# Invloed duurzaam bouwen op brandveiligheid

Foto: Lucas van der Wee.

Aanpassing kantoorinrichting Rijkskantoor aan de Graadt van Roggenweg in Utrecht. Voor de spreekkamers kozen Architectenbureau De Twee Snoeken en het Rijksvastgoedbedrijf voor leem, hout en vlas. Er is veel aandacht voor brandveiligheid en er zijn brandtesten uitgevoerd. Zo is er op meerdere plekken geïmpregneerd populierenhout toegepast.

***Duurzaam, energiezuinig, circulair, klimaatadaptief en natuurinclusief bouwen krijgen een steeds grotere rol in de huidige bouwmethodieken en materialen. Maar welke gevolgen heeft dit voor de brandveiligheid? Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV) heeft op 26 september een onderzoek naar de invloed van duurzaam, energiezuinig en circulair bouwen op de brandveiligheid van gebouwen uitgebracht. In dit artikel aandacht voor de belangrijkste conclusies.***

**Tekst** ing. Frank de Groot, met dank aan Johan van der Graaf en Ruud van Liempd, NIPV

Hoewel nieuwe en innovatieve bouwmaterialen moeten voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit, betekent dit nog niet dat toepassing van innovatieve materialen en methodes per definitie een brandveilig gebouw opleveren. Allereerst is het zo dat uitgangspunten van de testmethodes die worden gebruikt vaak zijn gebaseerd op de traditionele toepassingen en bouwwijzen, die mogelijk niet meer van toepassing zijn. Ook kunnen elementen worden toegevoegd die buiten de scope van het Bouwbesluit vallen, maar wel van invloed zijn op de brandveiligheid. Ten slotte is het zo dat de eisen van het Bouwbesluit uitsluitend gericht zijn op een veilige ontvluchting bij brand en op het voorkomen van branduitbreiding naar een ander perceel. Over de wijze waarop nieuwe en innovatieve materialen zich precies zullen gedragen wanneer ze bij brand betrokken raken en hoe de brandweer dan moet optreden is nog veel onbekend.
Voor het onderzoek is een literatuurstudie uitgevoerd. Ook is informatie ingewonnen bij deskundigen en betrokkenen, zoals projectontwikkelaars, ontwerpers, bouwers, adviseurs en medewerkers van veiligheidsregio's.

## Toepassing nieuwe bouwwijzen en materialen

Het rapport schetst een overzicht van de nieuwe bouwwijzen en materialen:

- biobased gebouwen;
- energiezuinige gebouwen;
- klimaatadaptieve en groene gebouwen;
- demontabele, remontabele en modulaire gebouwen.

In de praktijk blijkt vaak een combinatie van verschillende duurzaamheidsverhogende methoden en materialen te worden toegepast.

### Biobased gebouwen

Biobased gebouwen zijn zo veel mogelijk opgebouwd uit natuurlijke, 'hergroeibare' materialen. Hout is het bekendste voorbeeld van een biobased materiaal. Naast houtskeletbouw wordt de toepassing van verlijmd hout, het zogenoemde kruislaaghout of cross laminated timber (CLT), steeds gebruikelijker. Hierbij kan ook resthout worden gebruikt. Met CLT is constructie-technisch tevens hoogbouw mogelijk.
Daarnaast worden andere natuurlijke biobased materialen gebruikt in de bouw. Denk hierbij aan cellulose (isolatie), stro (strobouw), riet (dakbedekking), vlas (vlasisolatie), wol (isolatie), katoen (isolatie), kurk (isolatie), schelpen (isolatie kruipruimten), hennep (plaatmateriaal, blokken en isolatie), bamboe (parket, plaatmateriaal, planken, matten), olifantsgras (miscanthus, te gebruiken in bio-beton) en zelfs mycelium (schimmels voor plaatmaterialen en isolatiepanelen).
Veel materialen die als biobased gelabeld kunnen worden, worden in feite al eeuwenlang als bouwmateriaal gebruikt.

