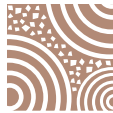




BIOBASED ISOLATIEMATERIAAL
IN MIDDELHOGE WONINGBOUW
LEREN VAN GEREALISEERDE PROJECTEN IN EUROPA



LAAG VOOR LAAG

BIOBASED ISOLATIEMATERIAAL
IN MIDDELHOGE WONINGBOUW
LEREN VAN GEREALISEERDE PROJECTEN IN EUROPA



studio Inscape

ondersteund door:

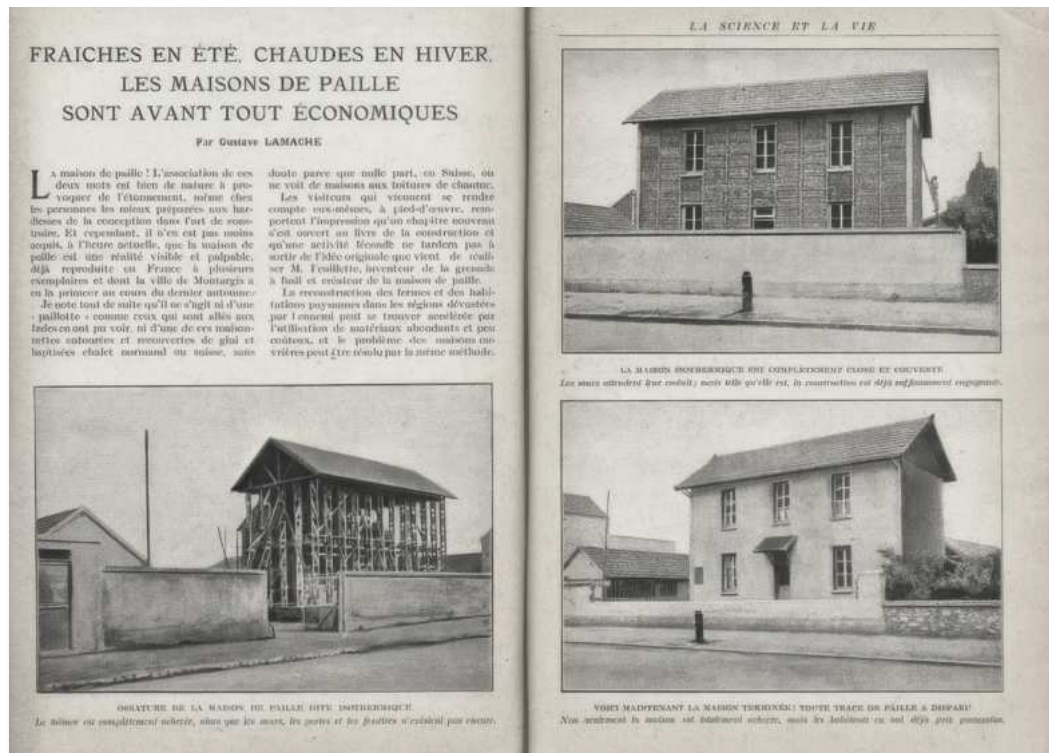
**stimuleringsfonds
creatieve industrie**



INHOUD

Voorwoord	5
Inleiding	6
Nederlandse context	8
Overzichtskaart projecten	10
Interview CRa en RVB	12
Materialen	15
Biobased isolatiematerialen	16
Stro	18
Kalkennep	20
Houtvezel	22
Cellulose	24
Projecten	27
01 DE Lüneburg	28
02 DE Berlijn	32
03 FR Saint-Dié-des-Vosges	36
04 FR Parijs	40
05 CH Nänikon	44
06 FR Boulogne-Billancourt	48
07 FR Nantes	52
08 FR Parijs	56
09 DE Berlijn	60
10 DE Bremen	64
11 FR Parijs	68
12 AU Salzburg	72
13 CH Winterthur	76
Thermische schil	81
Drie thematische verkenningen	91
Duurzaamheid	92
Bouwfysica	94
Stedenbouw	96
Vooruitblik	100
Conclusies & aanbevelingen	102
Summary & recommendations	104
Bibliografie	106
Over de auteurs	108
Colofon	109

VOORWOORD



La Maison Feuillette, een eenvoudig strohuis, is in 1920 in Frankrijk gebouwd. Het ligt ongeveer 100 kilometer onder Parijs. Een boer uit de omgeving heeft de strobalen geperst en vervolgens naar de bouwplaats vervoerd. Daar staat op dat moment een houten skelet met een dak erop. De balen zijn ingebouwd in het houten skelet en zijn van binnen en van buiten met kalkstuc afgewerkt. De kwaliteit van het stro is in 2020 onderzocht en is nog in topconditie. De conservering van het stro is door de juiste details zeer goed gebleken.

Wonderbaarlijk dat een éénjarig natuurvezel dat alleen is bewerkt door de boer (deze perste het tot baal) en de aannemer (die het tussen het houten vakwerk inbouwde) na 100 jaar nog steeds in perfecte staat verkeert. De bewerkingsgraad was destijds minimaal en het toevoegen van het kalkstuc op de strovlakken toont aan dat een natuurvezel en een mineraal heel goed én heel lang samen kunnen werken.

Even verderop ontwierp de architect Le Corbusier -in dezelfde periode- gebouwen van beton en staal; een radicale omslag in de bouwwereld. Het luidde een periode in waarin het gebruik van deze materialen een enorme vlucht zou nemen. Er volgde een tijdperk waar de energiebronnen onuitputtelijk leken en niemand stilstond bij de mogelijke gevolgen van het lineaire economische systeem.

De bouwsector in Nederland en Europa staat nu, ruim een eeuw later, voor een andere radicale omslag om te kunnen blijven bouwen binnen de planetaire grenzen. Deze transitie in de bouw legt de nadruk op goed geïsoleerde gebouwen én het gebruik van hernieuwbare grondstoffen om zo de gevolgen van de klimaat- en ecologische crisis af te remmen. La Maison Feuillette blijkt haar tijd ver vooruit.

Deze publicatie onderzoekt aan de hand van gerealiseerde voorbeelden hoe de natuurvezel als isolatiemateriaal zijn opschaling kan vinden in de woningbouw van de 21e eeuw.

INLEIDING

De transitie naar een duurzamer materiaalgebruik is een van de grootste uitdagingen van de bouwsector. Niet alleen is dit essentieel om de CO2-uitstoot te verlagen maar ook met het oog op andere milieuaspecten zoals afval, grondstofverbruik, toxische stoffen, stikstof en biodiversiteit. Vanuit de Europese Unie komen er veel nieuwe maatregelen onze kant op, met name om de doelstellingen van het klimaatakkoord van Parijs te halen. De CO2-impact zal niet alleen een steeds grotere rol gaan spelen in de regelgeving maar ook investeerders en banken zullen dit meenemen in hun financieringsvoorwaarden.

Dat de bouwsector radicaal moet veranderen is duidelijk. Het is 2025 en inmiddels is de 'houtbouwrevolutie' in volle gang. Er worden steeds meer gebouwen met een houtconstructie gerealiseerd. Het gebruik van natuurlijke vezels (stro, hennep, vlas, houtvezels, cellulose, e.d.) voor de isolatie van een gebouw is een logische vervolgstap en geheel in lijn met de "Nationale Aanpak Biobased Bouwen - Van boerenland tot bouw materiaal" van de Rijksoverheid.

Isolatie is een 'onzichtbaar' materiaal, verstopt achter lagen van platen en afwerkingen. In de meeste gevallen echter, bestaat het grootste deel van het volume van een nieuwbouwe gevel uit isolatiemateriaal. Het vormt hiermee de kern van de hedendaagse wand en heeft een directe invloed op comfort en gezondheid van de bewoners.

In verschillende Europese landen is de laatste jaren veel kennis vergaard op het gebied van ecologisch isoleren. Afhankelijk van de lokaal beschikbare materialen en technieken verschillen de toepassingen. In Nederland is het gebruik van biobased isolatiematerialen nog een niche. Er is hiervoor wel steeds meer interesse en er liggen dan ook diverse plannen op de tekentafels. Tot nog toe zijn er – met name in de gestapelde woningbouw – echter nauwelijks gebouwde voorbeelden. Om te kijken hoe we op korte termijn de transitie naar biobased materialen in Nederland kunnen versnellen en deze tevens toepasbaar kunnen maken voor een grotere schaal analyseren we 13 gerealiseerde projecten uit naastgelegen landen. De focus van de studie ligt op gestapelde woningbouw vanaf 4 bouwlagen en hoger. Enerzijds is dit gebouwtype zeer relevant voor de huidige woningbouwopgave, anderzijds zijn hier de eisen voor brandveiligheid hoger en daarmee nemen de beperkingen en voorbehouden om biobased isolatiematerialen te verwerken toe.

We hebben gekeken naar nieuwbouw, transformatie en ingrijpende renovatie met optopping. Wat was de motivatie van opdrachtgever en architect om voor biobased isolatie te kiezen? Wat waren knelpunten in het proces en hoe zijn deze opgelost? Hoe zijn aspecten rondom brandveiligheid, bouwfysica en detaillering opgelost? Had de keuze van het isolatiemateriaal een consequentie voor het ontwerp?

Deze publicatie is in eerste instantie een inspiratiedocument, gericht aan professionals uit de Nederlandse ontwerp- en bouwpraktijk maar ook aan beleidsmakers en de financiële sector, die elk het transitieproces vanuit hun eigen positie kunnen versnellen. Voor de 'Nieuwe Bouwcultuur' van de 21e eeuw hebben we een toekomstgerichte visie nodig waar esthetiek, ecologie en een nieuwe levensstijl samenkomen. Daarnaast hebben we ook praktische tools nodig om deze visie te kunnen realiseren. Om dit voor Nederland verder te ontwikkelen kan het helpen een blik te werpen op de landen om ons heen.

