



BioFacades:UpHigh

Tentativ rendering af CPH Villages fremtidige facadedesign

Formål og baggrund

BioFaçades:UpHigh har haft til formål at skabe grundlaget for en ny praksis for, hvor højt vi i Danmark kan bygge bygninger med træbeklædning – uden hverken at brandimprægner træbeklædningen eller sprinkle bygningerne. Usikkerheden om den udendørs brandtekniske holdbarhed for brandimprægneret træ har stillet markedet for træfacader i Danmark dårligere. Producenterne kan ikke stille garantier, og bygherrerne vil ikke påtage sig risikoen. Derfor falder valget oftest på ubrandbare, konventionelle og CO₂e-tunge materialer.

På baggrund af 10 fuldskala facadebrandtests og med udgangspunkt i tre konkrete eksempelbyggerier har projektets partnere påvist, at konstruktive designløsninger i facaden kan forhindre brandspredning og udgøre et sikkert alternativ til de eksisterende præaccepterede løsninger.

Projektpartnerne har været udgjort af tre bygherrer: NREP, CPH Fælledby P/S og CPH Village samt Frøslev Træ og DBI. Projektpartnerne har aktivt delt viden og erfaringer gennem projektet med hinanden for at realisere projektets leverancer:

- Gennem 10 fuldskala facadebrandtests at analysere og dokumentere løsninger, som kan forhindre brandspredning til højereliggende etager.
- At realisere ubehandlede, biobaserede facader i tre konkrete eksempelbyggerier.
- Ud fra resultaterne at formulere generelle guidelines, som i fremtiden kan blive til præaccepterede løsninger og anvendes i brandklasse 2 bygninger, herunder designguidelines, som kan danne rammerne for fremtidens facadearkitektur i Danmark.
- At gøre eksemplerne offentligt tilgængelige og gratis.

I denne rapport kan du læse om:

- Projektets formål, baggrund og adgang til resultater, technical report og casebyggerier.
- Centrale beslutninger og designprincipper for træfacader med flammeafbøjere.
- Læringer og tendenser fra tre byggerier – inkl. brandstrategi, LCA, økonomi, udførsel, drift og forsikring.
- Projektstyring ved byggeri med brandtests og innovative løsninger.
- Hvor biogene facader giver mest mening, samt projektets hovedkonklusioner og perspektiver.

Fakta om projektet:

Varighed: November 2022 til December 2025

Partnere: NREP, CPH Village og Fælledby P/S, Frøslev Træ og DBI- Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut.

Bevillingsgivere: BioFaçades:UpHigh har et samlet budget på 6,6 mio DKK og er støttet af Realdania og Uddannelses- og Forskningsstyrelsen via DBI's resultatkontrakt.

Ordforklaring: Flammeafbøjer: En flammeafbøjer er en at-trap i stål, eller evt. andre materialer, som har til funktion at forhindre lodret og i nogle tilfælde vandret brandspredning på en facade.

Hvor finder du resultaterne?

Partnerne i BioFaçades:UpHigh og Realdania har med projektet stillet en bred vifte af materialer gratis til rådighed for byggeriet.

- **Resultater – testrapporter og videoer.**

På projektets hjemmeside får du adgang til 10 facadetests. Du finder videoer fra facadetest og prøvningsrapporter, som, udover testenes resultater, også indeholder tegningsmateriale for facaderne.

- **Technical report.**

Denne rapport giver et overblik over grundlæggende designprincipper for facader med træbeklædning samt de vigtigste konklusioner fra analyser af branddynamikken for træfacader. Herudover samles i rapporten en masse baggrundsviden om relevante emner, som går mere i dybden i forhold til de brandtekniske aspekter. Rapporten er tænkt som en informationskilde for brandtekniske rådgivere, arkitekter og byggeprofessionelle, og skal understøtte beslutningsprocessen i bygningens designfase.

- **Casebyggerier.**

BioFaçades:UpHigh er mere end bare et projekt, hvor der laves brandtest af innovative træfacader. Fælledby P/S, NREP og CPH Village har været bygherrepartnere i projektet, og skal på deres egne byggerier anvende nogle af de testede facadedesigns.