### Energiezuinige gebouwen

Veel warmte gaat verloren via uitwendige scheidingsconstructies (gebouwschil), vooral als deze slecht geïsoleerd zijn. De energiereductie in gebouwen moet daarom in eerste instantie gezocht worden in bouwkundige oplossingen, zoals betere isolatie en luchtdichtheid.

### Klimaatadaptieve en groene gebouwen

Bij klimaatadaptief bouwen gaat het erom zo te bouwen dat ingespeeld wordt op klimatologische veranderingen. Zo kan bij de bouw van bijvoorbeeld een fundering al rekening gehouden worden met langdurige periodes van droogte en kan bij het ontwerpen van de hemelwaterafvoer rekening gehouden worden met extreme neerslag. Waterberging en een minimale vloerhoogte met het oog op overstromingen kunnen wettelijk geëist worden.
Een andere trend is dat gebouwen of steden steeds vaker 'vergroend' worden, in die zin dat er beplanting op, aan, in en om een gebouw aangebracht wordt. Hierbij valt te denken aan 'groene daken', maar ook aan tuinen op hoogte en verticale begroeiing tegen de gevels en op balkons.

**Strobouw.**

### Demontabele, remontabele en modulaire gebouwen

Hergebruik van materialen zal eerder plaatsvinden indien deze eenvoudig kunnen worden gedemonteerd en weer zijn te remonteren. Zeker als hierbij met (pasklare) modules wordt gewerkt. Denk daarbij aan verplaatsbare wanden die het mogelijk maken om ruimtes anders in te delen. Een voorbeeld is de aanpassing van woningen aan veranderende gezinssamenstelling of vergrijzing en de ombouw van kantoren naar woningen. Hiermee kan de levensduur van een gebouw aanmerkelijk worden verlengd. Remontabel en modulair bouwen dragen derhalve bij aan duurzaamheid door een vermindering van het gebruik van grondstoffen en de (grotere) mogelijkheid van hergebruik. Ook heeft een dergelijke bouwwijze een lagere milieu-impact. Een belangrijke reden om van prefab modules uit te gaan, zijn verder de kosten- en tijdbesparing die hiermee kunnen worden bereikt.

Foto: De Groot Vroomshoop.

**Het houten woongebouw M'DAM is november 2021 opgeleverd in Monnickendam. Het woongebouw is bijna in zijn geheel opgetrokken uit CLT (cross laminated timber).**

## Invloed op brandveiligheid

Brandweer Nederland en het Verbond van Verzekeraars hebben in maart 2021 een gezamenlijke 'position paper' uitgebracht waarin ze hun zorgen uitspreken over de brandveiligheidsaspecten van verschillende ontwikkelingen op het gebied van verduurzaming. Zij stellen onder meer dat er *'een wildgroei aan nieuwe producten, aanbieders en installateurs is ontstaan, terwijl de regelgeving en normering vaak nog ontbreken'*.

Wanneer het om gebouwen gaat, gelden de eisen uit Bouwbesluit 2012. Deze eisen zijn echter beperkt en richten zich primair op vluchtveiligheid en het voorkomen van branduitbreiding naar buren. Innovatieve bouwmaterialen kunnen zich bij brand anders gedragen dan de 'bekende' materialen. Daarbij komt dat er nog weinig ervaring is met branden waarbij innovatieve materialen betrokken zijn. Dit alles leidt tot uitdagingen en zorgen bij de Nederlandse brandweer. Wat is er bekend over de nieuwe bouwwijzen en bouwmaterialen in relatie tot brandveiligheid? We kijken weer naar de vier nieuwe bouwwijzen en materialen.