DE GESELECTEERDE PROJECTEN

De projecten zijn geselecteerd uit een voorselectie waarbij in 9 landen 47 projecten zijn gevonden die aan de volgende criteria voldeden:

- **In de projecten is in ieder geval biobased isolatiemateriaal toegepast in de gevel (in een aantal projecten ook in andere bouwdelen).**
- **Met de projecten wordt nieuwe woonruimte gecreëerd, variërend van nieuwbouw tot renovatie/optopping en transformatie.**
- **De projecten zijn reeds gerealiseerd of naderen oplevering.**
- **De projecten hebben 4 of meer bouwlagen.**
- **De projecten bevinden zich in een vergelijkbare klimaatzone als Nederland.**

De uiteindelijke selectie geeft een goed beeld van de mogelijkheden om het biobased isoleren op te schalen. De geselecteerde projecten spreken tot de verbeelding en sommigen zijn hun tijd ver vooruit. Ze verschillen in schaal (9 tot 248 woningen), hoogte (4 tot 9 bouwlagen), type (koop, huur, CPO etc.) en gebruikte isolatiematerialen. We zijn diverse soorten biobased isolatie tegengekomen waaronder ook wol, kurk en vlas. Omdat het merendeel van de 47 projecten met stro, kalkhennep, houtvezel of cellulose geïsoleerd zijn, hebben we ons hiertoe beperkt. Er is gekozen voor 13 projecten die zich bevinden in Duitsland, Oostenrijk, Zwitserland en Frankrijk.

LEESWIJZER

De titel "Laag voor laag" verwijst naar de gelaagdheid die zowel bij het bouwen als bij het onderzoek een rol spelen. Het laag voor laag opbouwen en combineren van materialen tot er uiteindelijk een woongebouw is gerealiseerd. In het onderzoek worden de verschillende lagen weer afgepeld en bekijken we de toepassing van biobased isolatiematerialen en de invloed hiervan op onze gebouwde omgeving.

Na de inleiding geven we een kort overzicht van de Nederlandse context. Daarna volgt een interview met Francesco Veenstra, Rijksbouwmeester en Fokke van Dijk, architect bij het Rijksvastgoedbedrijf, dat het thema in de actuele discussie binnen de Nederlandse bouwwereld plaatst. Aansluitend worden de 4 biobased isolatiematerialen die zijn gebruikt in de geanalyseerde projecten verder toegelicht.

In het projectdeel introduceren we de projecten één voor één, gebundeld per primair gebruikt biobased isolatiemateriaal. Voor alle 13 projecten geldt dat de betreffende architectenbureaus ons van diverse beschrijvingen en tekeningen hebben voorzien. Daarnaast zijn er interviews afgenomen en is in een aantal gevallen een vragenlijst ingevuld. Op basis hiervan zijn de projectteksten en tekeningen opgesteld. Voor de tekeningen geldt dat er een doorsnede is gekozen passend bij het biobased isolatiemateriaal. We vergelijken de projecten op 1:20 detailniveau en hebben in samenspraak met de architectenbureaus de ambities, knelpunten, strategieën en ontwerpideeën in relatie tot het biobased isolatiemateriaal benoemd.

Er volgt een overzicht met alle projecten op basis van de horizontale details en Rc-waardes. Hierna reflecteren drie experts op biobased isolatie aan de hand van 3 thema's: Menno Schokker met een pleidooi voor biobased isolatiematerialen vanuit duurzaamheid, Harm Valk en Saskia Hegeman met aandachtspunten vanuit bouwfysisch oogpunt (brandveiligheid en vochtgedrag) en Bas Horsting met een reflectie op biobased isoleren en stedenbouw.

We sluiten de publicatie af met een vooruitblik en de meest opvallende conclusies en aanbevelingen. Om de uitkomsten van deze publicatie tenminste deels toegankelijk te maken voor lezers buiten het Nederlandse taalgebied zijn de bijschriften bij de 1:20 projectdoorsneden en de conclusies en aanbevelingen in het Engels vertaald.

NIEUWE REGELGEVING VANUIT DE EU

In december 2022 is er in Brussel een akkoord bereikt over een nieuw systeem voor emissiehandel, het Emission Trading System (ETS-2). Het systeem verplicht brandstofleveranciers van -onder andere- de gebouwde omgeving om de CO₂-uitstoot van hun geleverde brandstoffen te monitoren en over deze uitstoot te rapporteren. Vanaf 2027 zullen brandstofleveranciers jaarlijks emissierechten moeten inleveren voor de gerapporteerde uitstoot. De Europese Commissie geeft elk jaar emissierechten uit en verlaagt per jaar het totale aantal, waardoor er steeds minder CO₂ kan worden uitgestoten.

Sinds 2023 is de EU-regel 'Corporate Sustainability Reporting Directive' (CSRD) van kracht. Hiermee worden bedrijven verplicht om jaarlijks te rapporteren over de gedane activiteiten en toekomstige plannen op het gebied van duurzaamheid. Deze rapportages geven investeerders de mogelijkheid weloverwogen keuzes te maken over de bedrijven waarin zij investeren, en verschaffen banken inzicht in wie financiering ontvangt en onder welke voorwaarden. Financiële instellingen bevorderen duurzame bedrijfsvoering steeds meer door gunstigere voorwaarden.

De komende jaren zal duidelijk worden hoeveel effect deze maatregelen hebben op de kosten van emissie-intensieve bouwmaterialen. Het feit dat Europese bedrijven die veel CO₂ uitstoten een steeds hogere rente betalen op obligaties die zij uitgeven, geeft aan dat we midden in een transitie zitten. En dat de bouwsector aan zet is.



CO₂-INTENSIEVE BEDRIJVEN BETALEN STEEDS HOGERE MARKTRENTES

Europese bedrijven die veel CO₂ uitstoten, betalen steeds hogere rentes op obligaties die zij uitgeven op financiële markten. Beleggers vragen namelijk een renteopslag als compensatie voor de risico's waaraan emissie-intensieve bedrijven blootstaan, zo blijkt uit onderzoek van De Nederlandsche Bank.

Bron: De Nederlandsche Bank, gepubliceerd 8 augustus 2024

NEDERLANDSE CONTEXT



Strowijk IEWAN in Lent

Niek Michel

De gebouwde projecten uit deze publicatie staan allemaal buiten Nederland. Wordt er dan in Nederland niet 'biobased' geïsoleerd? Dat wordt er zeker maar er zijn, tot nu toe, nog weinig gerealiseerde voorbeelden van middelhoge woningbouw met vier of meer bouwlagen. Voor grondgebonden woningen is dat anders. De verwachting is dat er in de komende jaren een aantal innovatieve en ambitieuze woningbouwprojecten in het middelhoge segment gerealiseerd zullen worden.

Al sinds 1989 zijn er producten van cellulose en houtvezel op de Nederlandse markt beschikbaar. De opschaling ervan komt nu pas echt op gang. Het huidige 'biobased' materialenpalet is breed, naast de bovengenoemde materialen zijn er producten van vlas, hennep, jute, schapenwol, kurk, graanstro, bermgras en gerecyclede kleding beschikbaar. Daarnaast wordt er veel onderzoek gedaan naar nieuwe materialen en toepassingen. Er wordt geëxperimenteerd met o.a. mycelium, diverse reststromen, gewassen van 'natte' landbouw, miscanthus, zeegras en zonnekroon.

Een mijlpaal voor stro-isolatie in gestapelde woningbouw was het in 2015 gerealiseerde project IEWAN in Lent. In het door Orio Architecten ontworpen gebouw heeft de 'Initiatiefgroep Ecologisch Wonen Nijmegen' in samenwerking met woningcorporatie Talis 24 sociale huurwoningen van stro, hout en leem gebouwd. Het ontwerp heeft drie bouwlagen, een klein gedeelte is vierlaags.

Het Ecodorp Boekel, opgeleverd in 2022, was het eerste op grotere schaal met kalkhennep gerealiseerde woningbouwproject in Nederland. In het ontwerp van Van Laarhoven Combinatie zijn er 36 grondgebonden coöperatie-woningen in drie bouwvolumes gerealiseerd. De gevels bestaan uit geprefabriceerde kalkhennep-HSB elementen (DunAgro). Het project heeft twee bouwlagen.

In 2024 is het project Switi van HOH architecten opgeleverd. De kleine toren in Amsterdam Zuidoost is ontwikkeld door BPD, bestaat uit 45 appartementen van ca. 60m2 en telt 8 bouwlagen. De gevels, wanden, vloeren, trappen en liftkern van zowel de toren als de bijbehorende laagbouw zijn volledig uit hout opgebouwd. Het houtskeletbouwsysteem komt van Ekowood Houses: gelamineerde houten I-liggers als drager en een hoogwaardig geïsoleerd dampopen systeem op basis van houtvezelisolatie met een Rc-waarde van 7,5 m2.K/W. Switi won de Nationale Houtbouwprijs 2024.

In 2023 heeft het toenmalige kabinet besloten om met de Nationale Aanpak Biobased Bouwen het gebruik van biobased bouwmaterialen en het opbouwen van ketens van 'land naar pand' bewust te stimuleren. Building Balance is hiervoor de uitvoerende organisatie die zich voor de gezamenlijke transitie van bouw- en landbouwsector inzet met regionale ketenprojecten, certificeringstrajecten, kennisverspreiding en meer.

Ecodorp Boekel



Jordij Hulsmann

Met blik op middelhoge woningbouw is brandveiligheid een van de belangrijkste vraagstukken, hoe hoger het gebouw, hoe hoger de eisen. Het onderzoek “Brandveiligheid biobased isolatiematerialen” van 2022 door Nieman, in opdracht van RVO, kwam tot de conclusie dat in veel situaties nu al biobased isolatiemateriaal brandveilig kan worden toegepast maar dat er ook nog veel onderzoek nodig is. “Daarbij werd duidelijk dat over cellulose- en houtvezelproducten relatief veel kennis beschikbaar is. Om het toepassingsgebied van andere biobased isolatiematerialen verder te vergroten, verdient het aanbeveling brandtesten uit te voeren op zowel product- als systeemniveau; specifiek in combinatie met de voor Nederland marktconforme houtmaten.” Dit onderzoek is inmiddels gaande. Building Balance, Nieman, Efectis en Peutz onderzoeken samen het brandgedrag van biobased isolatiematerialen in HSB-wanden. Met een slimme teststrategie moet het in toekomst mogelijk zijn om een breed scala van biobased vezels als isolatie voor verschillende HSB-wandopbouw toe te passen.

Wontoren Switi, Amsterdam



Jordij Hulsmann


OVERZICHTSKAART PROJECTEN

KLIMAATZONE

Europa heeft verschillende klimatologische zones. De grootste hiervan, het gematigd zeeklimaat, strekt zich uit van Noord-Spanje tot Zuid-Scandinavië. Een gematigd klimaat kent duidelijke seizoenen. De temperatuurverschillen tussen de seizoenen zijn echter niet groot, met niet heel warme zomers en niet heel koude winters. Daarnaast valt er regelmatig neerslag en zijn er weinig (extreem) lange periodes van droogte.

