prøvningen foreløb over 3880 timer svarende til 485 cykluser.



Figur 4

Princip for opbygning af klimasimulatoren “De fire årstider” – Mark I.

Forsøgsemnerne er fremstillet af planskårne emner som, efter konditionering, blev tykkelseshøvlet og kantsavet. Forsøgsemnerne der blev konditioneret ved 50% RF og 20° C, målte 25 x 100 x 3500 mm før opskæring til de endelige emnestørrelser på 19 x 85 x 361 mm, prøveemner til prøvning af befæstelsesmetoder dog 19 x 39 x 361 mm.

I hver af de fire forsøgsefter er opsat 72 forsøgsemner. I alt er der anvendt 288 emner.

Tabel 1

Designparametre, antal forsøgsemner og forsøgsvariabler. Hvis ikke andet er angivet er emnerne cutterhøvlet og uden overfladebehandling.

Designparameter	Antal	Forsøgsvariabel
Træart/vedtype (danskgroet)	64	Eg/kerne (Quercus robur) Lærk/kerne europæisk (Larix decidua) Douglas/kerne (Pseudotsuga menziesii) Thuja/kerne (Thuja plicata) Fyr/kerne (Pinus silvestris) Fyr/splint (Pinus silvestris) Gran/kerne (Picea abies) Gran/splint (Picea abies)
Orientering/sporing (fyr/splint)	32	Retside mod påvirkning Vrangside mod påvirkning Ret og sporing Vrang og sporing
Endefladeforsegling (fyr/splint)	32	3 x maling 1 x maling 1 x lim med hærder uden
Overfladebehandling (fyr/splint, gran/splint, eg/kerne og thuja/kerne)	32	Træolie Linolie Ubehandlet
Overfladekarakter (fyr/splint, endefladefor- segling med 1 x maling)	32	Savskåret Høvlet, langspån Høvlet, cutter Reference, malet med ICP
Befæstelsesmetoder (fyr/splint, endefladefor- segling med 1 x maling)	64	Dyvlér Skruer, rustfri/forboring/forsækning Skruer, rustfri Søm, varmgalvaniseret Skudsøm, rustfri Reference I, sammenlimet (savskåret/topende) Reference II, sammenlimet (savskåret/rodende) Reference III, sammenlimet (høvlet)
Lodret/vandret ekspone- ring (fyr/splint, gran/splint)	32	Lodret Vandret

Alle forsøgsemnerne orienteres således, at træets topende vender nedad og retsiden udad mod påvirkningen, dog er halvdelen af emnerne i forsøg med orientering/sporing vendt med vrangside udad og Reference II i forsøg med befæstelsesmetoder er vendt med rodenden nedad.

Overfladekarakter 8 emner	Orientering/sporing 8 emner
Træart/vedtype 16 emner	
Befæstelsesmetoder 16 emner	Endeflodeforsøg 8 emner
Overfladebehandling 8 emner	Lodret/vandret ekspone- ring 8 emner

Figur 5

Placering af prøveemner i rammen der måler 1600 x 1600 mm.

Prøvningsmetode

Følgende blev foretaget på alle forsøgsemnerne 1 gang før, 5 gange under og 1 gang efter prøvning:

- Fugtbestemmelse ved vejning.
- Tværkrumningsmåling.
- Revneregistrering.

Derudover blev alle forsøgsemner fotograferet 1 gang før, 3 gange under og 1 gang efter prøvning. På 48 udvalgte forsøgsemner blev der foretaget kontinuerlige fugt- og temperaturmålinger. Da prøvningen var afsluttet blev følgende foretaget på enkelte udvalgte emner:

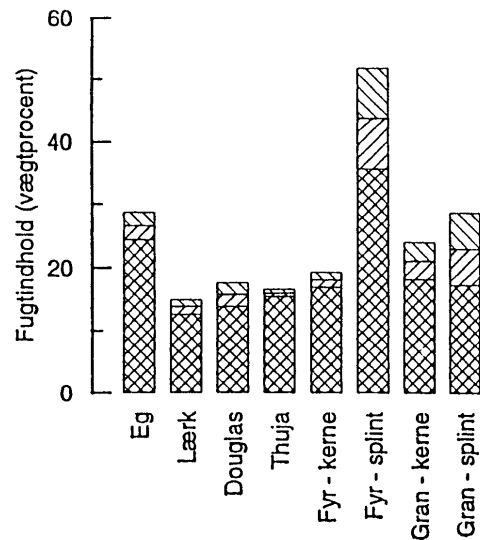
- Mikrobiologisk undersøgelse.
- Kapillarsugningsforsøg.
- CT-skanning.

Resultater

Resultatet af de prøvninger, der blev foretaget på det enkelte designparameter, indgik i den samlede vurdering af dette.

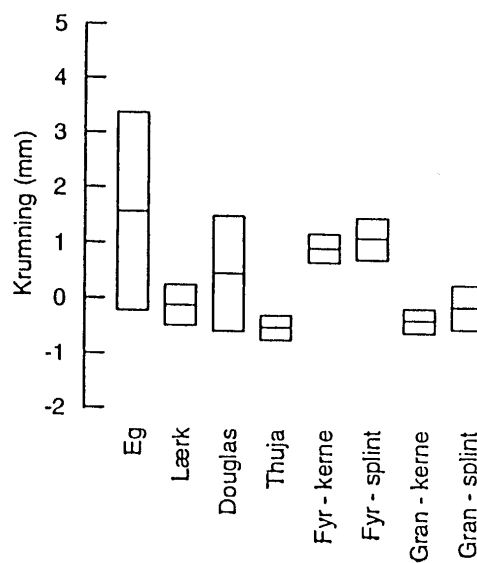
– Træart/vedtype

Målt på fugtoptagelse og formstabilitet er lærk og thuja af kernetræ klart de træarter af de prøvede, der klarede sig bedst. Douglas og fyr/kerne optog heller ikke ret megen fugt, men var ikke så formstabile. Gran/kerne og gran/splint optog lidt fugt, men var ikke formstabile. Eg/kerne optog ret megen fugt og var ikke formstabil. Fyr/splint optog helt uacceptabelt megen fugt og var ikke formstabil.



Figur 6

Træart/vedtypes fugtoptagelse. Der er angivet gennemsnit og gennemsnit± standardafvigelse.



Figur 7

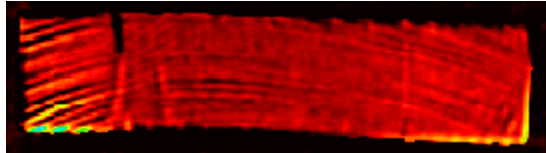
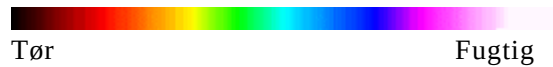
Træart/vedtypes krumning. Der er angivet gennemsnit og gennemsnit± standardafvigelse.

– Orientering/sporing

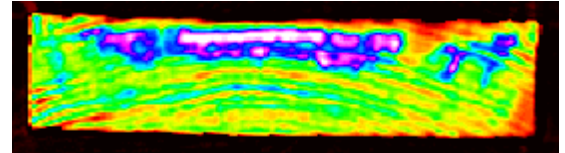
Resultaterne af fugtmåling og krumningsmåling samt revneregistrering viser, at det er vigtigt at vende retsiden mod vejrliget, hvis der ikke er anvendt sporing. Resultaterne viser dog også, at det ikke er afgørende om man vender retsiden eller vrangsiden mod vejrliget, hvis der bliver anvendt sporing på bagsiden.

– Endefladeforsegling

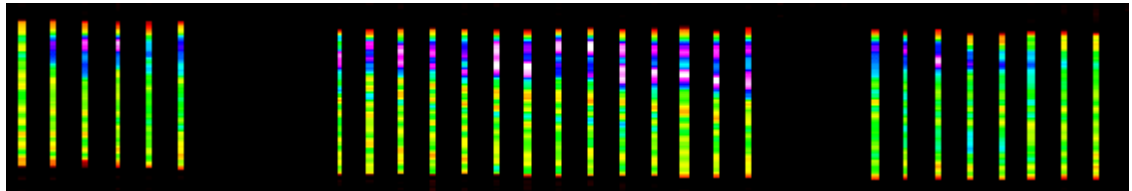
Fugtmålinger og en CT-skanning viser at en endefladeforsegling med 3 x maling giver betydeligt mindre fugtakkumulering i emnet end ingen endefladeforsegling.