Der er ikke ét af byggerierne, der ser 1:1 ud som den første skitse – og det har facaderne haft en indflydelse på. På projektets hjemmeside samles erfaringer fra de casebyggerier. Både bygherrer og brandrådgivere deler deres bedste råd og erfaringer med bl.a. hvordan LCA og totaløkonomien ser ud, når træfacaderne sammenlignes med en ubrandbar facadeløsning, hvordan man skal tænke kontroller og drift, og hvor det giver bedst mening at anvende ikke-brandimprægnerede træfacader.



28 minutter inde i Fælledby P/S anden facadetest (Test 7)

Afgørende beslutninger i BioFaçades:UpHigh

Test 1 - 31.08.2023

Kommende europæisk worst-case setup (indadgående hjørner m. standard vindues-placering).

Brand til øverste etage efter 11½ min → ikke bestået.
Sep. 2023: Fastlæggelse af fleksibilitet i test-opstillinger: Valg af facadevinger, alternative vinduesplaceringer og krav om håndtering af horisontal brandspredning i de konkrete byggerier.

En beklædt vinge har afgørende betydning for resultatet og ligeså flammeafbøjerens udformning.

Test 2 - 13.10.2023

NREP: Ændret vinduesplacering og kun én beklædt vinge.

Fejlslagen test viser, at flamme-afbøjerens ud-formning er afgørende for brandspredning.

Test 3 - 27.10.2023

CPH Village: Ændret vindues-placering og én beklædt vinge. 70-80 % af facadens materialer er biobaserede.

Ingen brand-spredning til øverste etage i 60 min., primært pga. flamme-afbøjerens dybde og design.

Flammeafbøjer-designet bliver prototype for alle kommende facadetest med undtagelse af NREPs.

Test 4 - 30.11.2023

CPH Village gentog tidligere testopbygning, men tilføjede træbeklædning på vingen for at undersøge indadgående hjørner.

Træbeklædningen påvirkede brandforløbet markant. En konstruktionsfejl skabte usikkerhed om, hvorvidt testen ellers kunne have klaret 60 min. uden brandspredning.

Alle efterfølgende tests udføres med kun én vinge (kun den ene facade i det indadgående hjørne) beklædt.

Test 5 - 06.03.2024

NREPs anden test (projektets test 5) blev udført med ændret vinduesplacering og kun én beklædt vinge.

Testen mislykkedes trods yderligere designændringer.

Flammeafbøjerens dybde og udformning er fortsat afgørende for at forhindre brandspredning.

Test 6 & 7 - 21.03.24/ 02.05.24

Test 6: Fælledbys første test med standard vinduesplacering, én beklædt vinge og malet flamme-afbøjer. Test 7: Identisk med test 6, men med umalet flamme-afbøjer.

Test 6: Brandspredning opstod sent (49 min.) pga. maling på flammeafbøjer. Test 7: Bestod 60 min. uden brandspredning, hvilket bekræftede, at malingen var årsagen til fejl i test 6.

Maling af flammeafbøjer påvirker brandspredningen og skal testes, hvis det ønskes anvendt i bygningen.

Test 8 - 19.06.2024

DBI: Identisk opbygning som test 6 og 7. Ny maling /malingsteknik til flamme-afbøjer afprøves samt lodret stålliste monteres for at bremse horisontal brandspredning.

Den nye maling forhindrede brandspredning, men den lille stålliste (10 mm) havde ingen mærkbar effekt.

Stålet kan males, med korrekt maling og teknik. Begrænsning af horisontal brandspredning kræver større designindgreb end en minimal stålliste.

Test 9 - 05.09.2024

Frøslev: Modifieret version af test 6-8, hvor man afprøvede en mindre flammeafbøjer og tykkere facadebrædder for at undersøge brandspredning.

Ingen brandspredning til øverste etage, men brandforløbet var langsomt pga. de tykkere brædder.

Brandudviklingen afhænger stærkt af designvalg: Man kan både designe til en langsommere og mindre voldsom brand eller til, at facadebeklædningen brænder hurtigt væk.

Test uden for projektet - 19.09.2024

Bygherre udfører facadetest. Udgangspunkt i test 6. Tilføjer malet træbeklædning og lodret flammeafbøjer for at hæmme horisontal brandspredning.