Als voorbeeldprojecten zijn gebouwen gekozen die zich in dezelfde of een vergelijkbare klimaatzone als Nederland bevinden. Gevels in deze zone zullen min of meer vergelijkbare eisen hebben als het gaat om isolatiewaarden. Gezien het veranderende klimaat zullen gebouwen in deze zone zich ook op dezelfde manier moeten aanpassen aan uitdagingen op het gebied van warmte- en vochtregulatie. Als je kijkt naar het lokaal verbouwen en verwerken van isolatiemateriaal, zal het gematigde zeeklimaat hierin een overeenkomstige factor zijn.

 **GEMATIGD ZEEKLIMAAT**
Milde zomers, koele winters en neerslag gedurende het hele jaar, beïnvloed door de Atlantische Oceaan.

 **GEMATIGD LANDKLIMAAT**
Warme tot hete zomers en koude winters, met grotere temperatuurverschillen tussen de seizoenen.

 **MIDDELLANDSE ZEEKLIMAAT**
Heet, droog in de zomer en mild, nat in de winter, beïnvloed door de Middellandse Zee.

 **SUBTROPISCH ZEEKLIMAAT**
Mildere zomers en koelere winters met meer neerslag, beïnvloed door de Atlantische Oceaan.

 **STRO**

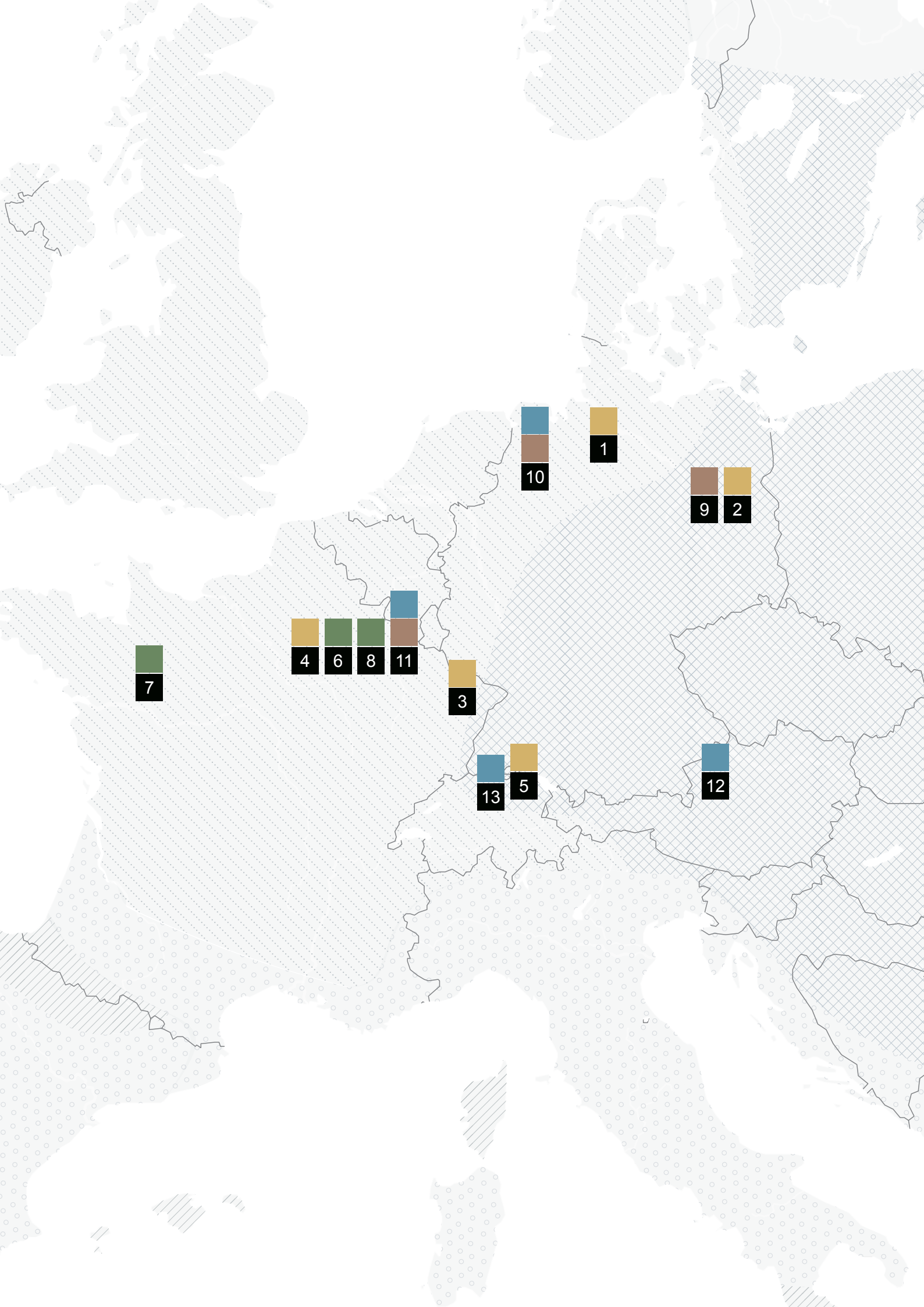
 **KALKHENNEP**

 **HOUTVEZEL**

 **CELLULOSE**

01	DE•LÜNEBURG	28
02	DE•BERLIJN	32
03	FR•SAINT-DIÉ-DES-VOSGES	36
04	FR•PARIJS	40
05	CH•NÄNIKON	44
06	FR•BOULOGNE-BILLANCOURT	48
07	FR•NANTES	52
08	FR•PARIJS	56
09	DE•BERLIJN	60
10	DE•BREMEN	64
11	FR•PARIJS	68
12	AU•SALZBURG	72
13	CH•WINTERTHUR	76





INTERVIEW

COLLEGE VAN RIJSBOUWMEESTER EN RIJSADVISEURS EN RIJКСVASTGOEDBEDRIJF



Francesco Veenstra

Trad op 1 september 2021 aan als Rijksbouwmeester. Hij heeft veel ervaring met projecten voor culturele organisaties, hoger onderwijs, commercieel vastgoed en infrastructuur. Tot juli 2021 was hij voorzitter van de Branchevereniging Nederlandse Architectenbureaus (BNA).

Lars van den Brink

Op donderdag 3 oktober 2024 spraken Wouter de Haas en Eileen Stornebrink met Francesco Veenstra, Rijksbouwmeester bij het College van Rijksbouwmeester en Rijksadviseurs (CRa) en Fokke van Dijk, architect bij het Rijksvastgoedbedrijf (RVB). In de gesprekken met de architectenbureaus van de geanalyseerde projecten ging het vaak over de rol van de nationale overheid. En het beleid (visie én regelgeving) wat het gebruik van biobased materialen kan stimuleren of zelfs verplichten. Als een van de pijlers van het huidige CRa wilde Francesco Veenstra graag in gesprek over de initiatieven op het gebied van biobased bouwen. Fokke van Dijk zat aan tafel vanwege zijn ruime ervaring binnen het RVB dat als (één van de) grootste opdrachtgevers van Nederland misschien geen pionier is, maar wel een early adopter kan zijn. Onderstaand is een ingekorte versie van het interview.

In hoeverre proberen het CRa en het RVB het thema biobased bouwen te agenderen? Vinden jullie dat het nodig is om biobased bouwen een zetje te geven?

Francesco Veenstra: Het Rijksvastgoedbedrijf en het College van Rijksbouwmeester en Rijksadviseurs werken regelmatig samen maar hebben verschillende rollen. Fokke probeert aan de doelstellingen van het RVB een meer programmatische invulling te geven: we bouwen duurzaam of we bouwen niet. De rol die we vanuit het CRa hebben, is om vraagstukken in de etalage te zetten, om adviezen te schrijven, om het podium wat we hebben in te zetten om aandacht te vragen voor de bouwopgave: volledig CO2 neutraal zijn in 2050. Het toepassen van biobased materialen is daar volgens mij een sleutel in. En natuurlijk ook naast de innovatie op de bouwplaats alles wat met transport en productie te maken heeft.

We hebben hiervoor een aantal jaar geleden het programma 'Een Nieuwe Bouwcultuur - Biobased en Natuurinclusief Bouwen' opgezet. We hebben het instrument van prijsvragen gekoppeld aan het programma om via projecten te laten zien hoe dat zou kunnen. Wij mikken daarbij op een zo breed mogelijk spectrum. We zijn begonnen met voornamelijk grondgebonden woningen in Oirschot. Het tweede project

was in Zwolle. Dat ging om gestapeld bouwen met galerijen, balkons en met traditionele ontsluitingstypologieën, waarvan ook de bewijslast moest worden geleverd om dat zoveel mogelijk biobased te kunnen gaan doen. Daarnaast hadden we een onderzoekstraject waarbij de focus lag op de verduurzaming van het corporatiebezit. Renovatie is eigenlijk de grootste opgave in Nederland. Ongeveer 80% van alle woningen die in 2050 in Nederland staan, zijn woningen die voor 2024 zijn gebouwd. En die moeten allemaal worden aangepakt.

Fokke van Dijk: Binnen het RVB stimuleren we biobased bouwen best stevig voor de utiliteitsgebouwen die we ontwikkelen op dit moment. We hebben een routekaart duurzaamheid waarin we met elkaar hebben uitgestippeld hoe we in 2050 een circulaire economie of een circulair bouwvoorraad zouden moeten hebben. Daarin zijn specifiek eisen opgenomen over de toepassing van biobased materiaal. In de basis is de wet milieu prestatie gebouwen (MPG) een potentieel goed middel om te sturen op dit soort aspecten. Maar je merkt op het moment dat omdat je in de MPG op elf verschillende typen duurzaamheid monitort en dat dan allemaal middelt, dat CO2 - besparing en daarmee dus ook biobased bouwen behoorlijk ondergesneeuwd raken. Daarom wordt voor alle nieuwbouwprojecten die we nu

Fokke van Dijk
Legt zich als senior architect bij het Rijksvastgoedbedrijf toe op het creëren van de juiste visie, ambitie en uitgangspunten in de initiatief- en definitiefase van grote, complexe huisvestingsprojecten. Als supervisor bewaakt hij de kwaliteit in de uitwerking.



uitvragen een maximale CO2 component voor de bouw opgenomen en specifieke eisen aan het toepassen van biobased materiaal. Daardoor promoot je biobased bouwen en houtbouw echt, want beton en staal kunnen zich niet meer verbergen. Als het specifiek over isolatie gaat, schrijven we gewichtspersentages biobased of hergebruikte isolatie voor. Voor projecten die nu lopen bijvoorbeeld 100% voor binnenwand systemen en 50% voor gevel en dak. Dat percentage loopt in de toekomst op. Het enige wat daarbij speelt is wel: 'mits dit niet strijdig is met de brandveiligheidseisen'. Daar zit denk ik de grootste uitdaging van biobased. Waar we eigenlijk tegenaan lopen is dat veel materiaalontwikkelaars nog niet helemaal toe zijn aan de schaal die wij vragen. Binnen het RVB vinden we 10.000 vierkante meter een normale omvang voor een project. Je ziet dat daar nog een soort van mismatch zit.