Tværsnit af emne 3.7 (fyr, splint).
Endetræ lukket med 3 x maling.
Gennemsnitsfugt i hele emnet ca 20%.



Tværsnit af emne 3.25 (fyr, splint).
Endetræ ubehandlet.
Gennemsnitsfugt i hele emnet ca 60%.



Længdesnit af emne 3.25 (ubehandlede ender) lavet ved at kombinere udsnit af de enkelte tværsnit.

Figur 8

Teknologisk Institut, Træteknik har eksperimenteret med CT-skanning som en teknik til at bestemme og visualisere fugtgradienter i træ.

– Overfladebehandling

Emner der overfladebehandles viser en mindre fugtoptagelse end ikke-behandlede emner. Målingerne viser ingen forskel i effekten af træolie og linolie.

– Overfladekarakter

Prøveemner med cutterhøvlet overflade optog lidt mere fugt end de to andre overflader, savskåret og langspån høvlet, men der er meget store variationer fra prøveemne til prøveemne.

– Befæstelsesmetoder

Der er ikke konstateret klare forskelle mellem befæstelsesmetoderne.

– Lodret/vandret
eksponering

Det har ikke været muligt at konstatere forskelle mellem lodret og vandret eksponering.

Øvrige forsøgsmetoder

En mikrobiologisk undersøgelse viste ikke det forventede, idet registreringen af mørke skimmelsvampe på de forskellige træarter og vedtyper efter den accelererede test ikke svarer til det, der normalt ses ved naturlig eksponering af prøveemner.

En undersøgelse af kapillarsugningsevnen på de prøvede emner viste større sugeevne end på tilsvarende emner, der ikke har været prøvet.

3.4 Klimasimulatoren “De fire årstider” – Mark II

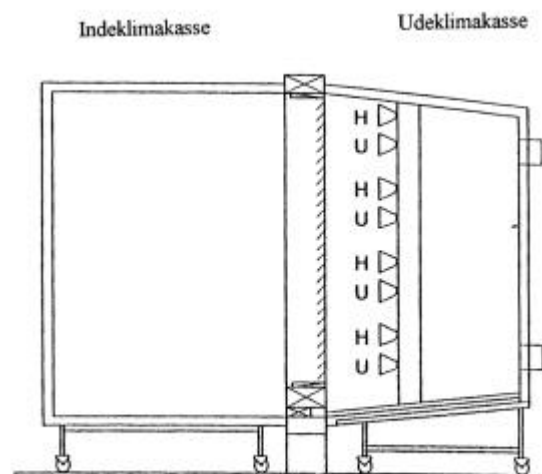
Formål

Formålet med forsøget er at prøve et facadeelement i målestok 1:1 med en række indbyggede træbeskyttende designparametre i en accelereret ældningstest. Resultatet fra testen skal anvendes til at dokumentere elementets konstruktive træbeskyttelse samt eventuelle mangler med henblik på at optimere disse designparametre til fremtidige byggerier.

Forsøgsopstilling

Klimasimulatoren er bygget op om en 370 mm bred ramme til indbygning af prøveemner af størrelsen op til bredde 3190 mm og højde 3000 mm.

På den indvendige side kan rammen tilkøbes en indendørs klimakasse.



Figur 9

Klimasimulator “De fire årstider” - Mark II. Princip for opbygning (snit).

På den udvendige side af rammen tilkøbes klimasimulatoren en klimakasse med trinløs styring af følgende påvirkning:

- Lys og varme
Påvirkninger sker gennem 4 rækker med 6 lyskilder, henholdsvis 3 halogenlamper og 3 UV-lamper i hver række.
- Befugtning
Påvirkning sker ved, at finfordelt ionbyttet vand påsprøjtes gennem 6 dyser med en mængde på $15 \pm 2 \text{ l/(m}^2 \times \text{h)}$.
- Nedfrysning
Nedkøling sker ved indblæsning af luft nedkølet til en lufttemperatur på $-20 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Laboratorieklima
Optøning sker ved laboratorietemperatur, idet der ventileres med laboratorieluft. Under denne fase er der mulighed for adgang til klimakassen for inspektion af prøveemnet.

Hver påvirkningsfase varede henholdsvis 3, 1, 2 og 2 timer, dvs. en 8-timers cyklus. Prøvningen forløb over 4424 timer, svarende til 553 cyklusser.

Forsøgselement

Forsøgselementets udformning tager udgangspunkt i tegningsmateriale (facadetegninger mål 1:200) fra CASA NOVA konsortiets fleretages træhusbyggeri, Marieparken i Hørsholm. I forsøgselementet indgår både lærk (europæisk og sibirisk) og thuja (dansk og nordamerikansk). *Der findes en række varianter af thuja. Når man i Danmark taler om thuja, menes der kæmpethuja (Thuja plicata), der har vokset i Europa, mens thuja fra dets naturlige udbredelsesområde i det vestlige Nordamerika betegnes Western Red Cedar (WRC).* Disse træarter er valgt på grundlag af resultaterne fra prøvningerne i klimasimulatoren Mark I.

Beklædningsbrædderne er kileskåret 3/4 x 6", tykkelse 4-17,5 mm, højde 135 mm og længde 500-3000 mm. På grund af brandtekniske krav er alle brædderne brandimprægneret.

For at få en indikation af, hvilke holdbarhedsmæssige problemer der kan opstå ved gennembrydning af facadebeklædninger, er der indbygget to vinduer i facadeelementet.

Målene på elementet er højde 2900 mm og bredde 3200 mm. Udformning og opførelse er af almindelig håndværksmæssig standard.

Tabel 2

Designparametre og forsøgsvariabler. Alle emner er savskårne og hvis ikke andet er angivet uden overfladebehandling.

Designparameter	Forsøgsvariabel
Træart/vedtype	Lærk/kerne europæisk (<i>Larix decidua</i>) Lærk/kerne sibirisk (<i>Larix sibirica</i>) Thuja/kerne (<i>Thuja plicata</i>), danskgroet WRC/kerne (<i>Thuja plicata</i>)
Orientering	Retside mod påvirkning Vrangside mod påvirkning
Overfladebehandling (todelt emne)	Træolie Ubehandlet
Befæstelsesmetoder	Skudsøm, rustfri Håndsøm/forboring, varmgalvaniseret, firkantede Håndsøm, varmgalvaniseret, firkantede
Befæstelsesafstand fra endetræ	20 mm 50 mm 100 mm 150 mm
Drypkant (vinduer)	Drypkantprofil dybde 70 mm, hældning 1:4, med not og aluminiumsoverdækning Drypkantprofil dybde 70 mm, hældning 1:4, med not
Vinduestilsætninger	50 x 50 mm 25 x 50 mm
Brætsamlinger	Stød Stolpe

100	Lærk - S, Ret, Skudsom	20		
100	Lærk - S, Ret, Skudsom	20		
100	Lærk - S, Ret, Skudsom	20		
100	Lærk - S, Ret, Skudsom	20		
100	WRC, Ret, Skudsom	20		
100	WRC, Ret, Skudsom	20		
100	WRC, Ret, Skudsom	20		
100	WRC, Ret, Skudsom	20		
100	100	100	100	Ret, Træolie/ingen, Håndsom
100	100	100	100	Ret, Træolie/ingen, Håndsom/boring
20	20	20	20	Ret, Træolie/ingen, Skudsom
20	20	20	20	Ret, Træolie/ingen, Håndsom
20	20	20	20	Ret, Træolie/ingen, Håndsom/boring
50	50	50	50	Ret, Træolie/ingen, Skudsom
50	50	50	50	Ret, Træolie/ingen, Håndsom
50	50	50	50	Ret, Træolie/ingen, Håndsom/boring
150	150	150	150	Ret, Træolie/ingen, Skudsom
150	150	150	150	Ret, Træolie/ingen, Håndsom
150	150	150	150	Ret, Træolie/ingen, Håndsom/boring
100	100	20	20	Ret, Skudsom
100	100	20	20	Vrang, Skudsom
100	100	20	20	Ret, Skudsom
100	100	20	20	Vrang, Skudsom
100	100	20	20	Ret, Skudsom
100	100	20	20	Vrang, Skudsom

Stolpesamling

Lærk, EU Lærk, S WRC Thuja

Figur 10
Placering af forsøgsvariabler på facadeelement.