Testen klarede sig godt: Ingen vertikal eller horisontal brandspredning, og løsningen vil blive implementeret i byggeriet.

Med korrekt design og materialevalg kan man både male stål og træ samt forhindre brandspredning i begge retninger – og dermed muliggøre flere demonstrationsbyggerier.

Test 10 - 30.10.2024

Udbygning af test 7 med dyb flammeafbøjer, indadgående hjørne, ekspanderende brand-stop og ny vinge - første 1m var ubrændbar plade og sidste 0,5 m træ.

Trædelen på vingen antændtes, men kun fordi den ubrændbare del sandsynligvis var ca. 30 cm for kort.

Ca. 30cm ekstra ubrændbar overflade kunne muligvis have forhindret antændelse – viden der gør det muligt at bevare mere træ i indadgående hjørner.

BioFaçades:UpHigh har udviklet sig hen over dets over 3 år lange varighed. Hvorfor endte vi i BioFacades:UpHigh med at teste, som vi gjorde og hvad lærte vi undervejs? Tidslinjen på forrige side giver en oversigt over beslutninger og læringer. Derudover har projektet blevet påvirket af eller gennemgået nogle betydningsfulde begivenheder:

- 2018- 2020. Technische Universität München laver projektet "Structural Means for Fire-Safe Wooden Façade Design".
- 2020 – Research Institutes of Sweden (RISE) igangsætter arbejdet på udvikling af en fælles Europæisk facadestandard. Projektet er sat til at afsluttes i juli 2028.
- 2020 - marts 2021. DBI og TI stiller spørgsmålstegn ved om den eksisterende standard til dokumentation af udvask af brandhæmmere er repræsentativ for den faktiske udvaskning. Flere brandrådgivere i branchen begynder at kræve levetids garantier for den brandimprægneret facade-beklædning materialeklasse.
- 17.12.2021. NREP laver en succesfuld brandtest efter SPFire105 facade-standard – til UN17 Village.
- Ansøgning sendt 29.09.2022. Projektet får navnet "BioFacades:UpHigh". Projektet er designet ud fra at der skal laves 10 facadetest efter den svenske SPfire105 standard.
- 19.06.2023 – Beslutningsmøde for brandrådgivere involveret i de 3 byggerier. Det besluttet at samtlige facadetest skal udføres i den europæiske facadetest-stand. Det besluttet at det primære succeskriterie for facadetest er hvorvidt branden spreder sig mere end én etage op fra initialbranden
- 06.09.2023. Designworkshop afholdes designworkshop for bygherre, deres arkitekter og brandrådgivere. Det besluttet at det vil være op til de enkelte bygherrer og Frøslev om de vil teste med begge vinger af facaden beklædt, hvis der ikke er indadgående hjørner på deres facader, eller hvis de anvender et lukket og ubrandbart regnskærmsmateriale på den ene vinge. Det besluttet også at brandrådgiverne på de enkelte byggerier kan vælge, at der ikke skal anvendes standard-vinduesplaceringen fra den kommende facadeteststandard. Ligeledes besluttedes det at horisontal brandspredning på facaden skulle håndteres i byggerierne.

De vigtigste designregler for facader med træbeklædning og flammeafbøjere

I projektets Technical Report findes en detaljeret gennemgang af designparametre for en succesfuld facadetest med træbeklædning og flammeafbøjere, der forhindrer brandspredning på facaden. En succesfuld facadetest er ikke ensbetydende med en brandsikker bygning. Det er vigtigt, at den samlede brandstrategi for en bygning er gennemtænkt af en professionel brandrådgiver.