Francesco Veenstra: Wij hebben in de prijsvragen die wij uitschrijven altijd ook als doel om het opschaalbaar te maken. Om de hele keten aan tafel te krijgen, om ook bouwers mee te krijgen. Dat is wel anders dan prijsvragen die we in het verleden hebben gehad, waarbij het echt een ontwerpersprijsvraag was. Dus de verbinding tussen geld, ontwerp, leverancier en uitvoerende partijen als onderdeel van de keten is bij ons wel van wezenlijk belang, ook in de opgaven die we stellen.

Je had het over de 'routekaart duurzaamheid'. Maar als je naar het Parijsakkoord kijkt en naar het CO2 budget voor de bouw, dan is dat vrij snel op...

Francesco Veenstra: Daar wordt dus niet vanuit geredeneerd, maar dat zou ik echt een hele interessante benadering vinden. Dan werk je vanuit de beperking. En op

het moment dat je redeneert vanuit de beperking moet je creatief en innovatief zijn. Dan ga je je anders verhouden ten opzichte van datgene wat beschikbaar is. Wij grijpen nu allemaal nog steeds uit de oneindige pot van CO2 uitstoot. Op het moment dat je gaat zeggen dat je voor een woning een maximaal bepaalde hoeveelheid CO2 mag besteden, dan krijg je een hele andere aanvliegroete op zo'n project. We hebben als architecten altijd een maximaal budget. We hebben ook een maximale tijdsplanning. Maar we hebben eigenlijk niet een maximale hoeveelheid uitstoot. Dat is nu aan het ontstaan.

Fokke van Dijk: Dit zit ook in de routekaart 2.0 van het RVB. Wij vragen dus inderdaad ook naar het kg CO2 equivalent per m2 BVO. Daarnaast kijken we ook naar natuurinclusiviteit, klimaatadaptie en circulair materiaalgebruik

Francesco Veenstra: Dit gaat allemaal over meetbare aspecten binnen onze sector. Dan kan je het over 1,5 graad of 1,7 graad opwarming hebben. Dat is natuurlijk voor veel mensen, en opdrachtgevers in het bijzonder, niet voor te stellen. Daar kan je weinig grip op krijgen. Om de beweging echt te maken, moet je ook vragen wat het betekent voor leefkwaliteit en gezondheid. De term gezondheid valt eigenlijk heel weinig. Terwijl dat is wat we allemaal koesteren.

Wat is de rol van de rijksoverheid als opdrachtgever in het transitieproces?

Fokke van Dijk: Omdat we al onze gebouwen zelf gebruiken, rekenen we sowieso met levensduurkosten en nooit met stichtingskosten. Want die rekening schuiven

we niet door aan een huurder, maar die betalen we zelf als overheid. Omdat we rijksoverheid zijn is 'maatschappelijk verantwoord' een kerndoelstelling. Dus dat betekent dat je bij alles kijkt: waar is maatschappelijke meerwaarde te creëren? Als grootste projectontwikkelaar van Nederland kunnen we helpen bij het opschalen. Door het te gaan vragen creëer je een markt en wordt het ook de moeite waard om in te investeren in productiefaciliteiten.

Als het gaat over regelgeving, Europees of Nederlands, zijn dat onderwerpen waarop jullie de overheid adviseren?

Francesco Veenstra: Wij hebben bijvoorbeeld met de ministeries BZK en EZK gesproken over de certificering van bouwmaterialen. Hoe kunnen deze onderdeel worden van de reguliere voorraad? Wat we daar zien is dat de rijksoverheid probeert die transitie vorm te geven door de fossiele materialen er niet te hard uit te drukken, wat dus eigenlijk onvoldoende ruimte biedt om biobased materialen sneller groter te laten worden.

Fokke van Dijk: Het is best bijzonder dat de MPG in Nederland in de wet staat. Maar het is nog een gemankeerd middel omdat er te weinig producten in de milieudatabase staan en de producten die er niet in staan met een enorme onzekerheidsmarge worden meegerekend. Innovatie wordt zo niet eenvoudig gefaciliteerd. En omdat de MPG naar zoveel verschillende duurzaamheidsaspecten kijkt, middelt het altijd uit, zou je kunnen zeggen. Maar in de basis is het een instrument om de eisen steeds strenger te maken en dat is goed.

Zie je de oplossingen voor biobased bouwen voornamelijk vanuit de markt komen of zijn er binnen de overheid ook stromen merkbaar?

Francesco Veenstra: Beide. Dat werkt altijd samen. Ik vind dat de overheid moet werken met stimulerende maatregelen in de vorm van subsidies of misschien wel korting op pachtcontracten met boeren. En de markt moet het oppakken en kansen vinden om nieuwe producten te ontwikkelen die geen of een hele lage uitstoot hebben. Maar om dat te doen hebben ze een voorspelbaarheid in beleid en wet- en regelgeving nodig. Ook dat is aan het ontstaan.

Bij een aantal projecten zien we dat het toepassen van biobased isolatiematerialen bepalend kan zijn voor de architectuur, bijvoorbeeld vanwege de oriëntatie, het toepassen van schuine daken of overstekken. Wat is jullie zichtwijze daarop?

Francesco Veenstra: Wat mij bij de prijsvragen voor 'Een Nieuwe Bouwcultuur' opvalt is dat het architecten en ontwerpers aantrekt die juist de kwaliteit van de klassieke of traditionele architectuur onderdeel hebben gemaakt van hun instrumentarium of van hun ontwerpvocabulaire. Een dak heeft bijvoorbeeld een overstek om de simpele reden dat je daarmee het water echt van de gevel af houdt. Of een waterslag maak je met een bepaalde afstand omdat je anders vochtproblemen krijgt. Dat hebben we natuurlijk allemaal bij de opkomst van het modernisme in het begin van de twintigste eeuw weggeëngineerd met eigenlijk allemaal petrochemische of fossiele

producten die op de markt kwamen om dit daadwerkelijk mogelijk te maken. Je ziet nu langzaamaan een beweging die niet nostalgisch en ook niet klassiek is. Die echt vraagt om een nieuwe architectuurtaal die teruggrijpt op de grondbeginselen zoals je die ziet in de bouwkundeboeken van begin twintigste eeuw. Dat is ook nodig om de logica van de natuur te volgen. Niet alleen in de materiaalkeuze maar ook in de natuurkundige principes die gaan over temperatuur, vocht, wind en bodemgesteldheid. Al dat soort aspecten.

Ik verwacht dat de maakbaarheidsgedachte, dat je als architect iets tekent en dan vervolgens allerlei oplossingen gaat bedenken om het ook echt gerealiseerd te krijgen, gaat omdraaien. Dat je toch veel meer gaat redeneren vanuit het gegeven van materialen die bij gaan dragen om bijvoorbeeld een goed binnenklimaat te organiseren of om de doelstellingen te halen op het gebied van energie en uitstoot. Daarmee krijg je andere componenten die het vertrekpunt worden van de architectuur.

We zagen in een aantal projecten dat deze werden opgeleverd met een handleiding zodat bewoners niet zomaar een latexverf op de vochtregulerende binnenwand aanbrengen. Wij vroegen ons af of de maatschappelijke verandering of een andere manier van denken, die hiervoor nodig is ook een rol speelt in jullie onderzoeken en discussies.

Francesco Veenstra: Ik sla wel aan op de term 'handleiding'. Als je een woning koopt, is dat per definitie de allergrootste kostenpost in je leven. En dat is denk ik het enige product, voor zover je het een product mag noemen, waar je dus geen handleiding voor krijgt. Het is natuurlijk heel erg denkbaar dat als een woning wordt opgeleverd, je het gebruik van die woning probeert aan te leren aan de mensen die daarin gaan verblijven. Dus het toepassen van kunststof kozijnen vanuit de gedachte dat het makkelijk schoon te houden is en dat je dat nooit meer hoeft te verven, dat is misschien wel waar we vanaf moeten bewegen. Dat we het schoonhouden van een houten kozijn wel weer opnieuw moeten gaan aanleren. Dat is denk ik waar die nieuwe bouwcultuur ook over gaat. Het gaat dus over veel meer dan alleen maar het toepassen van biobased materialen. Het gaat over hoe je je verhoudt ten opzichte van de plek die je inneemt in de samenleving en de objecten en de producten die je daarin gebruikt.

Fokke van Dijk: Een tijdje geleden las ik een interessante column van Ector Hoogstad. Over een eigenaar van een gebouw die na vijf jaar dacht: 'dat ding ziet er niet meer uit', omdat het in de gevel toegepaste hout een kleine vergroening en vergrijzing vertoonde. De columnist stelt terecht dat bij architectuur de norm 'als nieuw' is. Dus ook na dertig jaar moet het gebouw als nieuw eruitzien. Je zou kunnen zeggen: als je biobased gaat bouwen, dan moet je ook patina esthetisch gaan waarderen. En esthetisch beheersen. Het is een andere soort kunde dan we nu gewend zijn met materialen als kunststof of aluminium. Baksteen is misschien het enige voorbeeld waar we patina echt gewend zijn. Het wordt donkerder met de tijd en dat vinden we vaak mooier dan bij oplevering. We doen nu 'biobased', maar dan ziet het gebouw eruit als hiervoor. De vraag is of vanuit 'biobased' niet een hele andere manier van denken en ontwerpen moet ontstaan.



MATERIALEN

BIOBASED ISOLATIEMATERIALEN



Biobased isolatiematerialen vormen een alternatief voor conventionele isolatiematerialen die op fossiele of minerale basis zijn gewonnen of geproduceerd. In dit hoofdstuk bespreken we de vier biobased isolatiematerialen die bij de referentieprojecten van dit onderzoek zijn gebruikt: stro, kalkhennep, houtvezel en cellulose. Elk met hun unieke (bouw fysische) eigenschappen. De verschillende definities en begrippen die hiervoor van belang zijn lichten we hiernaast toe.