### Biobased gebouwen

Constructieonderdelen die deels of volledig opgebouwd zijn uit biobased bouwmaterialen moeten veelal aan dezelfde brandveiligheidseisen voldoen als de meer gebruikelijke/traditionele materialen. Daarmee is nog niet duidelijk hoe deze biobased materialen zich zullen gedragen wanneer zij op een nieuwe, en nog niet geheel gebruikelijke, wijze worden toegepast en bij brand betrokken raken. Bij een brand in een 'eco-woning' in Kampen in 2018 raakt het isolatiemateriaal van stro in brand. Doordat dit stro opgesloten zat in de spouw, was brandbestrijding nauwelijks mogelijk. Pas nadat met een grijper de woning als het ware uit elkaar was getrokken, kreeg de brandweer vat op het vuur. Toch voldeed het binnenoppervlak van de toegepaste wanden, dat de brandbare spouwmuurisolatie afschermde, aan de vereiste brandklasse. Maar de brandbare spouwmuurisolatie raakte toch bij de brand betrokken. Desondanks werd in dit geval voldaan aan de fundamentele overheidsdoelen die ten grondslag liggen aan de brandveiligheidsvoorschriften: de brand is beperkt gebleven tot het eigen perceel en iedereen heeft veilig kunnen vluchten.

Wanneer dergelijke bouwconcepten niet alleen worden toegepast bij vrijstaande woningen maar ook bij geschakelde woningen of appartementengebouwen, vraagt de realisatie van de vereiste wbdbo tussen de verschillende woningen aandacht. Dat betreft met name de aansluiting van de gevel en het dak op de woningscheidende wanden. Dat zijn namelijk de aansluitingen via welke de brand zich kan uitbreiden tot meer dan één woning. De bouwregelgeving gaat in de basis uit van een brand die ontstaat in een ruimte. Om te voorkomen dat een beginnende brand in een ruimte zich snel uitbreidt langs het binnenoppervlak van constructieonderdelen, of dat zich snel een te grote rookdichtheid ontwikkelt, worden eisen gesteld aan de constructieonderdelen die grenzen aan de binnenzijde van de ruimte. De bouwregelgeving houdt echter geen rekening met een brand die in een (samengesteld) constructieonderdeel ontstaat of met de invloed die brandbare materialen kunnen hebben op het brandverloop als er geen sprake meer is van een beginnende brand.

Verschillende deskundigen stellen daarom dat er meer onderzoek nodig is naar de brandveiligheid van biobased materialen. Het laten uitvoeren van gecertificeerde laboratoriumtesten om de brandbaarheid te bepalen is vaak kostbaar en is meestal pas interessant bij grootschalige toepassingen.

Ook het gebruik van cross laminated timber (CLT), ook wel kruislaaghout genoemd, neemt toe in de bouw. CLT bestaat uit kruislings verlijmde eenlaagsplaten die opgebouwd zijn uit vurenhout. Het is aannemelijk dat een houten gebouw (deels) zelf mee gaat branden wanneer er een brand in woedt. Aandachtspunten bij het bouwen in hout zijn de invloed van het hout op de snelheid van de brandontwikkeling en rookproductie in relatie tot de vluchtveiligheid, de beheersbaarheid en de bestrijdbaarheid van een brand. In tegenstelling tot de meeste andere biobased materialen, is er relatief veel onderzoek gedaan naar de brandveiligheid van hout als bouwmateriaal. De volgende concrete punten verdienen de aandacht. Daarbij wordt opgemerkt dat er nog meerdere onbekende factoren zijn, waardoor onderstaand overzicht waarschijnlijk nog niet volledig is en afhankelijk van nader onderzoek verder aangevuld kan worden.

- De thermische penetratiediepte in het CLT-hout tijdens blootstelling aan brand kan een aanzienlijke invloed hebben op het draagvermogen in de dooffase van een brand. Tijdens experimenten waarbij de variabele vuurbelasting in het compartiment was opgebrand, bleef de thermische

penetratiediepte gedurende meer dan een uur toenemen, terwijl de verkoling effectief stopte bij het doven van het vuur. Deze voortdurende progressie van thermische penetratie beïnvloedt het structurele draagvermogen van de CLT-elementen, waardoor de kans op instorting toeneemt tijdens de dooffase van de brand.