De vigtigste designregler for en succesfuld facadetest er:

1. Effektiviteten af flammeafbøjeren er i høj grad afhængig af dens geometri, indgående materialer, overfladebehandling og fastgørelsesmetoder. Dens rolle i at omdirigere flammer væk fra facaden er afgørende for at forhindre vertikal brandspredning.
2. Design af træbeklædning: Profil, orientering, træsort, densitet og behandling af træbeklædning har stor indflydelse på antændelse, flammeudbredelse og efterfølgende glødebrand. Valget bør baseres på konfigurationer, hvor der allerede findes erfaringer og data.
3. Hjørner og samlinger: Der skal udvises særlig opmærksomhed ved indvendige hjørner og samlingsdetaljer, hvor branddynamikken kan se markant anderledes ud end for flade overflader. Når begge sider af et indadgående hjørne er beklædt med træ, ændres branddynamikken drastisk. Dette bør håndteres gennem målrettet afprøvning.
4. Udformning af det ventilerede hulrum og materialevalg: Valget af vindspærre og isolering, samt placeringen af brandstop i hulrummet spiller en afgørende rolle i at begrænse skjult brandspredning i ventilerede facader.



Sammenligningsbillede fra test 1-7 af flammeafbøjers effekt, 1 minut inde i testen.

Læringer fra de tre byggerier

Såvel bygherrer som tilknyttede certificerede brandrådgivere har samlet op og delt erfaringerne fra deres byggerier til gavn for omverdenen. De tre byggerier er Ripple Residence af NREP, beliggende i Nordhavn i København, Bygning B5 af Fælledby P/S i Fælledby på Amager, og en fremtidig landsby af CPH Village, som endnu afventer et byggefelt i København. Man kan læse meget mere om erfaringerne fra de tre byggerier på projektets hjemmeside på undersiden Casebyggerier.

Følgende afsnit kigger på tværs af de tre byggerier for at vise, hvilke tendenser der har været i både konkrete løsninger og resultater. Ved at læse dette afsnit får du viden om, hvad du kan forvente, hvilke overvejelser du bør gøre dig, og hvor det giver bedst mening at indtænke facader med træ og andre biogene materialer med flammeafbøjere.

Brandstrategien – tendenser i det brandtekniske design:

Brandrådgiverne på de tre byggerier har i samarbejde med bygherre og øvrige rådgivere, uafhængigt af hinanden, nået frem til et brandteknisk design af deres respektive bygninger, som har en række fællestræk.

Følgende illustration er et udtryk for, hvad 3 certificerede BK 3/4-rådgivere er nået frem til. Det er muligt, at det brandtekniske design kan løses ad andre veje på andre byggerier. På nogle byggerier vil det være muligt at ressourceoptimere yderligere, mens der på andre byggerier kan forekomme et yderligere ressourceforbrug. De 6 punkter herunder er derfor ikke mejslet i sten.

1. Sikre, at det konstruktive design, som skal forhindre lodret brandspredning på facaden, virker: fx en flammeafbøjer, som effektivt forhindrer brandspredning mere end én etage over initialbranden. Bemærk, at flammeafbøjeren også kan anvendes som brandstop i det ventilerede hulrum. (Se: [Technical Report](#) aftsnit 3.3)
2. Sikre mod omfattende horisontal brandspredning på facaden, fx ved kortere facader at afbryde den brandbare beklædning ved gavl, at lave materialeskifte i regnskærmen til ubrandbare materialer omkring trappeopgange, eller lave lodrette afbrydelser i stål, som i NREPs facadedesign.
3. Vindspærre skal beskytte bagvedliggende materialer tilstrækkeligt – fx som minimum en K1 10-løsning. I de fleste facadetest er anvendt en vindgips.
4. Sikre, at beredskabet har adgang til at slukke facadebranden, fx at bygningen ikke bliver for høj til at kunne udføre slukningsarbejdet, og at stigevogne har tilstrækkelige adgangsforhold. Herudover skal der tages hensyn til, at beredskabet kan operere trods stråling fra en brændende facade. (Se: [Technical Report](#) aftsnit 4.2)
5. Afstand til andre bygninger er tilstrækkelig til at forhindre brandspredning: sørg for, at bygninger, som udføres med brændbare facader, udføres med en tilstrækkelig afstand til skel og andre bygninger på egen grund, ud fra det facade-materiale der vælges. (Se: [Technical Report](#) aftsnit 3.5)
6. Udvidet kontrol af enkelte elementer bør overvejes i forbindelse med byggeprocessen. Det kunne være flammeafbøjerne og/eller sikringen omkring den horisontale brandsmitte, som skal kontrolleres ekstra omhyggeligt, idet de typisk vil have en stor rolle i brandsikringen af bygningen.