Prøvningsmetode

På udvalgte brædder blev der foretaget kontinuerlige fugt- og temperaturmålinger. Elementet blev gennemfotograferet før, under og efter prøvning – på samme måde hver gang. Da prøvningen var afsluttet, blev følgende foretaget på de enkelte brædder:

- Tværkrumningsmåling.
- Revneregistrering.
- Måling af sprækker mellem brædderne.
- Registrering af befæstelse.

Derudover blev følgende vurderet:

- Overfladebehandlingens effekt.
- Indbygningsdetaljer.

Resultater

Resultater af de prøvninger, der blev foretaget på det enkelte designparameter, indgik i den samlede vurdering af dette.

- *Træart/vedtype*

Prøvningerne viste ingen nævneværdig forskel mellem de forskellige træarters egnethed til facadebeklædning med kileskårne profiler. Der var samme procentdel fugtoptagelse (mindre end 20%), grad af formstabilitet og antal revner.

- *Orientering*

Alle træarter havde næsten samme krumning, antal sprækker og revnebillede uanset om brædderne vendte ret- eller vrangside mod påvirkningen. Dog var der lidt mindre og færre revner når retsiden vendte udad, dette gjaldt især europæisk lærk og thuja.

- Overfladebehandling

Beklædning, der var overfladebehandlet med træolie, viste sig efter prøvning at være vandafvisende (dråbetest). For WRC og thuja bekræftes

dette af de kontinuerlige fugtmålinger, idet det målte fugtindhold (mindre end 20%) var lavere på den ende af brædderne, der er overfladebehandlet. Hvorimod for sibirisk lærk og europæisk lærk målttes samme fugtindhold på den overfladebehandlede del af brædderne som på den ubehandlede del (ca. 25%).



Figur 11

Dråbetest. Det ses tydeligt, at vandet har svært ved at trænge ind i veddet - dråben er intakt.

- *Befæstelsesmetoder*

Generelt var der færrest revner, hvor der er anvendt skudsøm. Hånd sømning med forboring giver færre revner, end hvor der kun er hånd sømmet. Der er ikke sporet nogen metalafsmitning, uanset om der er anvendt galvaniseret eller rustfri befæstelse. De kileskårne brædder fastgjort med skudsøm sidder løsere, end hvor der er anvendt firkantede søm.
- *Befæstelsesafstand fra endetræ*

En befæstelsesafstand fra endetræ på 20 mm viste revner og sprækker ud til endetræet. Derimod viste en afstand på 50 mm og derover ingen betydende revner til endetræet.
- *Drypkant*

Overdækning af drypkantprofilerne med aluminium gav et fugtindhold mindre end 20%. Uden overdækning viste målingerne et fugtindhold på omkring 30%.
- *Vinduestilsætninger*

Der blev ikke målt nogen forskel i fugtindholdet mellem en 50 x 50 mm liste og en 25 x 50 mm liste.
- *Brætsamlinger*

Det var ikke muligt ud fra de udførte målinger at se forskel på stød- eller stolpesamling. Visuelt tander beklædningen i ligestødsamlingen således, at endetræet er blotlagt og der ses en fugtakkumulering ved endetræet.



Figur 12
Facadeelementet før prøvning.



Figur 13
Facadeelementet efter prøvning

4 Feltforsøg

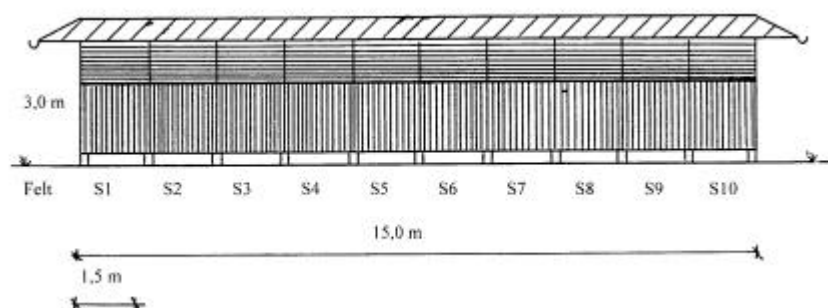
Formål

Formålet med feltforsøget er at tilvejebringe dokumentation for konstruktiv træbeskyttelse under naturlig eksponering og at verificere resultaterne fra de udførte laboratorieforsøg. Det etablerede feltforsøg bevares i længere tid til løbende dokumentation og demonstration.

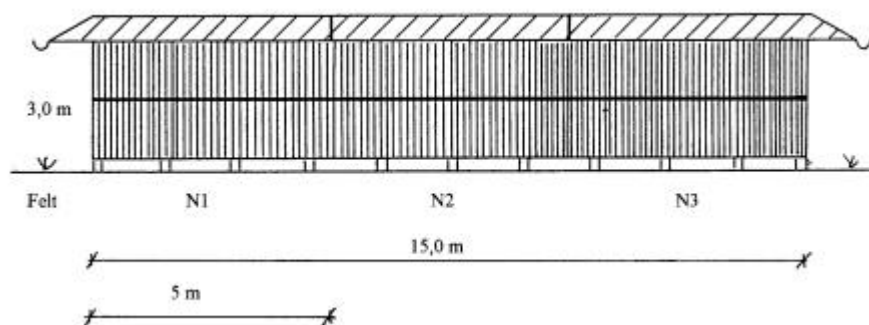
Forsøgsopstilling

Feltforsøget, der er udført som en 15 m lang dobbelt facadevæg bestående af en række forsøgsfelter, er placeret på Teknologisk Instituts uendørs forsøgsareal. Facadevæggen er orienteret mod nord henholdsvis syd og geometrien er følgende:

- Mod syd 10 felter á 2350 x 1500 mm.
- Mod nord 3 felter á 2350 x 5000 mm.



Figur 14
Sydfacaden.



Figur 15
Nordfacaden.

Øst- og vestgavlne er lukket med krydsfiner. Placeringen af facadevæggen udnyttes ved valg af forsøgsparametre, således at maksimalt udbytte af feltforsøget opnås, fx anvendes der ingen udhæng på sydfacaden for at opnå størst mulig UV- og nedbørspåvirkning.

Forsøgsemner

I feltforsøget anvendes beklædningsbrædder af 10 forskellige træarter/vedtyper. Halvdelen af de anvendte brædder er handelsvare. Resten er danskgroet træ fra Langesø skovdistrikt på Fyn. Det danskgroede træ er fældet, opskåret og tørret efter normal dansk praksis og standard.

- Handelsvare

Der er indkøbt 25 x 100 mm brædder i trælasthandel af følgende træarter:

- Sibirisk lærk, kvalitet ikke kendt.
- WRC, kvalitet "clear" iht. NLGA.
- Trykimprægneret træ klasse AB iht. NTR jf. DS 2122, kvalitet u/s.

- Træ fra Langesø skovdistrikt

Processen fra fældning til færdig opskæring varede 10 dage. Derefter blev brædderne tørret i 3 uger. Fældningen foregik den 6. januar 1998. Teknologisk Institut, Træteknik deltog aktivt i alle faser af processen.

* Fældning

Tabel 3

Fældningsdata. ÆGR = ædelgran og DGR = douglas.