- CLT-hout wordt als (dragende) wand-, vloer- en plafondconstructie toegepast en voldoet onbehandeld aan brandklasse D. Bouwbesluit 2012 geeft eisen voor de bijdrage aan brandvoortplanting van materialen in de vorm van een brandklasse of euroklasse. De brandklasse wordt vastgesteld op basis van de NEN-EN 13501-1. Deze methode kent echter haar beperkingen en met het toenemende aandeel van hout in de bouw kunnen deze beperkingen tot aanvullende brandveiligheidsrisico's leiden. Zo is uit onderzoek gebleken dat de testomstandigheden uit NEN-EN 13501-1 niet representatief zijn voor een daadwerkelijke brand. Bij deze testen worden bijvoorbeeld de invloed die een hete rooklaag heeft op de branduitbreiding naar een brandbare plafondconstructie en de snelheid van vlamoverslag (flashover) in een ruimte niet beoordeeld.
- Hout dat wordt blootgesteld aan temperaturen › 200 °C begint met pyrolyseren, waarbij brandbare gassen vrijkomen die kunnen bijdragen aan de brandontwikkeling. In tegenstelling tot onbrandbare bouwmaterialen blijft hout brandbare gassen produceren zolang de omgevingstemperatuur ›200 °C is, ook als er op dat moment geen sprake meer is van brand. Dit vergroot de kans op een rookgasexplosie en de bijbehorende risico's tijdens de brandbestrijding.
- Onbeschermd toegepast draagt CLT-hout bij aan de vuurlast, de brandomvang en de HRR (Heat Release Rate, MW). Dit kan van invloed zijn op de mate en snelheid van aantasting van de CLT-constructieonderdelen door de brand. Uit praktijkexperimenten blijkt dat er bij onbeschermde toepassing van hout in de vorm van CLT-panelen sneller een flashover plaatsvindt.
- Van brandend CLT kan de verkoolde laag wegvallen (delamineren), waardoor er een 'nieuwe' laag hout bloot komt te liggen die deel kan nemen aan de brand. Dit verschijnsel kan zorgen voor een zogenoemde tweede flashover. Of het delamineren plaatsvindt, hangt overigens af van veel verschillende factoren, zoals de (veroudering van de) lijmsoort of de intensiteit van de brand waar het CLT aan blootgesteld wordt.
- Hout is een natuurproduct en daarom per definitie niet uniform, zodat er sprake kan zijn van naden of kieren op de plaatsen waar CLT-constructieonderdelen op elkaar aansluiten. Hierlangs kan rookverspreiding plaatsvinden. Door de temperatuur van de rookgassen kunnen de openingen groter worden.

Het NIPV-rapport geeft aan de hand van een aantal voorbeeldprojecten ook diverse oplossingsrichtingen om genoemde brandveiligheidsrisico's te beperken. Het bekleden van het CLT met brandwerende beplating is een mogelijkheid om bepaalde brandveiligheidsrisico's te beperken. Toepassing van een sprinklerinstallatie om de brandveiligheidsrisico's te beperken is de meest voor de hand liggende maatregel, omdat een dergelijke installatie de brand bij de bron beperkt.

Foto: Sempergreen.

**Bij een groene gevel moet ook goed over brandveiligheid worden nagedacht.**

## Energiezuinige gebouwen

Om steeds energiezuiniger te kunnen bouwen moet de gebouwschil steeds zwaarder worden geïsoleerd en luchtdicht gemaakt. Aan de brandveiligheid van de gebruikte isolatiematerialen worden nauwelijks eisen gesteld, zolang dit isolatiemateriaal goed is weggewerkt achter een afscherming (waar wel brandveiligheidseisen aan gesteld worden). Door fouten tijdens de montage of latere aanpassingen is het echter mogelijk dat de afscherming van het isolatiemateriaal doorbroken wordt en dat het isolatiemateriaal toch betrokken raakt bij de brand.
Energiezuinige gebouwen zijn erg luchtdicht en hebben steeds vaker meerlaags glas. Hierdoor zal een brand in een dergelijk gebouw vaker 'gesmoord' worden door gebrek aan zuurstof. Dit gaat meestal gepaard met een verhoogde rookproductie. Samen kan dit leiden tot drukopbouw, waardoor deuren (afhankelijk van de draairichting) moeilijker te openen zijn en er een verhoogde kans is op rookverspreiding via naden en kieren. Bij een proef in een gebouw in Oudewater zijn drukken van zelfs 1000 pascal gemeten, terwijl rookwerende deuren bij een veel lagere druk worden getest.