Een biobased product of materiaal bestaat geheel of gedeeltelijk uit hernieuwbare grondstoffen van biologische oorsprong. De Europese richtlijn EN 16785-1 definieert het biobased gehalte als volgt: 'The amount of bio-based C (carbon), H (hydrogen), N (nitrogen), O (oxygen) expressed as a fraction of the total mass of a sample'. De hoeveelheid biomassa ten opzichte van een niet-biobased materiaal kan per product zeer verschillend zijn.

De isolatiematerialen uit de onderzochte referentieprojecten zijn met het blote oog redelijk eenvoudig als 'biobased' te herkennen. Toch zijn er grote verschillen tussen deze vier materialen als we kijken naar de verwerking van het natuurlijke

materiaal tot bouw materiaal. Zeker als we letten op toeslagstoffen (additieven) en het energieverbruik van het productieproces. Per materiaal wordt een beknopt overzicht gegeven van de achtergrond, productie, toepassing en belangrijkste kenmerken.

Stro en kalkhennep werden lange tijd slechts op kleine schaal in ecologische bouwprojecten toegepast. Door de toenemende interesse in de CO₂-impact van bouwmaterialen, circulariteit en de invloed van materialen op gezondheid en comfort, verandert dit momenteel en winnen stro en kalkhennep steeds meer aan populariteit.

Houtvezel en cellulose zijn momenteel de meest gebruikte biobased isolatiematerialen op de markt. Van beide materialen is uitgebreide technische documentatie beschikbaar. Een belangrijk aandachtspunt is echter dat de daarin beschreven details en bouwmethoden niet altijd overeenkomen met de Nederlandse bouwpraktijk. Er wordt momenteel veel onderzoek gedaan om de specifieke eigenschappen van biobased isolatiematerialen beter te leren begrijpen zodat er ook nauwkeuriger mee gerekend kan worden.



WARMTEGELEIDINGS- COËFFICIËNT (λ)

Hoe lager de λ -waarde, des te beter het materiaal isoleert. De warmtegeleidingscoëfficiënt λ drukt uit hoeveel energie per seconde door een vlak van 1 m² gaat bij een dikte van 1 m, per Kelvin temperatuurverschil tussen beide zijden van het vlak (W/mK). Energie per seconde wordt uitgedrukt in Watt, ofwel Joule/seconde; 1 Kelvin komt overeen met 1 graad Celsius. De waarde is een eigenschap van het materiaal zelf en hangt niet af van de dikte. Vaak zijn de λ -waardes van biobased isolatiematerialen iets hoger dan die van minerale of kunststof isolatiematerialen. Om eenzelfde warmteweerstand (Rd-waarde) te bereiken is een materiaal dat een hogere λ -waarde heeft dikker.

HYGROSCOPISCH GEDRAG

Hygroscopisch gedrag houdt in dat een materiaal vocht uit de lucht kan opnemen, tijdelijk kan vasthouden en weer kan afgeven. De vochtigheid van het materiaal verandert, afhankelijk van de luchtvochtigheid en temperatuur. Biobased isolatiematerialen hebben over het algemeen een hoog vermogen om vocht te bufferen, iets wat hen onderscheidt van minerale en kunststof isolatiematerialen. Dit hygroscopisch gedrag is één van de belangrijkste voordelen van biobased isolatie. Het maakt het mogelijk om vochtpeiken in de constructie op te vangen zonder verlies van prestaties. Dankzij de hygroscopische eigenschappen en de capillaire werking kunnen biobased vezels de luchtvochtigheid binnen een gebouw reguleren. Hierbij is het belangrijk dat de afwerkingen (zoals plaatmaterialen, stucwerk en verf) ook dampopen zijn. Het hygroscopisch gedrag speelt ook een belangrijke rol bij de faseverschuiving.

WARMTEOPSLAGCAPACITEIT (c)

De warmteopslagcapaciteit, of soortelijke warmte, beschrijft het vermogen van een materiaal om warmte op te slaan. Het geeft de hoeveelheid energie aan die nodig is om 1 kilogram van een materiaal 1 graad in temperatuur te laten stijgen (J/kg·K). Hoe hoger de warmteopslagcapaciteit, hoe meer warmte het materiaal kan opslaan. De c-waarde van minerale wol is met 800 - 1000 J/kg·K aan de lage kant. EPS en PIR liggen met waardes van 1200 - 1400 J/kg·K iets hoger. De biobased materialen uit deze publicatie hebben allemaal waardes tussen de 1600 - 2100 J/kg·K. Alléén de soortelijke warmte zegt nog weinig over de warmteopslagcapaciteit van een constructie. Hiervoor is ook de massa (het gewicht) van groot belang. Dit hangt bij biobased materialen ook samen met het vochtgehalte.

FASEVERSCHUIVING

Faseverschuiving verwijst naar het vertragen van de warmte die van buiten een gebouw naar binnen komt. Deze vertraging, gemeten in uren, zorgt ervoor dat de warmte pas later op de dag (of zelfs helemaal niet) de binnenruimte bereikt. Dit draagt bij aan een constantere binnentemperatuur en meer comfort, met name in de zomer. De warmteopslagcapaciteit, de toegepaste massa en het vochtregulerend vermogen van een materiaal zijn belangrijke factoren die van invloed zijn op de faseverschuiving. Bouwdelen met biobased isolatiematerialen hebben doorgaans een langere faseverschuiving dan bouwdelen met minerale of synthetische isolatie. Hoe groot dit effect uiteindelijk is op de binnentemperatuur hangt af van verschillende factoren: het gebouwvolume, de zonwering, overige gebruikte materialen en (nacht)ventilatie. Grote raamvlakken met veel zoninstraling doen het effect van een lange faseverschuiving gemakkelijk teniet.

DAMPDIFFUSIEWEERSTANDS- COËFFICIËNT (μ)

Waterdamp binnen een constructieonderdeel, bijvoorbeeld een gevel, verplaatst zich van zones met een hoge dampdichtheid naar zones met een lage dampdichtheid. Hoe kleiner de μ -waarde des te beter de waterdamp door een materiaal kan bewegen. De μ -waarde is dimensieloos en geeft aan met welke factor het materiaal dampdichter is ten opzichte van een luchtlaag. Een hoge μ -waarde betekent dat het materiaal dampremmend of zelfs dampdicht is. Biobased isolatiematerialen hebben doorgaans een zeer lage μ -waarde (tussen 1 en 5) en laten vocht dus gemakkelijk door. Dit in tegenstelling tot synthetische materialen zoals PIR of XPS met μ -waarden van 40-250. Isolatie van minerale wol is ook dampopen ($\mu \sim 1$), maar heeft niet de hygroscopische (vochtbufferende) eigenschappen van biobased materialen.

STRO



Hooi en stro worden vaak door elkaar gehaald. Het gemaaid gras van een weide wordt hooi genoemd en is voedsel voor vee. Stro is de droge stengel van verschillende graangewassen. Als bijproduct van de graanproductie is stro een jaarlijks hernieuwbare grondstof die niet concurreert met de voedselproductie. Stro is een eeuwenoud bouw materiaal maar werd in eerste instantie meer als toeslagmateriaal gebruikt. Bijvoorbeeld door het met leem te mengen om wanden te maken. Toen in de 19e eeuw de strobalenpers werd uitgevonden ging men er ook daadwerkelijk huizen mee bouwen.

Het areaal graanproductie is in Nederland ongeveer 150.000ha. Per ha. kan er ongeveer 4 ton stro geproduceerd worden. Van deze productie wordt ca. 70% ondergeploegd of gebruikt voor andere doeleinden zoals de aardbeienteelt of bodemstrooisel in stallen. De resterende 30%, dan hebben we het over zo'n 9 miljoen balen, kunnen

direct worden ingezet in de bouw. Stro is op diverse manieren te verwerken. Stro kan onder druk ingeblazen worden in (prefab) compartimenten, balen kunnen tussen een (al dan niet prefab) houtskeletconstructie worden geplaatst en jumbobalen kunnen zelfs constructief worden toegepast.

Omdat het stro compact tot balen wordt geperst zit er weinig zuurstof meer tussen de halmen. Het vuur kan zich zo lastig ontwikkelen. Door het stro op te sluiten met leem of kalkstuc (onbrandbare materialen) kan er een behoorlijke brandwerendheid gerealiseerd worden. Op de bouwplaats is het zaak goed op te passen met los stro. Dat vat namelijk wél gemakkelijk vlam. Belangrijk om het stro niet te bewerken met brandvertragers i.v.m. composteerbaarheid. Plaatmaterialen die losmaakbaar bevestigd kunnen worden zijn dan beter geschikt. Belangrijk is om een plaatmateriaal te kiezen dat zo min mogelijk invloed heeft op de vochtregulerende



WARMTEGELEIDINGSCOËFFICIËNT (λ)

0,043 - 0,052 W/mK

DICHTHEID (ρ)

ingeblazen min. 105kg/m³ | toegepast als geperste baal min. 85 - 115 kg/m³

WARMTEOPSLAGCAPACITEIT (c)

circa 2.000 J/kg·K

DAMPDIFFUSIEWEERSTANDSCOËFFICIËNT (μ)

1 - 2

HYGROSCOPISCH GEDRAG

zeer vochtbufferend

BRANDKLASSE

E

SAMENSTELLING | ADDITIEVEN

Stro heeft als isolatiemateriaal geen toeslagmaterialen nodig: het is 100% biobased. Daarmee is stro één van de meest pure biobased isolatiematerialen dat voorhanden is.

PRIMAIRE ENERGIEBEHOEFTE

Voor de productie van stro-isolatie zijn nauwelijks processtappen nodig. Geen verhitting en geen additieven. Daarom is de energiebehoefte voor de productie zeer laag. Voor geperste strobalen is dat ongeveer 14MJ/m³ aan energie. De twee bindgarens om de strobaal zorgen voor het grootste aandeel van deze energiebehoefte. Voor de productie van steenwol is 1077MJ/m³ aan energie nodig. Dat is ongeveer 77 keer zoveel!