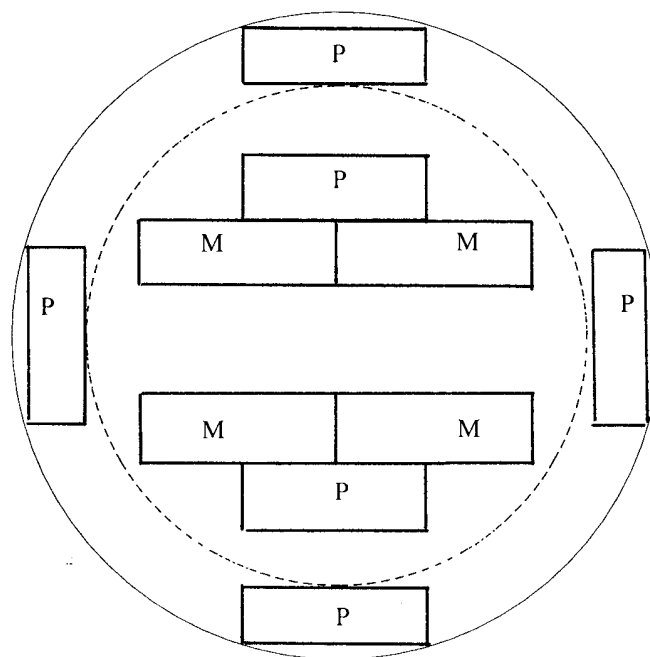
Træart	Langesø afd.	Plantet	Længde [mm]	Diameter [mm]	Bemærkning
Lærk	27	1941	8500	370	–
			8500	360	–
Douglas	27	1941	8500	400	–
			8500	360	–
Thuja	29	1905	8500	340	-2 m ved rod
			8500	330	-3,5 m ved rod
Rødgran	26	1941	8500	320	–
			8500	340	-2 m ved rod
			8500	310	–
			8500	350	-2 m ved rod
			8500	320	–
			8500	360	–
			8500	370	-2 m ved rod
			8500	360	-2 m ved rod
			8500	340	–
			8500	350	-3 m ved rod
Skovfyr	60	Overstandere	6000	450	Bund
		(ÆGR+DGR)	8000	320	Top
		1942	6000	420	Bund
		ca. 100-110 år	6000	340	Top

* Opskæring

De fældede træstammer blev skåret op i ca. 2 meters længder, nummeret med romertal I-IV, hvor I er rodenden. Længderne blev derefter opskåret til brædder i overstørrelse for at tage højde for svind ved tørring.

Opskæringen foregik systematisk efter samme grundprincip med enkelte varianter. Alle brædder blev forsynet med et identifikationsnummer, således at man senere kan finde frem til, hvilken stamme og hvor på stammen det enkelte bræt er skåret af. I de tilfælde hvor der var brug for splint- og kerneved af samme træart, stammer det således fra samme grundmateriale.

Med hensyn til gran er registreringen af splint og kerne, når det er friskfældet specielt vigtigt, fordi de to vedtyper ikke kan skelnes fra hinanden, når træet er tørret.



Figur 16

Princip for opskæring. P = planskåret, M = mellenformet (45°-skåret).

* Tørring

Brædderne blev tørret til et gennemsnitligt fugtindhold på 16% med en variation på 4%. Brædderne målte efter tørring ca. 25 x 100 mm.

Forsøgsefter

Forsøgsefterne er opbygget om en ramme af 100 x 100 mm stolper med c-c afstand på 1500 mm. Rammen er beklædt med 12 mm krydsfiner. På fineren er skruet 25 x 50 mm underlagslister, hvorpå brædderne er monteret som henholdsvis en-på-to- og klinkbeklædning.

Placeringen af hvert enkelt bræt, der stammer fra Langesø skovdistrikt, er nøje registreret.

Tagkonstruktionen er opbygget af tagelementer med og uden udhæng. Nedbør ledes via tagrender væk fra konstruktionen til et dræn.

Der er monteret et WRC drypkantprofil på 70 mm med hældning 1:4 mellem de enkelte forsøgsefters to dele.

Påføring og vedligeholdelse af det overfladebehandlede træ er planlagt, således at den behandling leverandøren foreskriver følges, dvs. 1 gang før opsætning, 14 dage og ½ år efter opsætning.

Udformning og opførelse er af almindelig håndværksmæssig standard.

Tabel 4*Designparametre og forsøgsvariabler.*

Designparameter	Forsøgsvariabel
Træart/vedtype	Lærk/kerne sibirisk (<i>Larix sibirica</i>) Lærk/kerne japansk (<i>Larix leptoleis</i>) Douglas/kerne (<i>Pseudotsuga menziesii</i>) Thuja/kerne (<i>Thuja plicata</i>) WRC/kerne (<i>Thuja plicata</i>) Gran/kerne (<i>Picea abies</i>) Gran/splint (<i>Picea abies</i>) Fyr/kerne (<i>Pinus silvestris</i>) Fyr/splint (<i>Pinus silvestris</i>) Fyr/trykimprægneret, klasse AB
Orientering	Retside mod påvirkning Ret/vrang (svensk tradition) Vrangside mod påvirkning
Sporing	Med Uden
Endefladeforsegling	3 x maling 1 x maling 1 x lim med hærder Uden
Overfladebehandling	Træolie Ubehandlet
Befæstelsesmetoder	Skudsøm, rustfri Håndsøm/forboring, varmgalvaniseret, firkantede Håndsøm, varmgalvaniseret, firkantede Skruer/forboring, rustfri
Befæstelsesafstand fra endetræ	20 mm 50 mm 100 mm 150 mm
Lodret/vandret eksponering	Lodret Vandret
Tagudhæng	Ingen 500 mm 1000 mm

- Sydfacaden

På sydfacaden prøves:

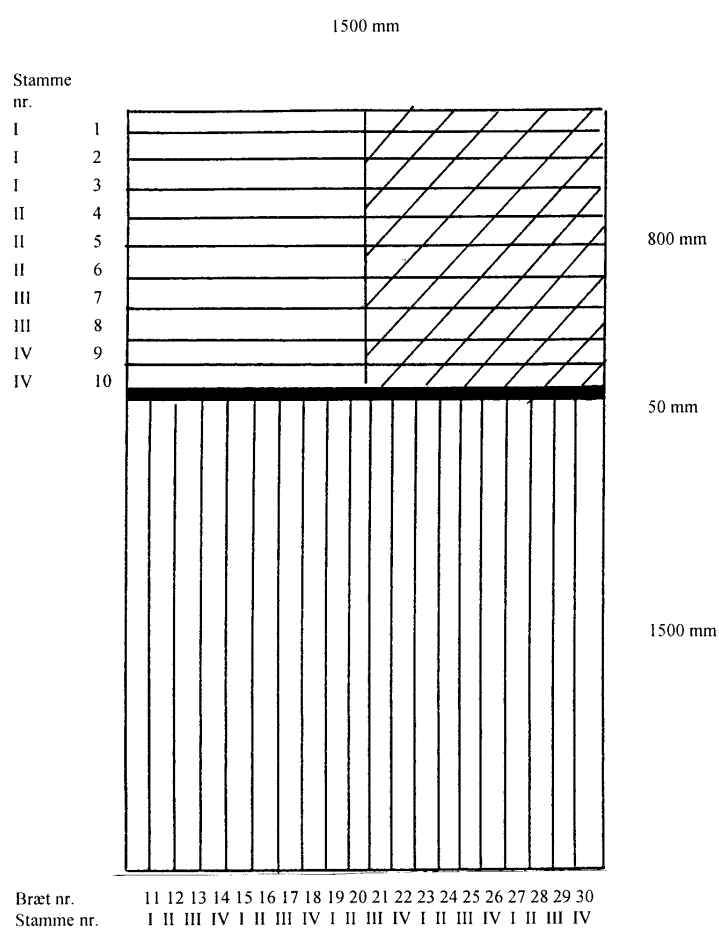
- Træarter/vedtyper.
- Ret-, ret/vrang- og vrangside mod påvirkning.
- Med og uden overfladebehandling.
- Lodret og vandret beklædning.
- Med og uden sporing.

Følgende er faste parametre:

- Ingen endefladeforsegling.
- Rustfri skudsøm.
- Befæstelsesafstand fra endetræ 150 mm.
- Ingen tagudhæng.

Brædder af den enkelte træart/vedtype er opsat i hver sit forsøgsfelt:

- Felt S1 – Sibirisk lærk/kerne.
- Felt S2 – Japansk lærk/kerne.
- Felt S3 – Douglas/kerne.
- Felt S4 – Thuja/kerne.
- Felt S5 – WRC/kerne.
- Felt S6 – Gran/kerne.
- Felt S7 – Gran/splint.
- Felt S8 – Fyr/kerne.
- Felt S9 – Fyr/splint.
- Felt S10 – Fyr/trykimprægneret.