Projektstyring for et byggeri med brandtest og innovative løsninger

Den europæiske facadetest giver på nuværende tidspunkt ikke mange muligheder for at udskifte indgående materialer senere i processen. Det betyder, at man som bygherre meget tidligt i processen skal låse sig fast på det facadedesign, man vil anvende på sin bygning. Når facadetesten er blevet udført, er designet låst, selvom man måske endnu ikke har entereret med en facadeentreprenør. Det samme gør sig gældende, om end ikke til så udbredt en grad, for andre typer af brandtest, som kommer med et begrænset anvendelsesområde – dvs. mulighed for at udskifte indgående materialer.

Branchen er vant til de 7 gængse faser i byggeriet, fra idéfasen til aflevering af et færdigt byggeri. For alle tre byggerier har det været tilfældet, at man ikke kan følge en helt faseopdelt struktur. Processen er karakteriseret af, at rigtig meget skal konkretiseres og bliver fastlåst allerede i idefasen. Det betyder også, at rådgivere og mulige entreprenører skal inddrages på et tidligt tidspunkt i processen.

Det er vigtigt at kortlægge, om facaden udgør en god løsning på tværs af byggetekniske fagligheder, om økonomi, LCA og driftsforhold går op, og om håndværkerne kan bygge det i den kvalitet, der er påkrævet. Konkret betyder det, at man skal afse længere tid til de indledende faser.

Desuden er det vigtigt at få så konkrete svar som muligt fra sit testinstitut og brandrådgiver ift. mulighederne for senere designændringer – inden brandtest udføres.



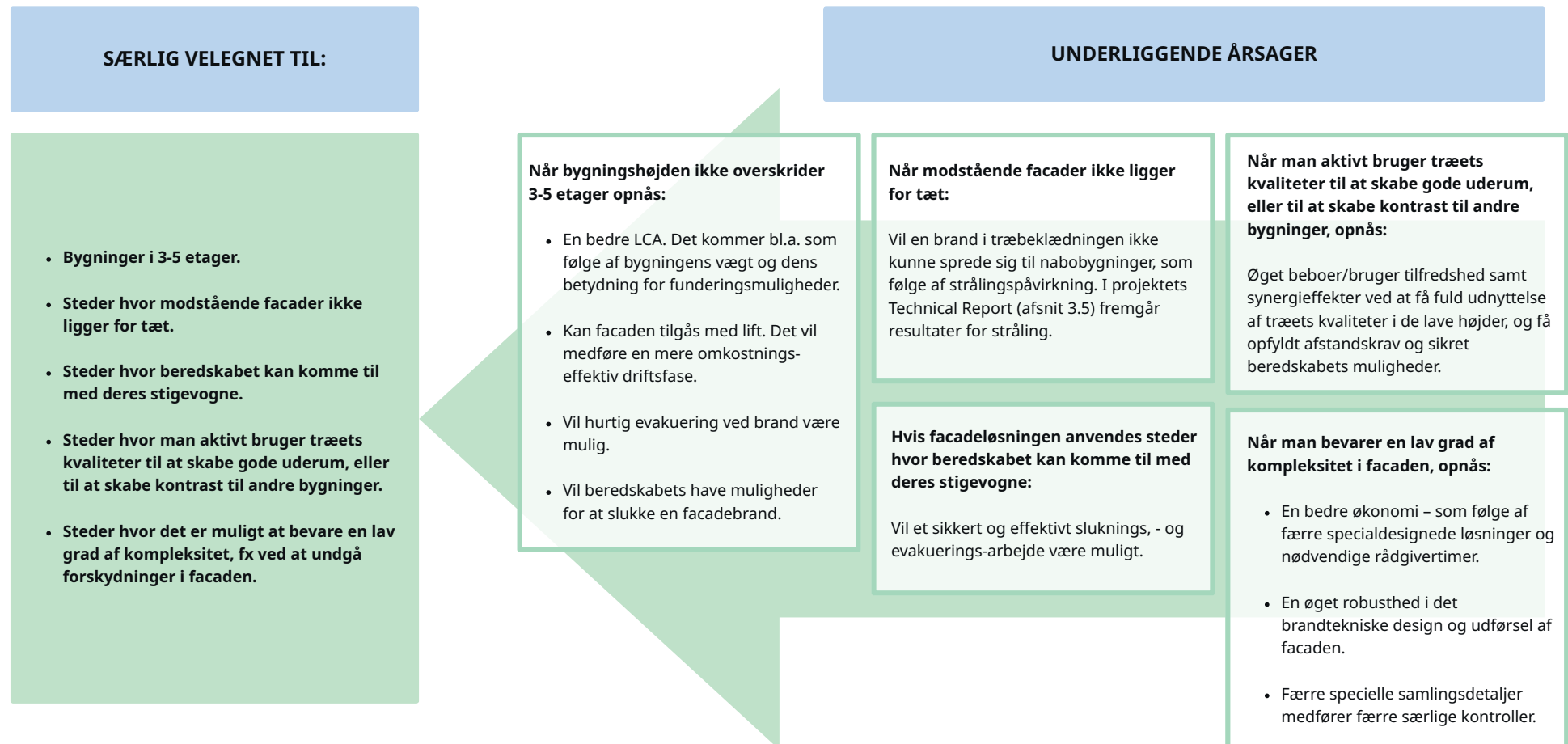
Fælledby – Rendering af gavl på Bygning B5