CO2 IMPACT

De lage primaire energiebehoefte van stro resulteert in een lage CO₂-uitstoot. Tijdens het groeiproces neemt de plant CO₂ uit de atmosfeer op. Dit betekent dat de CO₂ die in de plant wordt vastgelegd ook in het bouw materiaal blijft opgeslagen. Stro slaat, na aftrek van de emissies, ongeveer 1,3 kg CO₂ per kg materiaal op. Daarnaast wordt stro met een voor isolatiematerialen hoge dichtheid toegepast, waardoor stro-isolatie een zeer relevante rol voor CO₂-opslag in gebouwen kan spelen.

EINDE LEVENSLOOP

- 1) Hergebruik | In principe mogelijk, praktische en economische haalbaarheid in de toekomst zijn moeilijk te beoordelen.
- 2) Compostering | Omdat stro zonder toeslagmaterialen wordt toegepast is het goed composteerbaar en kan het teruggebracht worden in de landbouwkringloop. De voedingstoffen uit het stro dienen dan als natuurlijk meststof. Meest wenselijk scenario.
- 3) Verbranding | In principe mogelijk, vrijkomende energie kan voor warmte en/ of stroomproductie gebruikt worden. Minder wenselijk dan compostering.



Fotografie
Meijer Holland
CHRITH architects
Atelier Schmidt / Damian Poffet

KALKHENNEP



Hennep wordt al eeuwen gebruikt als bouw materiaal. Eén van de oudste toepassingen is waarschijnlijk die in Ellora Caves (India), daterend van 600 tot 1000 jaar v.Chr. Wandschilderingen in dit UNESCO werelderfgoed zijn gemaakt op leem-henneppleister. Dat de schilderingen zo goed bewaard zijn gebleven wordt (mede) toegeschreven aan de vochtbufferende en insectenwerende eigenschappen van dit materiaal. Kalkhennep, een menging van hennepscheven en kalk, werd in de jaren '80 van de 20e eeuw in Frankrijk ontwikkeld, in eerste instantie als isolerende vulling voor historische vakwerkhuisen. De dampopen en vochtbufferende eigenschappen van het materiaal gaan goed samen met houten constructies. Al snel werd het materiaal ook bij nieuwbouwprojecten toegepast.

Vroeger werd hennep in Europa voornamelijk geteeld voor de productie van textiel, zeil en touw. Nadat de vraag naar deze producten afnam, onder andere door de opkomst van katoen en nylon, raakte hennep enige tijd in de vergetelheid. De strijd tegen marihuana leidde er zelfs toe dat het verbouwen ervan in veel landen verboden werd, ondanks het feit dat industriële hennep slechts een verwaarloosbaar aandeel van de psycho-actieve stof THC bevat. Inmiddels winnen verbouw en toepassing weer aan terrein. Frankrijk is marktleider binnen West-Europa. In Nederland wordt jaarlijks ongeveer 1.600 tot 2.000 hectare industri-

ële hennep geteeld. Het grootste deel wordt gebruikt voor de productie van zaden, diervoeding en strooisel. Slechts een klein deel wordt toegepast in de bouw.

Hennep groeit snel, tot wel 4 meter per jaar en heeft geen kunstmest of pesticiden nodig. Het diepe wortelstelsel zorgt voor natuurlijke bodemverbetering. Eén hectare hennep kan 6 tot 15 ton droge vezels per oogst opleveren. De vezels worden uit de stengels van de plant gewonnen: lange zachte vezels voor textiel, touw en isolatiedekens. Harde houtachtige scheven uit de kern voor strooisel en kalkhennep. Voor het gebruik van kalkhennep worden de scheven gemengd met kalk en water tot een aardvochtig mengsel. De scheven zorgen voor de isolatiewaarde. De kalk fungeert als bindmiddel, zorgt voor de samenhang en massa (tien keer meer dan bij conventionele isolatiematerialen) en biedt bescherming tegen brand. Kalkhennep kent diverse toepassingsmogelijkheden. Het kan op de bouwplaats worden gestort, als prefab blokken worden gestapeld of in situ worden gespoten. Ook voorgemengde, droge korrels zijn beschikbaar. De combinatie van vezel en mineraal zorgt voor bijzondere eigenschappen: goede isolatie én hoge warmteopslag. de kalkhennep in zuivere vorm toegepast wordt is het ook nog eens natuurlijk afbreekbaar.



WARMTEGELEIDINGSCOËFFICIËNT (λ)

0,056 - 0,087 W/mK

DICHTHEID (ρ)

meestal rond de 300 kg/m³ | varieert en is afhankelijk van de mengverhouding en toepassing

WARMTEOPSLAGCAPACITEIT (c)

circa 1.500 - 1.800 J/kg·K

DAMPDIFFUSIEWEERSTANDSCOËFFICIËNT (μ)

3 - 5

HYGROSCOPISCH GEDRAG

zeer vochtbufferend

BRANDKLASSE

B-s1, d0

SAMENSTELLING | ADDITIEVEN

Kalkhennep bestaat primair uit hennepscheven en kalk (hydraatkalk en/of hydraulische kalk). Verschillende toeslagmaterialen zoals puzzolanen, tras en klei kunnen worden toegevoegd om specifieke eigenschappen, zoals bijvoorbeeld sterkte en droogtijd, te verbeteren.

PRIMAIRE ENERGIEBEHOEFTE

Hennepscheven vereisen weinig energie om te produceren. Doordat er geen bestrijdingsmiddelen nodig zijn blijft de energie-input in de landbouwfase laag. Ook het oogsten, verwerken en versnipperen van de hennepvezels vergt weinig energie. Kalk is wel energie-intensief om te produceren, vooral als er gebruik wordt gemaakt van hydraulische kalk. Deze kalk wordt gebrand op een temperatuur tussen de 900 en 1.200 °C.

CO2 IMPACT

Hennep is een snelgroeïend gewas en slaat ongeveer 1,6 tot 1,8 kg CO₂ per kilogram hennepvezel op. Na verwerking ondergaat de kalk een proces dat carbonisatie wordt genoemd. Hierbij reageert de kalk met CO₂ uit de lucht en vormt het calciumcarbonaat. Dit proces zorgt ervoor dat een deel van de CO₂ die tijdens de productie van kalk is uitgestoten weer wordt vastgelegd. De biogene CO₂-opslag van de hennepvezels is daarbij groter dan de totale CO₂-emissie. Kalkhennep is netto CO₂-negatief voor de tijd dat het verwerkt is in een gebouw. Totale opslag is circa 0,15 kg CO₂ per kg materiaal.

EINDE LEVENSLOOPE

- 1) Hergebruik | In principe mogelijk. Praktische en economische haalbaarheid in de toekomst zijn moeilijk te beoordelen. Als er opnieuw kalk als bindmiddel wordt toegevoegd wordt het mengsel zwaarder en isoleert het minder goed.
- 2) Compostering | Op basis van de natuurlijke bestanddelen hennepscheven en kalk is het aannemelijk dat kalkhennep teruggebracht kan worden in de landbouwkringloop. Hennep is een organisch materiaal dat biologisch afbreekbaar is waarbij het composteerproces trager verloopt door de aanwezigheid van kalk. Kalk wordt op zijn beurt als bodemverbeteraar in de land- en tuinbouw gebruikt. Verdere studies zijn nodig om dit proces voor de verschillende samenstellingen te onderzoeken. Meest wenselijk scenario.
- 3) Verbranding | Vanwege het hoge minerale aandeel verbrandt kalkhennep slecht. Bij verbranding blijft veel as over en de thermische energie die vrijkomt is laag. Verbranding is, economisch gezien, geen optie voor kalkhennep.



Fotografie
CHRITH architects
NXNW / Cécile Septet
EXIE NV / Groene Bouwmaterialen

HOUTVEZEL



Hout is één van de oudste bouwmaterialen dat door mensen wordt gebruikt. In veel culturen werden technieken ontwikkeld om houten constructies te isoleren, zoals het gebruik van schors en ander resthout om warmte vast te houden. Houtvezelisolatie begon zijn moderne vorm te krijgen in de vroege 20e eeuw. In deze periode kreeg de industrie steeds meer interesse in het efficiënt benutten van resthout.

De eerste commerciële houtvezel-isolatieproducten verschenen rond de jaren '30 en '40 van de vorige eeuw. Deze producten waren voornamelijk bedoeld voor de thermische isolatie van gebouwen. Houtvezelplaten bestaan voor ca. 80 - 95% uit gedroogde houtvezels. Isolatiematerialen van houtvezel zijn in zeer diverse vormen te vinden. Zo kan het als losse vezel worden ingeblazen maar ook als isolatiedeken of als drukvaste, geperste plaat worden toegepast.

Houtvezelisolatie wordt geproduceerd uit houtsnippers en resthout (zoals schors en zaagsel) van voornamelijk naaldhout. De houtsnippers worden met behulp van

waterdamp tot vezels vermalen. Deze houtvezels zijn uitgangspunt voor de verdere processtappen. Er zijn twee basisprincipes voor de productie: de droge en de natte methode. Bij de droge productiemethode worden de vezels gedroogd en verwerkt tot inblaasisolatie, tot zachte isolatiedekens of, door toevoeging van lijm als bindmiddel, tot harde platen. Bij de natte productiemethode (voor harde platen) wordt gebruikt gemaakt van het houteigen bindmiddel lignine dat door toevoeging van water, hitte (160 - 220 °C) en druk geactiveerd wordt. Een andere lijmstof is bij de natte methode niet nodig. Voor brandvertraging, vochtbestendigheid of andere specifieke eigenschappen worden toeslagmaterialen gebruikt.

Harde houtvezelplaten worden vaak in combinatie met andere biobased isolatiematerialen gebruikt als plaatmateriaal op de HSB-constructie. Er zijn stucbare en waterafstotende platen. Houtvezelisolatie is dampopen, vochtbufferend en heeft een hoge warmteopslagcapaciteit. De faseverschuiving van houtvezelisolatie is ongeveer twee keer zo groot als die van minerale wol.