Figur 17

Forsøgsfelt, sydfacaden. Er der anvendt træ fra Langesø skovdistrikt vil romertallene I-IV angive, hvor på stammen brættet er taget fra, I er roden.

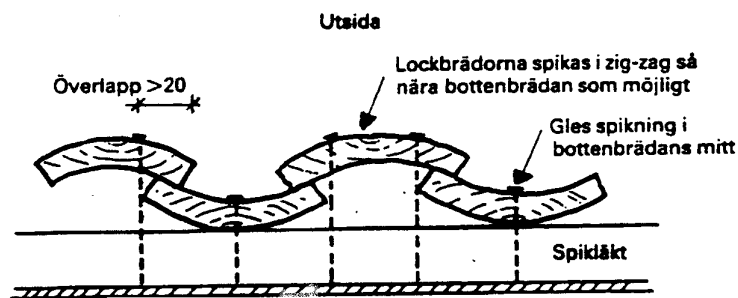
Tabel 5

Forsøgsparametre for forsøgsefterne på sydfacaden. Alle forsøgsefter har indbygget samme forsøgsparametre for hvert enkelt bræt.

Bræt nr.	Orientering	Overfladebehandling	Beklædning	Sporing
1	Ret	Ingen/træolie	Vandret	Sporet
2	Ret	Ingen/træolie	Vandret	Sporet
3	Ret	Ingen/træolie	Vandret	Sporet
4	Ret	Ingen/træolie	Vandret	Sporet
5	Ret	Ingen/træolie	Vandret	Sporet
6	Ret	Ingen/træolie	Vandret	Sporet
7	Ret	Ingen/træolie	Vandret	Sporet
8	Ret	Ingen/træolie	Vandret	Sporet
9	Ret	Ingen/træolie	Vandret	Sporet
10	Ret	Ingen/træolie	Vandret	Sporet
11	Ret	Ingen	Lodret	Sporet
12	Ret	Ingen	Lodret	Sporet
13	Ret	Ingen	Lodret	Sporet
14	Ret	Ingen	Lodret	Sporet
15	Ret	Ingen	Lodret	Sporet
16	Ret	Ingen	Lodret	Sporet
17	Ret	Ingen	Lodret	Sporet
18	Ret	Ingen	Lodret	Ej sporet
19	Vrang	Ingen	Lodret	Ej sporet
20	Ret	Ingen	Lodret	Ej sporet
21	Vrang	Ingen	Lodret	Ej sporet
22	Ret	Ingen	Lodret	Ej sporet
23	Vrang	Ingen	Lodret	Ej sporet
24	Ret	Ingen	Lodret	Ej sporet
25	Vrang	Ingen	Lodret	Sporet
26	Vrang	Ingen	Lodret	Sporet
27	Vrang	Ingen	Lodret	Sporet
28	Vrang	Ingen	Lodret	Sporet
29	Vrang	Ingen	Lodret	Sporet
30	Vrang	Ingen	Lodret	Sporet

* Bræddeopstalt

Den lodrette beklædning er en-på-to, den vandrette er klink. Den svenske anvisning for opsætning af en-på-to-beklædning, hvor underliggøren er vrangvendt og overligger retvendt, er afprøvet (bræt nr. 18-24).

**Figur 18**

Svensk anvisning af opsætning af en-på-to-beklædning.

* *Sortering og opsætning af brædderne*

Sibirisk lærk. Alle brædder er af kernetræ med tætte årringe og planskåret. Generelt er de skåret af stammer med lille diameter, dvs. tæt på marv (midterudbytte) og i visse tilfælde er der marv på den savskårne overflade.

WRC. Alle brædder er af kerneved med meget tætte årringe og planskåret. De er skåret af stammer med meget store dimensioner.

Trykimprægneret fyr. Alle brædder er planskårne sidebrædder med kerne- og splintved.

Træ fra Langesø skovdistrikt. Efter tørring er brædderne sorteret i 4 bunker for hver træart/vedtype afhængigt af om det er skåret fra rodenden, andet, tredje eller topstykket (romertal I-IV). Brædderne er opsat efter princip vist i figur 17, således at hvert andet bræt kommer fra samme træ. Der forekommer enkelte afvigelser. Teknologisk Institut, Træteknik har registreret alle bræddernes placering ved hjælp af identifikationsnumrene.

- *Nordfacaden*

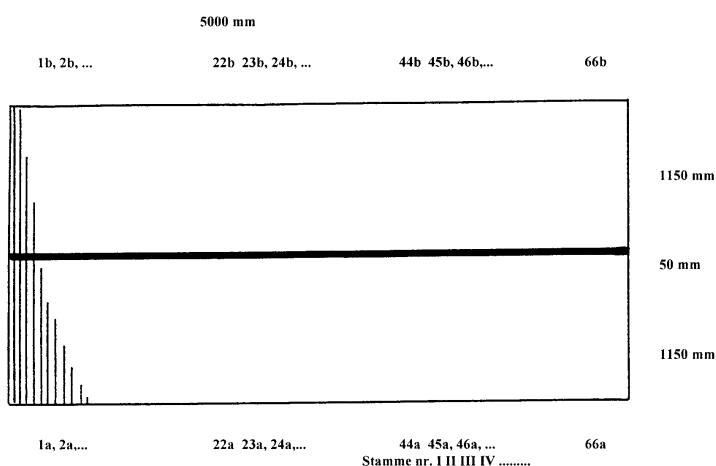
På nordfacaden prøves:

- Endeflodeforsøgling.
- Befæstelsesmetoder.
- Befæstelsesafstand fra endetræ.
- Tagudhæng.

Følgende er faste parametre:

- Træart/vedtype af sibirisk lærk, WRC og rødgran.
- Retside mod påvirkning.
- Ingen overfladebehandling.
- Lodret beklædning.
- Sporing.

I hvert forsøgsfelt er opsat 44 brædder af hver af de 3 træarter/vedtyper.



Figur 19

Forsøgsfelt, nordfacaden. Bræt nr. 1-22a og b er sibirisk lærk. Bræt nr. 23-44a og b er WRC. Bræt nr. 45-66a og b er rødgran. For rødgran gælder, at romertallene I-IV angiver, hvor på stammen brættet er taget fra.

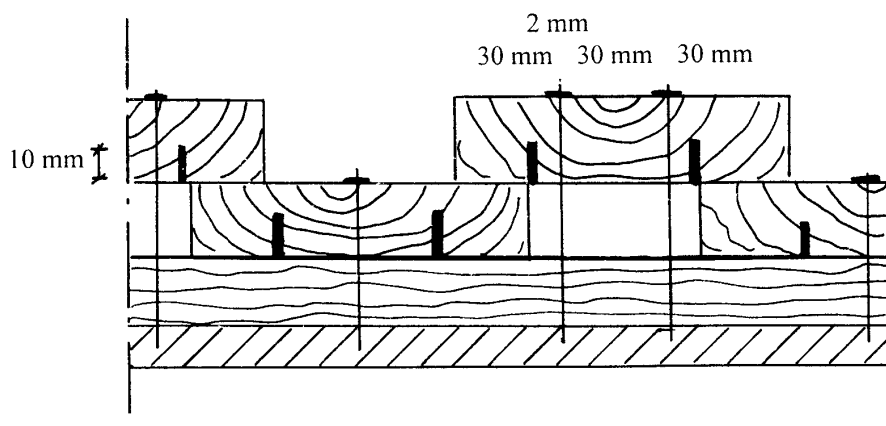
Tabel 6

Forsøgsparametre for forsøgsefterne på nordfacaden. Alle forsøgsefter har indbygget samme forsøgsparametre, dog er tagudhænet henholdsvis 0, 500 mm og 1000 mm for hvert af de 3 forsøgsefter. Forskel på a-serie og b-serie er kun befæstelsesafstand fra endetræ, endepladeforsegling og befæstelse er den samme.