Tendenser fra de tre case byggerier

Man kan læse meget mere om erfaringerne fra de tre byggerier på projektets hjemmeside på undersiden Casebyggerier. Ingen af de tre byggerier står helt færdige. Følgende tendenser afspejler derfor den viden, som de tre bygherrer har ved udgangen af 2025

	LCA	ØKONOMI	UDFØRSEL	DRIFT	FORSIKRING
TENDENSER	Regnskærmsmaterialere udgør ikke en væsentlig andel af det samlede CO2e-aftryk for bygning-erne. Valget af vind-spærre har fx en forholds-mæssig større betydning. Sammen-lignet med en skiffer-facade klarer facade-løsningerne sig sammen-ligneligt eller kun lidt bedre. En del af forklaringen skal findes i, at der i miljøvare-deklarationer gives mulighed for at klima-kompensere mere CO2e-tunge produkter samt at stålet til flamme-afbøjerne vejer tungt.	To ud af tre facadeløsninger er sammenlignet med en skifferfacade enten 10 % billigere eller prisneutrale, og den sidste er i sammenligning med en tidligere anvendt brandimprægneret træfacade 10-15 % dyrere, men formentlig prisneutral med en skifferfacade.	Præfabrikerede elementer og modulbyggeri egner sig særligt godt til disse typer af facader. Det begrænser fleksibiliteten i udførslen på pladsen, men giver på den anden side mulighed for at have en meget kontrolleret produktion hos modul-producenten. Ift. facaden er det en fordel med præ-fabrikerede moduler, fordi sandsynligheden for at alt er produceret præcist efter tegningsmaterialet er større. Pga. en yderligere opmærksomhed og kontroller i udførslen vil det se sig afspejlet i en øget kvalitet. Den kvalitet er bl.a. vigtig i snakken med forsikringen.	For at sikre gode driftsvilkår og,- økonomi bør facaderne kunne tilgås med lift. Valget af træbeklædning er afgørende for levetiden.	De brandbare facader har ikke haft en indflydelse på muligheden for at få forsikret bygningen ej heller på forsikringspræmien sammenlignet med en bygning med en ubrandbar facade. De brandtekniske hensyn er håndteret gennem brandstrategien, designet af bygningen, gennem dokumentation fra brandtest og kontroller i udførslen.

Hvor giver facader med ikke-brandimprægneret træ og flammeafbøjere bedst mening?



Uafhængigt af hinanden er bygherrer og brandrådgivere nået frem til de samme konklusioner ift. hvor træfacader (eller andre biogene materialer) med flammeafbøjere kan vise sig at være et godt alternativ til andre facadematerialer, ud fra en betragtning, der går på tværs af brandsikkerhed, LCA, økonomi, udførsel og drift. Se ovenfor hvor det giver bedst mening at anvende og hvorfor.