WARMTEGELEIDINGSCOËFFICIËNT (λ)

0,038 - 0,046 W/m·K

DICHTHEID (ρ)

als zachte isolatiedeken of inblaasvezel tussen 35 - 60 kg/m³ | drukvaste platen rond 110 - 270 kg/m³ | varieert en is afhankelijk van product en toepassing

WARMTEOPSLAGCAPACITEIT (c)

circa 2100 J/kg·K

DAMPDIFFUSIEWEERSTANDSCOËFFICIËNT (μ)

1 - 5 | afhankelijk van dichtheid en type houtvezelproduct

HYGROSCOPISCH GEDRAG

zeer vochtbufferend

BRANDKLASSE

E (standaard) | C-s1, d0 (brandvertragende plaat)

SAMENSTELLING | ADDITIEVEN

Houtvezelisolatie wordt voornamelijk geproduceerd uit houtsnippers van naaldhout waarbij ook reststromen van de houtindustrie gebruikt worden. Bij de productie worden verschillende toeslagmiddelen gebruikt om specifieke eigenschappen te verbeteren. Bij de droge productiemethode van harde houtvezelplaten wordt lijm gebruikt, meestal polyurethaanhars. Boorzouten, boorzuren of ammoniumverbindingen zijn de meest gebruikte toevoegingen om de brandveiligheid te verbeteren. In zachte isolatiedekens worden er steunvezels, meestal van kunststof, toegevoegd. Aan waterafstotende producten, zoals dakplaten, wordt paraffine of natuurlijke was toegevoegd.

PRIMAIRE ENERGIEBEHOEFTE

De primaire energiebehoefte verschilt per product en productiemethode. Over het algemeen hebben 'nat' geproduceerde houtvezelplaten een hogere energiebehoefte dan de 'droog' geproduceerde producten. Door terugwinning van thermische energie en het gebruik van hernieuwbare bronnen proberen fabrikanten het aandeel fossiele energie terug te brengen.

CO2 IMPACT

Hout, en daarmee houtvezel, is een biogeen materiaal dat gedurende zijn groei CO₂ opneemt uit de atmosfeer. Vurenhout slaat per kg ongeveer 1,35 kg CO₂ op. Wanneer houtvezelisolatie in gebouwen wordt toegepast, wordt de koolstof voor langere tijd vastgelegd en komt het niet in de atmosfeer. De emissies tijdens de productiefase zijn doorgaans kleiner dan de biogene opslag van CO₂. Afhankelijk van de productiemethode slaat houtvezelisolatie na aftrek van de emissies circa 0,5 - 1,3 kg CO₂ per kg materiaal op.

EINDE LEVENSLOOP

- 1) Hergebruik | In principe mogelijk. Praktische en economische haalbaarheid in de toekomst zijn moeilijk te beoordelen.
- 2) Compostering | De composteerbaarheid van houtvezelisolatie hangt af van de gebruikte additieven. Net als bij cellulose worden er stoffen toegevoegd om de eigenschappen te verbeteren. Additieven hebben meestal een negatief effect op de composteerbaarheid.
- 3) Verbranding | Voor de huidige producten het meest waarschijnlijke end-of-life scenario waarbij de thermische energie voor warmte- en/of stroomproductie gebruikt kan worden.



Fotografie
Gutex / Groene Bouwmaterialen
CHRITH architects
Gutex / Vincent Garcin
Gutex / Thorsten Scherz

CELLULOSE



Cellulose-isolatie wordt hoofdzakelijk geproduceerd uit gerecycled papier. Het werd begin van de 20e eeuw voor het eerst ontwikkeld en toegepast. Cellulose is één van de hoofdbestanddelen van de celwanden van planten. In het begin werd cellulose-isolatie direct uit houtpulp of andere plantaardige stoffen zoals katoen, stro of hennep vervaardigd. Tijdens de jaren '20 en '30 werd cellulose-isolatie steeds populairder vanwege de grote beschikbaarheid van oude kranten en andersoortig oud papier. Tegenwoordig wordt bijna uitsluitend gerecycled krantenpapier gebruikt als basismateriaal.

Toen na de Tweede Wereldoorlog de woningbouw een enorme vlucht nam, kwamen ook isolatiematerialen zoals glas- en steenwol op de markt. Vanwege hun bredere commerciële beschikbaarheid verminderde de toepassing van cellulose. In de jaren '70, tijdens de oliecrisis, wonnen cellulosevlokken weer aan populariteit ten opzichte van glas- en steenwol vanwege het energiezuinige productieproces, de lage kosten en de duurzaamheidskenmerken. Het was één van de eerste

isolatiematerialen die als 'groen' werd beschouwd, omdat het gebruik maakte van gerecycled materiaal.

Het vervaardigen van cellulose-isolatie omvat het versnipperen van papier en het toevoegen van brandvertragers en schimmelwerende middelen zoals boorzouten. Dit proces vereist relatief weinig energie. Er zijn geen hoge temperaturen of complexe chemische processen nodig. De meest gebruikelijke toepassing is het inblazen van cellulose in de holle ruimtes van (prefab) HSB-elementen, waarbij het onder druk wordt aangebracht om ervoor te zorgen dat alle ruimtes volledig worden gevuld. Minder bekend zijn flexibele dekens van cellulose, die met behulp van een bindmiddel worden gemaakt.

Cellulose is dampopen, vochtbufferend en heeft een hoge warmteopslagcapaciteit. De faseverschuiving van ingeblazen cellulose is ongeveer drie keer zo groot als die van minerale wol. Daarmee kan het isolatiemateriaal niet alleen in de winter maar ook in de zomer bijdragen aan thermisch comfort.



WARMTEGELEIDINGSCOËFFICIËNT (λ)

0,038 - 0,040 W/mK

DICHTHEID (ρ)

tussen 30 - 70 kg/m³ | afhankelijk van de toepassing en verwerkingsmethode

WARMTEOPSLAGCAPACITEIT (c)

circa 1900 - 2300J/kg·K

DAMPDIFFUSIEWEERSTANDSCOËFFICIËNT (μ)

1 - 3

HYGROSCOPISCH GEDRAG

zeer vochtbufferend

BRANDKLASSE

E of B-s2, d0 | afhankelijk van product en toegepaste dikte

SAMENSTELLING | ADDITIEVEN

Cellulose-isolatie bevat naast gerecycled krantenpapier (85 - 95%) additieven om het materiaal brandvertragend en schimmelwerend te maken. Hiervoor worden vooral boorzouten, -zuren of ammoniumverbindingen gebruikt. Aan isolatiedekens worden daarnaast ook bindvezels (meestal van kunststof) toegevoegd.

PRIMAIRE ENERGIEBEHOEFTE

De primaire energiebehoefte van cellulose als bouw materiaal is relatief laag vergeleken met synthetische isolatiematerialen, minerale wol of houtvezels. Dit komt voornamelijk doordat cellulose-isolatie wordt gemaakt van gerecycled papier en het productieproces weinig energie-intensief is.

CO2 IMPACT

De cellulosevezels in de isolatie komen oorspronkelijk uit hout. Bomen slaan tijdens hun groei een aanzienlijke hoeveelheid CO₂ op. De koolstof blijft in ieder geval gedurende de levensduur van het gebouw in het isolatiemateriaal opgeslagen. Door de lage energiebehoefte zijn de emissies van de productie klein. Cellulose slaat, na aftrek van de uitstoot, ongeveer 1,3 kg CO₂ per kg materiaal op. Omdat het om een gerecycled materiaal gaat wordt deze CO₂-opslag in veel rekenmodellen niet meegenomen om een dubbel telling van de opslag te voorkomen.

EINDE LEVENSLIJP

- 1) Hergebruik | In principe mogelijk. Praktische en economische haalbaarheid in de toekomst zijn moeilijk te beoordelen.
- 2) Compostering | Cellulose-isolatie bevat nagenoeg altijd brandvertragers en soms andere toeslagmaterialen. De composteerbaarheid hangt af van de soort en hoeveelheid gebruikte additieven. Deze hebben meestal een negatief effect op de composteerbaarheid. Er wordt onderzocht of verkoolde cellulose-isolatie (pyrolyse-proces: verhitting zonder zuurstof) als bodemverbeteraar kan worden gebruikt. Boor wordt in de landbouw als essentieel voedingselement gebruikt. Verder onderzoek naar het gebruik als additief in cellulose is noodzakelijk.
- 3) Verbranding | Op dit moment het meest waarschijnlijke end-of-life scenario. Vrijkomende energie kan voor warmte- en/of stroomproductie gebruikt worden.



Fotografie
ISOCELL / Lukas Anzinger
CHRITH architects
ISOCELL / Lukas Anzinger
LA Architectures



PROJECTEN



Adres

Lübecker Str. 100
21337 Lüneburg

Opdrachtgever

CPO-groep Querbeet

Architect

Deltagrün Architektur

Gerealiseerd

2023

Biobased isolatie

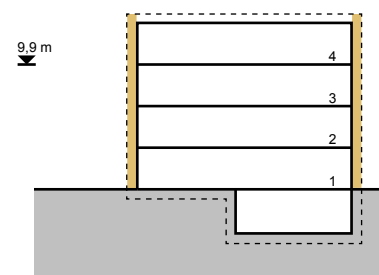
Stro

Oppervlak

6.950 m²

Draagconstructie

Gelamineerd hout
(kolommen en balken)
CLT (vloeren en wanden)
Beton (kernen en kelder)



Het CPO-project 'Querbeet' in het Noord Duitse stadje Lüneburg omvat 40 koopappartementen verdeeld over twee bouwvolumes van vier verdiepingen verbonden door een gemeenschappelijk hof. Het project is tot nu toe het grootste wooncomplex van Duitsland dat met stro geïsoleerd is. De CPO-groep 'Querbeet' bestaat uit bewoners van verschillende leeftijden en achtergronden met als gemeenschappelijk noemer de wens om met elkaar een gemeenschap te vormen met een ecologische leefwijze. Vandaar hun keuze voor Deltagrün Architektur, eveneens gevestigd in Lüneburg. Het bureau heeft al meer dan 20 jaar ervaring met houtbouw en stro-isolatie. Als pionier op dit gebied heeft architect en oprichter van het bureau, Dirk Scharmer, een grote bijdrage geleverd aan de Duitse strobouwstandaarden en certificeringen. De toegepaste strobouwmethode waarbij houtskeletframes gevuld worden met strobalen en waar direct op het stro leem- of kalkstuc wordt aangebracht, heeft hij al vaak toegepast. 'Querbeet' betekende echter wel een schaa sprong, zowel in omvang als in bouwhoogte.

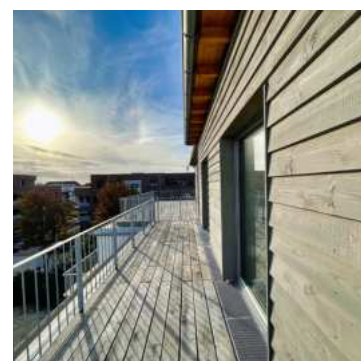
Gevolg van de schaa sprong zijn de verhoogde eisen m.b.t. brandveiligheid en geluid tussen de woningen. Om te waarborgen dat geplande details ook daadwerkelijk correct werden uitgevoerd op de bouwplaats heeft de architect de bouw intensief begeleid. De grootste uitdaging was vooral om een partij te vinden voor de inbouw van de strobalen. Er was in heel Duitsland geen aannemer te vinden die de capaciteit of de kennis had om dit project aan te nemen.