Bræt nr. a-serie	Endeplade- forsegling	Befæstelse	Befæstelses- afstand [mm]		Bræt nr. b-serie	Befæstelses- afstand [mm]	
			top	bund		top	bund
1, 23, 45	Ingen	Skruer	50	150	1, 23, 45	20	100
2, 24, 46	Ingen	Skruer	50	150	2, 24, 46	20	100
3, 25, 47	Lim/hærder	Skudsøm	50	150	3, 25, 47	20	100
4, 26, 48	Lim/hærder	Skudsøm	50	150	4, 26, 48	20	100
5, 27, 49	Lim/hærder	Skudsøm	50	150	5, 27, 49	20	100
6, 28, 50	Lim/hærder	Skudsøm	50	150	6, 28, 50	20	100
7, 29, 51	Lim/hærder	Skudsøm	50	150	7, 29, 51	20	100
8, 30, 52	Lim/hærder	Skudsøm	50	150	8, 30, 52	20	100
9, 31, 53	Lim/hærder	Håndsum/ Forboring	50	150	9, 31, 53	20	100
10, 32, 54	3 x maling	Håndsum/ forboring	50	150	10, 32, 54	20	100
11, 33, 55	3 x maling	Håndsum/ forboring	50	150	11, 33, 55	20	100
12, 34, 56	3 x maling	Håndsum/ forboring	50	150	12, 34, 56	20	100
13, 35, 57	3 x maling	Håndsum/ forboring	50	150	13, 35, 57	20	100
14, 36, 58	3 x maling	Håndsum/ forboring	50	150	14, 36, 58	20	100
15, 37, 59	1 x maling	Håndsum	50	150	15, 37, 59	20	100
16, 38, 60	1 x maling	Håndsum	50	150	16, 38, 60	20	100
17, 39, 61	1 x maling	Håndsum	50	150	17, 39, 61	20	100
18, 40, 62	1 x maling	Håndsum	50	150	18, 40, 62	20	100
19, 41, 63	1 x maling	Håndsum	50	150	19, 41, 63	20	100
20, 42, 64	1 x maling	Håndsum	50	150	20, 42, 64	20	100
21, 43, 65	Ingen	Skruer	50	150	21, 43, 65	20	100
22, 44, 66	Ingen	Skruer	50	150	22, 44, 66	20	100

* Bræddeopstalt

Alle brædder er opsat lodret.

**Figur 20**

Befæstelse og sporing af brædder.

* *Sortering og opsætning af brædderne*

Sibirisk lærk. Alle brædder er af kernetræ med tætte årringe. Generelt er de skåret af stammer med lille diameter, og en stor del af brædderne er skåret af midterstykket, således at marven sidder midt i brættet. Teknologisk Institut har registreret, hvor der er anvendt henholdsvis planskårne brædder og midterstykker.

WRC. Alle brædder er af kerneved med meget tætte årringe skåret af stammer med meget store dimensioner. Størsteparten af brædderne er mellemformet (45°-skåret). Det er vanskeligt at vurdere, hvilke sider der er ret og vrang, i tvivlstilfælde er den pæne side vendt udad. Dette er også registreret.

Rødgran fra Langesø skovdistrikt. Efter tørring er brædderne sorteret efter hvilket træ de kommer fra. Brædderne er opsat efter princip vist i figur 19, således at 4 på hinanden følgende brædder er taget fra samme træ (romartal I-IV). Der kan forekomme enkelte afvigelser. Placering er registreret ved hjælp af identifikationsnumrene.

Prøvningsmetoder

Feltforsøgets hovedformål er at tjene til dokumentation og demonstration. Derfor er prøvningsmetoden begrænset til manuelle fugtmålinger på særligt kritiske detaljer og en visuel vurdering af effekten af de testede parametre, som fx tagudhængets effektivitet. Der er udsåret "dummies" af hvert enkelt bræt, der kan anvendes til bestemmelse af densitet og som farverefERENCE.

Resultater

Forsøgsvæggen er færdiggjort februar 1998.



Figur 21

Feltforsøget færdiggjort februar 1998, nordfacaden.

På indeværende tidspunkt er det begrænset, hvad der foreligger af resultater, men følgende kan dog konkluderes.

- Sydfacaden

Det overfladebehandlede træ holder tydeligt på træfarven. Splintved af gran og fyr, som ikke er overfladebehandlet, viser tydelige tegn på skimmelangreb. Den ubehandlede vandrette lærkebeklædning er meget hurtigt patineret til en gråsort tone. Generelt er den vandrette, ubehandlede beklædning mere angrebet af skimmel og har større farveændring end den lodrette. WRC er den af de prøvede træarter der er mindst ændret.



Figur 22

Feltforsøget september 1998, sydfacaden.

- Nordfacaden

På forsøgsfeltet uden tagudhæng ses tydelig metalafsmittning fra de galvaniserede søm på både sibirisk lærk, WRC og gran. Det er dog mest udtalt for WRC og mindst for gran.



Figur 23
Metalafsmittning fra galvaniserede søm, nordfacaden.

5 Fuldskala demonstration

5.1 Mock-up af fleretages træhus

CASA NOVA konsortiet besluttede at opføre en mock-up (prøvehus) for at få afklaret en række tekniske spørgsmål inden opførelsen af de danske fleretages træhusbyggerier i Hørsholm og Herning. Mock-up'en blev opført på Teknologisk Instituts forsøgsareal i august 1996.



Figur 24

Mock-up, syd- og vestfacade. Nord- og østfacaderne er beklædt med uorganiske materialer, bl.a. cementbundne spånplader.

På Teknologisk Institut, Trætekniks foranledning blev der i mock-up'en indbygget en række konstruktive træbeskyttende tiltag bl.a. med baggrund i resultaterne fra laboratorieforsøgene.

På facaden blev følgende variabler indbygget:

Tabel 7

Konstruktive træbeskyttende variabler.

Træart	Verdens-hjørne	Placering	Beklædnings-type	Orientering	Befæstelses-metode
WRC	Syd	Stuen	3/4 x 6" kile-skåret klink	Vandret	Varmgalv. Skudsøm
Fyr	Syd	1. sal	3/4 x 5" pro-filbrædder	Vandret	Sømmet for-dækt
WRC	Vest	Stuen	3/4 x 3" pro-filbrædder	Lodret	Hånd sømmet m. rundhovedet rustfri søm
Lærk	Vest	1. sal	3/4 x 5" pro-filbrædder	Lodret	Sømmet for-dækt

Alle brædderne er brandimprægneret og overfladebehandlet med en træolie. Ingen af brædderne er endefladeforseglet. Facaderne er beskyttet med 1 m tagudhæng. Trappe og balkon har også en afskærmende virkning.

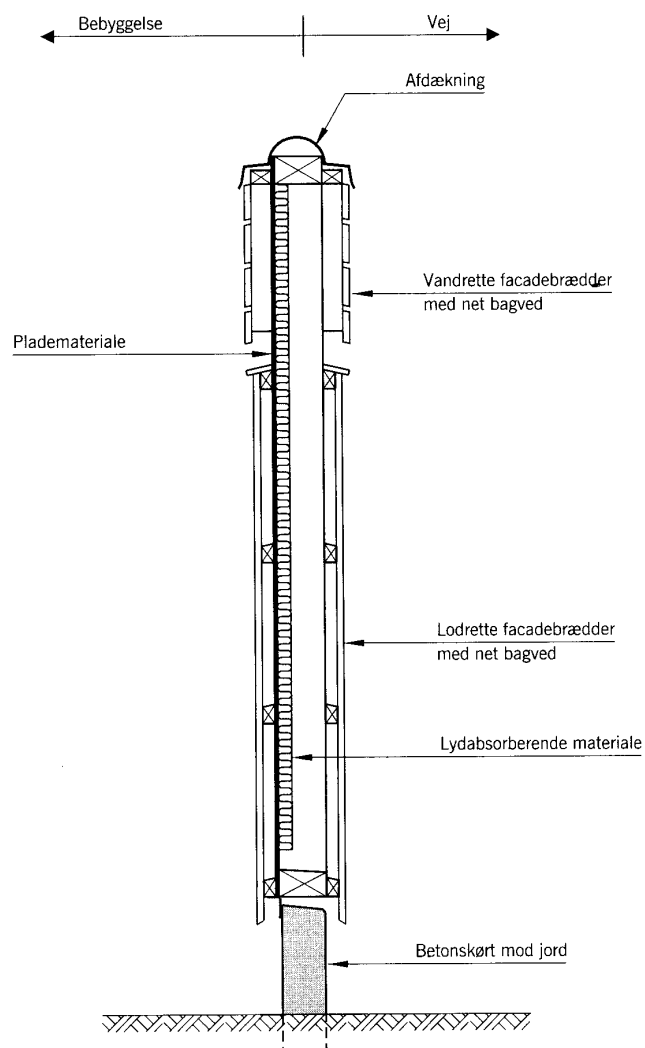
Facadebrædderne er indkøbt af entreprenøren, der ikke har registreret oprindelse eller kvalitet. Teknologisk Institut, Træteknik vurderer, at den lodrette WRC-beklædning er af en kvalitet "clear" iht. NLGA og sandsynligvis er den vandrette WRC-beklædning en kvalitet "selected knotty". Kvalitet og oprindelse af lærk- og fyrbeklædningen kan ikke afgøres.