Hovedkonklusioner og perspektivering

Hovedkonklusioner fra projektet

BioFaçades:UpHigh har vist, at det kan lade sig gøre at bygge facader med træbeklædning og forhindre lodret brandspredning gennem konstruktive design i form af flammeafbøjere. Endvidere har man i tre konkrete byggerier kunnet bringe systemet fra test til anvendelse i konkrete byggerier og dele de vigtigste erfaringer med byggeriet.

Projektets testresultater er blevet gjort offentligt tilgængelige, og DBI har i fællesskab med projektets øvrige partnere udarbejdet en Technical Report, som opsummerer den vigtigste viden fra test og giver anbefalinger til anvendelse.

Vi er videnskæssigt ikke endnu et sted, hvor der kan laves anbefalinger til præ-accepterede løsninger på baggrund af projektet. Det viste sig, at selv mindre ændringer på facadedesignet af og til fik en ikke uvæsentlig betydning.

Undervejs i projektet er der dog opstået nye muligheder for at bygge på den eksisterende viden og udvide anvendelsesmulighederne for biogene facade-materialer. Forventningen fra projektets partnere – DBI, Frøslev Træ, NREP, CPH Village og Fælledby P/S – er derfor, at byggeriet med tiden vil nå til generelle godkendte løsninger.

Det er projektpartnerenes forhåbning, at andre vil stille sig på skuldrene af den viden og de erfaringer, vi i dette projekt har kommunikeret, og selv vil bidrage til at flytte byggeriet ved at dele deres testresultater og viden.

Mod øget anvendelse af biogene facadematerialer

En række aktører i byggeriet har allerede undervejs i projektets levetid taget af og bygget videre på den viden, projektet har produceret. Projektets partnere kan med glæde konstatere, at BioFaçades:UpHigh har åbnet muligheder for nye anvendelser af biogene facadeløsninger.

1. Byggeriet har set en mulighed i BioFaçades:UpHigh i at anvende ikke-brandimprægnerede træfacader. To bygherrer har i konkrete byggerier selv fået foretaget facadetest af træfacader med flammeafbøjere. De to facadedesigns kombinerer designelementer fra flere forskellige tests fra BioFaçades:UpHigh og udgør en vigtig videreudbygning af eksisterende viden. Resultaterne vil blive delt med byggeriet i løbet af 2026.
2. I projektet "Det Biogene Montagebyggeri" er der gennemført facadetest af tækkede facadesystemer med flammeafbøjere, som ikke er lavet af stål. Projektet bidrager med vigtig viden om anvendelse af andre biogene materialer som facadebeklædning samt de brandtekniske hensyn, der følger med.
3. I det Realdaniastøttede projekt "Sofies Nye Klæder" udvikles et biogent facadesystem til efterisolering og facaderenovering af Sofiegården på Christianshavn. Her bygges aktivt videre på erfaringer fra BioFaçades:UpHigh. Projektet viser, at designprincipperne ikke kun gælder for nybyggeri, men også kan anvendes i renovering og transformation.
4. BioFaçades:UpHigh har styrket brandrådgiveres viden om designmuligheder for biogene facader. I projektet Nærheden anvendes svalegange og altaner som konstruktiv beskyttelse, hvilket forhindrer lodret brandspredning på facaden. Ved at kombinere viden fra BioFaçades:UpHigh med udenlandske præ-accepterede løsninger for brug af svalegange og altaner som beskyttelse, er det lykkedes at implementere træfacader uden brug af brandimprægnering.

Kontaktpersoner



Mia Fossing Frederiksen

DBI - Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut.

Projektleder på BioFaçades:UpHigh
og tidligere brandrådgiver.

mff@dbigroup.dk
+45 50 80 74 38



Thomas Mark Venås

Frøslev Træ A/S

Fire Protection & Wood Science Leader

tv@froeslev.dk
+45 29 79 78 49



Magnus Emanuel

DBI - Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut.

Tidligere bygherre ved CPH Village og
brandrådgiver.

mem@brandogsikring.dk
+45 25 44 26 36

Føelledby



DBI 

CPH VILLAGE

FRØSLEV 



 **Uddannelses- og
Forskningsministeriet**