## Klimaatadaptieve en groene gebouwen

Een gebouw kan op meerdere manieren klimaatadaptief zijn. Zo kan het faciliteiten hebben voor de opvang van (extreme) neerslag en kunnen maatregelen genomen zijn om inval van zonlicht tegen te gaan of om de fundering beter bestand te maken tegen droogte. Het ligt niet direct voor de hand dat dit een negatieve invloed heeft op brandveiligheid. Wanneer voor de opvang van neerslag gebruik wordt gemaakt van een waterbuffer, kan deze mogelijk zelfs als bluswaterreservoir gebruikt worden. Hierdoor kan het klimaatadaptief zijn een positief effect hebben op de brandveiligheid. Wanneer in het kader van klimaatadaptatie extra isolatie wordt toegepast om daarmee hitte buiten te houden, gelden hiervoor in principe dezelfde brandveiligheidsissues als bij energiezuinige gebouwen, zoals eerder beschreven. Als deze materialen tevens biobased zijn, gelden dezelfde opmerkingen en risico's als eerder beschreven.
Groene gebouwen kunnen echter mogelijk extra risico's met zich mee brengen ten aanzien van brandveiligheid. Vegetatie die tegen gevels, op balkons en op daken groeit, kan brandbaar zijn en kan dan gezien worden als extra 'vuurlast'. Omdat deze vegetatie in bouwkundige zin geen deel uitmaakt van het gebouw, is ze niet meegenomen bij de vaststelling van de brandveiligheidseisen in

Bouwbesluit 2012. Zo verhoogt de aanwezigheid van vegetatie de kans op het ontstaan, ontwikkelen en uitbreiden van brand. Wanneer een brand uitslaand wordt, kan de vegetatie uitdrogen door de uitslaande vlammen, vervolgens mee gaan branden en op haar beurt andere vegetatie uitdrogen die ook weer mee kan gaan branden. Hierdoor is er een snellere branduitbreiding van het ene naar het andere appartement mogelijk dan met de voorschriften van Bouwbesluit 2012 is voorzien.
Soms, zoals bij vergroening van steden, wordt vegetatie om het gebouw aangelegd en vormt daarmee een potentiële vuurlast, vooral bij uitdroging van de vegetatie of vegetatie die makkelijker (ont)brandt. In het geval van een enkele struik of plant zal het risico beperkt zijn. Op het moment dat er stadsbossen worden geplaatst nabij gebouwen, wordt het risico groter. Het brandrisico is dan met name dat een brand kan beginnen in deze vegetatie (bijvoorbeeld als gevolg van menselijk handelen) en zich vervolgens kan uitbreiden naar het gebouw. In dit geval kan een (onbeheersbare) natuurbrand direct de bebouwde omgeving bedreigen.

Foto: VMRG.

**The Green House is een volledig circulair paviljoen met horeca- en vergaderfuncties en maakt deel uit van de herontwikkeling van de oude Knoopkazerne in Utrecht. The Green House krijgt na 15 jaar weer een nieuwe bestemming. De glazen gevel in de The Green House komt uit de voormalige naastgelegen Knoopkazerne. Brandveiligheid vraagt extra aandacht bij circulair bouwen, door de andere bouwwijze.**