5.2 Buddinge støjskærme

I forbindelse med Vejdirektoratets opførelse af støjskærme af træ blev Teknologisk Institut, Træteknik involveret gennem et Nordic Wood program "Bullerskärmar av trä" med henblik på at anvende "rent træ". Under projektering/udvikling af disse støjskærmsprojekter gennemførte Teknologisk Institut projektgranskning med fokus på den konstruktive udformning for at sikre længst mulig varighed.

Et af de konkrete projekter er støjskærme opført langs frakørslen fra Helsingørsmotorvejen ved Buddingevej. I dette projekt har Teknologisk Institut, Træteknik fået indbygget konstruktive træbeskyttende variabler som demonstration og afklaring af resultaterne fra laboratorieforsøget "De fire årstider" – Mark I. Bl.a. er forskellige træarter indbygget i støjskærmen.

Teknologisk Institut, Træteknik udarbejdede træbeskrivelse mht. sortering, opskæring/bearbejdning og tørring for alle de indbyggede træarter, for at sikre en ensartet trækvalitet.



Figur 25

Støjskærm langs motorring 3 ved Buddinge. Skærmen er orienteret nord/syd, opført i 1997 og har en samlet længde på 814 m. Arkitekt ved Møller og Grønborg A/S. Konstruktion ved Carl Bro A/S.

Tabel 8

Konstruktive træbeskyttende variabler. Træet er danskgroet.

Træart	Verdens-hjørne	Beklædningstype	Orientering
Thuja/kerne (Thuja plicata)	Syd	1 x 3" brædder	Vandret
	Syd	1 x 6" profilbrædder	Vandret
	Nord	1 x 3" brædder	Vandret
	Nord	1 x 3" brædder	Lodret
Eg (Quercus robur)	Syd	1 x 3" brædder	Vandret
	Syd	1 x 3" brædder	Lodret
	Nord	1 x 3" brædder	Vandret
	Nord	1 x 3" brædder	Lodret
Lærk (Larix decidua)	Syd	1 x 3" brædder	Vandret
	Syd	1 x 3" brædder	Lodret
	Syd	1 x 6" profilbrædder	Lodret
	Nord	1 x 3" brædder	Vandret
	Nord	1 x 3" brædder	Lodret
	Nord	1 x 6" profilbrædder	Lodret
Rødgran (Picea abies)	Syd	1 x 3" brædder	Vandret
	Nord	1 x 3" brædder	Vandret
Douglas (Pseudotsuga menziesii)	Nord	1 x 3" brædder	Vandret

Alle brædder er sporet på bagsiden, overfladebehandlede med træolie og endeflodeforsøglet med 2 x maling. Brædderne er opsat med rustfri skudsøm og er vendt både med retside og vrangside udad.

Placering af de enkelte brædder med konstruktive træbeskyttende variabler er registreret af Teknologisk Institut, Træteknik.

6 Konklusion

<i>Projektet</i>	Projektet har omfattet laboratorieforsøg, feltforsøg og fuldskala demonstration. Det er begrænset, hvad man har af resultater fra feltforsøget og fuldskala demonstrationen. Derfor suppleres med anden viden om effekten af konstruktiv træbeskyttelse, som Teknologisk Institut, Træteknik er i besiddelse af, til at verificere resultaterne af laboratorieforsøgene og til at vurdere metodernes egnethed til prøvning af de enkelte designparametre.
<i>Dokumenteret effekt</i>	I det efterfølgende kommenteres resultaterne af prøvningerne af de træbeskyttende designparametre, der blev udvalgt i fase 1.
- <i>Tagudhængs udformning</i>	Der ses en tydelig effekt af tagudhængen på feltforsøget og mock-up'en. Men en formel for effekten som funktion af udhængets dybde kan ikke udledes på nuværende tidspunkt.
- <i>Endeflodeforsøg</i>	Prøvningerne viste, at endeflodeforsøg har en betydning for træets varighed. På nuværende tidspunkt kan dog ikke fastslås, hvilke produkter der er bedst egnede, eller hvor stor betydningen er, målt i år.
- <i>Drypkanters udformning</i>	Anvendelse af en drypkant og udformningen af den har vist sig at være af betydning for træets varighed. Det er vigtigt, at vandet bliver ledt væk fra endefladerne på beklædningen henholdsvis ovenover og nedenunder drypkanten, dvs. at der ikke er bagfald på overfladen af profilet og at der ikke løber vand ind under profilet. Prøvningerne viste, at dette undgås ved en hældning større end 1:5 og ved at lave en not. Udformningen af noten, cirkulær eller skarpkantet, er uden betydning. Dybde og hældning (større end 1:5) har kun betydning for, hvor langt nede under drypkanten regnen vil ramme facaden. Med en given dybde og hældning vil regnen ramme stort set samme sted på facaden hver gang, afhængigt af vinden. Så længe endetræet bliver holdt tørt, har udformningen af drypkanten således kun arkitektonisk betydning, ikke betydning for træets varighed. Dog bør dybden – fremspringet – ikke være mindre end 45 mm. Ved anvendelse af drypkant af træ kan der opnås længere varighed af denne ved overdækning med aluminium, idet prøvningerne viste, at fugtindholdet var mindre ved overdækning.
- <i>Vandret/lodret orientering og beklædningstyper</i>	Projektet har endnu ikke givet resultater mht. levetid, men erfaringer viser, at en lodret beklædning holder længere end en vandret. Til gengæld er det lettere at udskifte de nederste brædder (der er særligt udsatte) på en vandret beklædning, end at skulle udskifte en hel lodret beklædning ved rådgang nederst.
- <i>Overfladebehandling og -karakter</i>	Overfladebehandling med den anvendte træolie giver en vandafvisende effekt og holder på træfarven. Effekten er afhængig af vedligeholdelse. Feltforsøget viser, at man kan undgå begyndende skimmelsvampangreb på særligt udsatte træarter/vedtyper fx fyr/splint og gran/splint. Laboratorieforsøgene viste, at der var nogenlunde samme fugtbeskyttende effekt af de prøvede olier, linolie og træolie.

Prøvningerne gav ingen sikre resultater mht. overfladekarakter.

- Træs varighed

Laboratorieforsøgene viste følgende rangorden af træarterne/vedtyperne målt på fugtoptagelse og formstabilitet:

- Thuja/kerne og lærk/kerne.
- Douglas/kerne, fyr/kerne og gran/kerne/splint.
- Eg/kerne.
- Fyr/splint.

Prøvningerne viste ingen forskel mellem thuja, WRC, europæisk lærk og sibirisk lærk.

Resultaterne af laboratorieforsøgene efterlader nogen tvivl om, hvorvidt prøvningsmetoderne, emnegeometrien og antallet af forsøgsemner har været fyldestgørende.

Erfaringer viser, at eg har lige så lang om ikke længere varighed end thuja og at lærketræ normalt vrider sig mere end de øvrige prøvede træarter. Dette ses ikke ved prøvning af små emner. Der er en stor variation i kvaliteten af træ, derfor er der brug for mange gentagelser for at opnå et pålideligt resultat.