### Demontabele, remontabele en modulaire gebouwen

Het feit dat een gebouw demontabel, remontabel en/of modulair is, heeft op zichzelf geen invloed op de brandveiligheid. Het vraagt over het algemeen wel om een andere bouwwijze en andere materialen. Hierin schuilt een mogelijk gevaar. Bij nieuwe bouwwijzen en materialen is het altijd de vraag of er geen kinderziektes naar voren komen op het moment dat deze (op grote schaal) toegepast gaan worden. Gebouwen worden vaak voor tientallen jaren neergezet en achteraf aanpassen is vaak lastig en kostbaar waardoor brandgevaar-reducerende aanpassingen mogelijk niet, te laat of slechts ten dele zullen worden doorgevoerd.
Aandachtspunten bij demontabel, remontabel en modulair bouwen hebben dan ook met name betrekking op de bouwkundige details:

- Demontabele, remontabele en uit modules opgebouwde gebouwen bevatten mogelijk relatief veel naden en kieren. Via naden en kieren kan brand zich sneller verspreiden. Het is van belang om daar bij het ontwerp/engineering reeds aandacht aan te besteden.
- Wanneer materialen volledig demontabel moeten zijn, kunnen bestaande brandveiligheidsoplossingen niet altijd worden toegepast. Hoe wordt bijvoorbeeld de aansluiting van een wand op een dak of wand op wand voldoende brandwerend uitgevoerd wanneer deze volledig gedemonteerd moeten kunnen worden?
- Een ander aandachtspunt is dat holle ruimtes zo veel als mogelijk voorkomen moeten worden. In holle ruimtes kunnen brand en rook zich ongemerkt verspreiden.
- Ook kan demontabel en remontabel bouwen ertoe leiden dat het bouwwerk als tijdelijk wordt beschouwd; men heeft immers al een andere locatie en/of bestemming op het oog. Hierdoor kunnen er minder stringente brandveiligheidseisen worden gesteld (denk bijvoorbeeld aan het toelaten van een grotere vuurlast) met een groter brandrisico als gevolg.

## Conclusie

Klimaatverandering en zorg voor het milieu spelen een steeds grotere rol in de bouwwijzen en de bouwmaterialen die in Nederland toegepast worden. Een verandering in bouwwijzen en gebruikte bouwmaterialen kan consequenties hebben voor de brandveiligheid van een gebouw. Net als alle traditionele materialen, moeten nieuwe en innovatieve bouwmaterialen voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit. Maar het voldoen aan het Bouwbesluit betekent nog niet noodzakelijkerwijze dat toepassing van innovatieve materialen en methodes ook een brandveilig gebouw oplevert. Allereerst is het zo dat uitgangspunten van de testmethodes die worden gebruikt vaak zijn gebaseerd op de traditionele toepassingen en bouwwijzen, die mogelijk niet meer van toepassing zijn. Ook kunnen elementen worden toegevoegd (bijvoorbeeld groene gevels met brandbaar materiaal) die buiten de scope van het Bouwbesluit vallen, maar wel van invloed zijn op de brandveiligheid. Overigens wordt er door verschillende instanties momenteel gewerkt aan onder andere de actualisatie van normering. Ten slotte is het zo dat de eisen van het Bouwbesluit uitsluitend gericht zijn op een veilige ontvluchting bij brand en op het voorkomen van brandoverslag naar een ander perceel. Over de wijze waarop nieuwe en innovatieve materialen zich precies zullen gedragen wanneer ze bij brand betrokken raken en hoe de brandweer dan moet optreden, is nog veel onbekend.
Deze aspecten van brandveiligheid krijgen vooralsnog weinig aandacht wanneer er gesproken wordt over klimaatadaptief en duurzaam bouwen. Het is het raadzaam om de nieuwe ontwikkelingen rondom duurzaam, energiezuinig en klimaatadaptief bouwen te blijven volgen om de brandpreventieve aspecten van en de lessen voor het bestrijden van branden goed in beeld te krijgen, en zo brandveiligheids- en brandbestrijdingskennis voor dit soort nieuwe gebouwen te ontwikkelen.
Het rapport is daaraan een eerste bijdrage. In de toekomst zullen voortdurend nieuwe bouwmaterialen -en methoden worden geïntroduceerd in de bouw. Daarom zal deze publicatie van NIPV worden doorontwikkeld en regelmatig worden geactualiseerd en uitgebreid.