Bortset fra eg stemmer rangordenen overens med, hvad der stort set regnes for gældende. Men ved længere tids prøvning vil WRC sandsynligvis vise sig at holde længere end thuja, afhængig af trækvalitet.

Feltforsøget og fuldskala demonstrationen vil kunne afklare tvivlsspørgsmålene og angive varighederne målt i år.

- Opsætning ret/vrang

Prøvningerne viste flere revner på vrang siden end på retsiden. Betydningen af dette for forskellige beklædningstyper fx en en-på-to-beklædning kendes endnu ikke.

- Sporing

Resultaterne af laboratorieforsøgene viser, at det er vigtigt at vende retsiden mod vejrliget, hvis der ikke er anvendt sporing. Resultaterne viser dog også, at det ikke er afgørende mht. formstabilitet, om man vender retsiden eller vrang siden mod vejrliget, hvis der bliver anvendt sporing – halv tykkelse – på bagsiden. Støjskærmene ved Buddinge vil afklare dette spørgsmål.

- Befæstelsesmetoder

Feltforsøget viser, at der bør anvendes befæstelse af rustfri stål for at undgå metalafsmittning. Der er endnu ingen data for varigheden af den enkelte befæstelsestype i det foreliggende projekt.

- Befæstelsesaftand fra endetræ

Prøvningen af facadeelementet viste, at befæstelsesaftand fra endetræ skal være 50 mm eller derover for at undgå betydende revner/flækker til endetræet. Praksis viser, at dette i nogen grad er afhængig af træart, idet man ved træarter med meget tætte årringe, som fx WRC, kan benytte en befæstelsesaftand på 30-40 mm.

Opfølgning

Feltforsøget og fuldskala demonstrationen bør følges op og evalueres systematisk, for at der opnås det optimale udbytte af projektet fx angivelse af træarters varighed målt i år. Dette er nødvendigt for at kunne

foretage en endelig evaluering og verificering af laboratorieforsøgene og for at kunne formidle resultaterne.

Videnformidling

Der er behov for, at resultaterne af projektet og anden viden om konstruktiv træbeskyttelse formidles til byggeriets parter (dvs. arkitekter, rådgivende ingeniører, entreprenører og professionelle håndværkere) og gør-det-selv-folk. Teknologisk Institut, Træteknik kunne udarbejde en håndbog om emnet, når tilstrækkeligt med resultater fra projektet foreligger, og eventuelt udgive den som en TOP-pjece.

Fremtidige tiltag

Der er brug for en simpel afprøvning af træs varighed over jord i naturlige omgivelser, fx Lab-joints kombineret med brædder af samme træart lodret, 45° og vandret orienteret. Ligeledes er der behov for en afprøvningsmetode for endefladeforseglingsprodukters effektivitet.

7 Produkt data

Brandimprægneringsmiddel

Den brandhæmmende imprægnering af thuja- og lærkebrædder i dette projekt er gennemført ved trykimprægnering med midlet Injecta F-exterior. Dette middel er godkendt jf. MK 6.31/0992 til udvendige fyrbelægningsbrædder.

Overfladebehandlingsmiddel

Der er anvendt en træolie med fungicid og voks. Kode nr. 4-1 (1993). Etiketten havde følgende deklaration:
Dichlofluanid <1%.
Naphta (råolie), hydroafsvovlet, tung >10%.
Solventnaphta (råolie), let aromatisk >10%.

Endeflodeforsglingsmidler

Type 1.

3 gange maling

- 1 gang grundingsolie Kode 2-1 (1993) med følgende deklaration:
Mineralsk terpentin.
Tributyltinnoxid.
- 2 gange alkydoliemaling Kode 2-1 (1993) indeholdende:
Mineralsk terpentin.

Type 2.

1 gang maling

Kode 2-3 indeholdende:
Polymeriserede isocyanater.
Methoxypropylacetat.

Type 3.

Lim med hærder

Der er anvendt en PVAc lim svarende til Cascol lim 3333 og hærder 3334.

Befæstelse

Søm

NKT Firkant søm, varmforzinkede min. 50 my zinkbelægning.

Skruer

NKT spånskruer, rustfri A2, AISI 304-305.

Skudsøm

Kuppelhovede uden spids, rustfri A2, AISI 304.

8 Litteratur

Borsholt, E., Johansen, B.L. og Zachariassen, H. (1995). *Konstruktiv træbeskyttelse mod biologisk nedbrydning. Arbejdsrapport nr. 20 1995.* Miljøstyrelsen, København.

Borsholt, E. (1997). *Træ i udemiljøet. Arbejdsrapport nr. 11 1997.* Miljøstyrelsen, København.

Block Watne. *Byggedetaljer 1. marts (1995).*

Byggforsk (1987). *Trehus. Håndbok 38.* Norges Byggforskningsinstitutt, Oslo.

Couper, R.R. *Factors Affecting the Production of Surface Runoff from Wind-Driven Rain.* Division of Building Research, CSIRO, Australia.

Dansk Standard. *Metode til at udsætte bygningskomponenter og byggematerialer for accelereret klimapåvirkning i vertikal stilling. 1. udg. juli (1985).* DS 1127.

Dylander, B., Kjær, A., Brixen, J. (1964). *Fugeproblemer ved elementbyggede ydervægge. SBI-særtryk 149.* Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm.

Ekstedt, J. (1991). *Egenskaber hos fasadefärger.* Träinformation, Stockholm.

Eriksen, H. (1964). *Konstruktiv Træbeskyttelse.* Forsikrings-Aktieselskabet Danske Minerva, København.

Hansson, T. og Gross, H. (1991). *Material. Träbyggnadshandbok 9.* Träinformation och Trätek, Stockholm.

Johanesson, C.M. (1992). *Väggor. Träbyggnadshandbok 3.* Träinformation och Trätek, Stockholm.

Kjær, A. (1990). *1-trinsfuger og 2-lagsfuger omkring trævinduer i teglstenmure. SBI-rapport 209.* Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm.

Nicolajsen, A. og Hansen, M.H. (1999). *Fugtforhold i træbeklædninger – Resultater fra laboratorieforsøg med accelereret ældning. SBI-rapport 310.* Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm.

Nielsen, C. W. (1991). *Lette ydervægges levetider - Forsøg med accelereret ældning. SBI-rapport 255.* Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm.

Prebensen, K. (1980). *Slagregn på facader.* Byggeindustrien 1, København.

Thomassen, T. (1981). *Træ skal anvendes rigtigt. BYG-ERFA erfaringsblade 81 09 15*. Byggeteknisk Erfaringsformidling, København.

TRÆ 5 *Træskeletvægge*, 1959.

TRÆ 7 *Træ i sommerhuse*, 1959.

TRÆ 11 *Træ, maling, beitse og lak*, 1962.

TRÆ 12 *12 træarter i Skandinavien*, 1963.

TRÆ 17 *Trækonstruktioner i sommerhuse*, 1965.

TRÆ 18 *Træbjælkelag i enfamiliehuse*, 1967.

TRÆ 21 *Feriehuse af træ*, 1971.

TRÆ 25 *Træskelethuse* 1975.

TRÆ 29 *Træ holder længe – Konstruktiv og kemisk træbeskyttelse*, 1984.

TRÆ 29 *Træbeskyttelse*, 1991.

TRÆ 30 *Limtræ*, 1991.

TRÆ 35 *52 træarter*, 1993.

TRÆ 40 *Skadet træværk*, 1996.

Træbranchens Oplysningsråd, Lyngby.

Vestergaard, M. (1997). *Støjskærme af træ - Vejledning i materialevalg og konstruktion*. Nordic Wood "Bullerskärmar".

Vestergaard, M. (1998). *Demonstration and documentation of possibilities for reduction of chemical wood protection through correct wood protection by design*. Projekt LIFE 95/DK/161/01217/KOB under LIFE, EU.

Vestergaard, M., Frank, F.C., Hansen, M.H., Nicolajsen, A og Sigbrand, L. (1997). *Etablering af forsøg til dokumentation af biologisk holdbarhed*. Nordisk Industrifond, Nordic Wood "Træhuse i flere etager", Delprojekt P.