De oplossing werd binnen het Duitse strobouwnetwerk gevonden: onder leiding van strobouwwexperts uit heel Duitsland zijn de balen direct op de bouwplaats ingebouwd door geïnteresseerde vrijwilligers (zowel mensen uit de bouw als leken). Zo werd de bouwplaats tegelijkertijd een leerplek om mensen in de strobouw op te leiden. Een enorme organisatorische klus, maar uiteindelijk bleek deze aanpak zo succesvol dat die inmiddels bij andere strobouwprojecten is herhaald.

Volgens de bouwregelgeving in de Duitse deelstaat Nedersaksen is het voor een woongebouw van deze hoogte alleen mogelijk een brandbaar bouw materiaal voor de buitenwand toe te passen indien deze niet dragend is.

Daarom werd de buitenschil van de draagconstructie gescheiden. De niet dragende, met stro geïsoleerde HSB-wanden hebben een brandwerendheid van EI30, terwijl de draagconstructie in REI60 is uitgevoerd. De houtconstructie bestaat uit een deels zichtbare kolom-balk structuur van gelamineerd hout. De vloeren en woningscheidende wanden zijn van CLT en zijn bekleed met gipsvezelplaten. De toegepaste wandopbouw is in Duitsland al sinds 2008 officieel gecertificeerd voor een brandwerendheid van 30min. Veel aandacht is besteed aan rookdichte detaillering tussen de verdiepingen en woningen. Om het stro tijdens de bouw fase zo snel mogelijk brandveilig te bekleden werden de balen maximaal drie dagen na inbouw van de eerste stuclaag voorzien. Dit was een eis van de plaatselijke autoriteiten.

De wandopbouw met een afwerking van leem- of kalkstuc op het stro is dampopen. Door een combinatie van een goed geïsoleerde schil, mechanische ventilatie met warmteterugwinning (WTW), stadswarmte en PV-panelen kon een zeer laag energieverbruik gerealiseerd worden. Hierdoor was het mogelijk om een overheidssubsidie voor energiezuinig bouwen te ontvangen.



Fotografie
Dirk Scharmer
Thorsten Scherz Fotografie

NL

DAKOPBOUW

	Dakbedekking
-220mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
	Dampremmende laag
200mm	CLT vloer, gelamineerde ligger
18mm	Gipsvezelplaat

GEVELOPBOUW

80mm	Douglas gevelbekleding op houten achterconstructie
30mm	Leemstuc (achter douglas) / Kalkstuc (zichtwerk)
320mm	Stro isolatie (in het werk aangebracht) in HSB element
30mm	Leemstuc

VLOEROPBOUW VERDIEPING(EN)

	Vloerafwerking
100mm	Zwevende cementdekvloer
100mm	Kalksplit
200mm	CLT vloer, gelamineerde ligger
18mm	Gipsvezelplaat

VLOEROPBOUW BEGANE GROND

	Vloerafwerking
90mm	Zwevende cementdekvloer
150mm	Perliet isolatie
	Waterkerende laag
250mm	Betonvloer

EN

ROOF

	Roofing
-220mm	Non-biobased insulation material
	Vapour barrier foil
200mm	CLT floor, laminated beam
18mm	Gypsum fibre board

FACADE

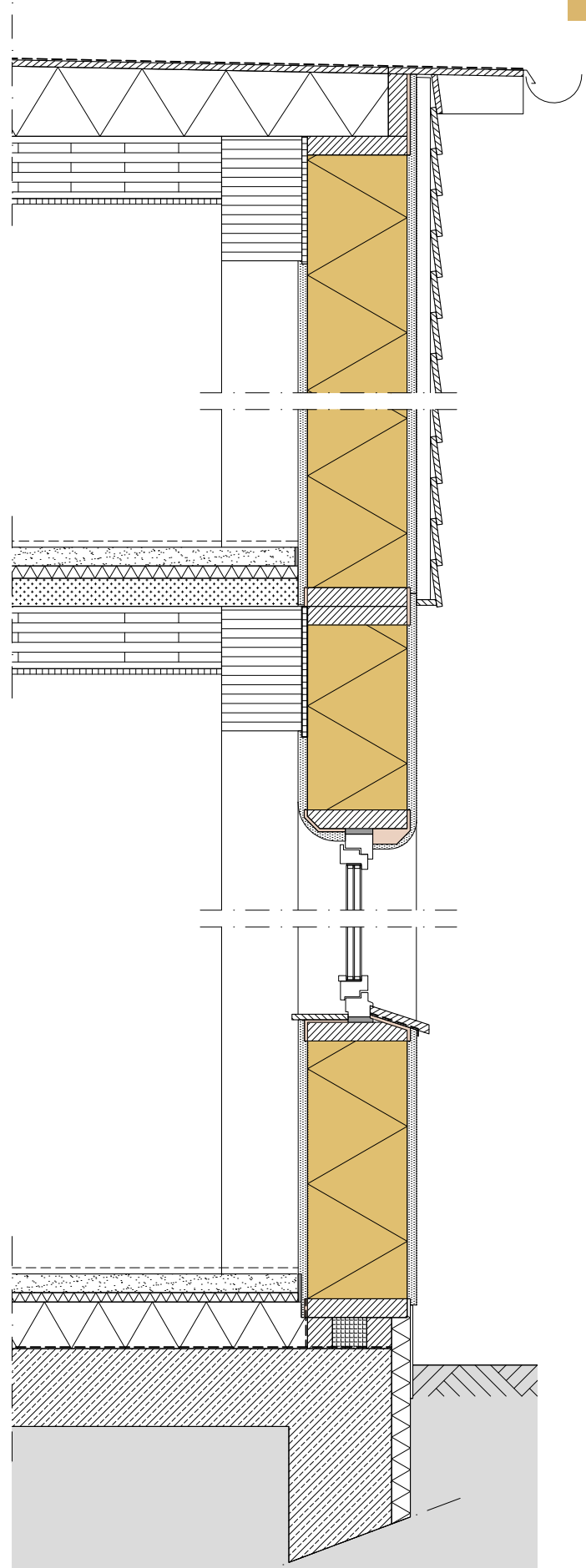
80mm	Douglas cladding on wooden substructure
30mm	Clay plaster (behind douglas) / Lime plaster (cladding)
320mm	Straw insulation (applied in situ) in timber frame
30mm	Clay plaster

FLOOR UPPER LEVEL(S)

	Floor finishing
100mm	Floating cement screed
100mm	Limestone split
200mm	CLT floor, laminated beam
18mm	Gypsum fibre board

FLOOR GROUND LEVEL

	Floor finishing
90mm	Floating cement screed
150mm	Perlite insulation
	Water retaining foil
250mm	Concrete floor









Adres

Rollbergstraße 28
12053 Berlijn

Opdrachtgever

Coöperatie TRNSFRM eG

Architect

Die Zusammenarbeiter
Gesellschaft von Architekten mbH

Gerealiseerd

2023

Biobased isolatie

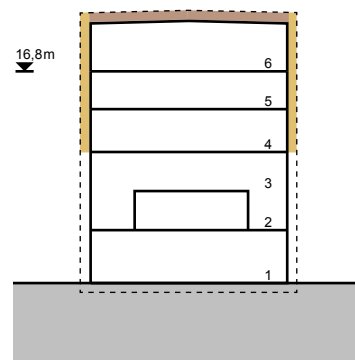
Stro en houtvezel

Oppervlak

6.950 m²

Draagconstructie

optopping
Gelamineerd hout (kolommen
en balken)
CLT (vloeren)
Beton (kernen en tussenvloer)



Het CRCLR House in Berlijn Neukölln is een gebouw manifest: met radicaal circulaire principes als uitgangspunt is de laadhal van de voormalige Kindl-brouwerij getransformeerd tot een bedrijfsruimte en opgetopt met twee nieuwe houtbouw volumes. Eén voor wonen (3-laags) en één voor werken (2-laags). De optopping is geïsoleerd met stro en houtvezel. Met de hoge ecologische en sociale ambities is het CRCLR House op meerdere aspecten een experimenteel voorbeeldproject: gericht op het toepassen van hergebruikte en hernieuwbare materialen, het minimaliseren van afval en flexibiliteit en losmaakbaarheid voor de toekomst. Het is ook een ontmoetingsplaats voor mensen die zich inzetten voor duurzame en sociale oplossingen. De co-working ruimtes in de bestaande hal en het 2-laagse gedeelte van de optopping worden gebruikt door startups en creatieve bedrijven die werken aan de circulaire economie. Elke verdieping heeft een gemeenschappelijke ruimte. De 18 woningen in het 3-laagse deel zijn verhuurd aan een vereniging die 'oude' en 'nieuwe' Berlijners (vluchtelingen) bij elkaar brengt.

Voor de optopping werd de constructie van de bestaande hal versterkt en werd de bestaande stalen dakconstructie vervangen door een betonnen vloer / dak waar de optopping op gebouwd werd. De stalen liggers zijn hergebruikt voor de binnentrappen. De optopping zelf is als gelamineerde kolom-balk structuur met CLT-vloeren geprefabriceerd. De buitenwanden zijn met stro geïsoleerd, van buiten afgewerkt met kalkstuc en van binnen met leemstuc.

Omdat er geen bedrijf voor de inbouw van het stro gevonden kon worden zijn er verschillende zelfstandige vaklieden ter plekke opgeleid door de Duitse strobouw vereniging FASBA e.V. De HSB-gevelelementen werden in een tijdelijke prefabricage-tent op de bouwplaats met strobalen gevuld, voorzien van een basislaag kalkstuc en daarna onder begeleiding van een timmerbedrijf gemonteerd. Vanwege het gewicht werd voor de dakisolatie niet stro (min. 85kg/m³) maar houtvezel (50kg/m³) toegepast.

De met stro geïsoleerde gevelelementen maken geen onderdeel uit van de hoofdconstructie (REI90). Hierdoor kon voor dit bouwdeel met een brandwerendheid

van 30min. worden volstaan. Het kalk- en leemstucwerk op het stro zorgt voor een brandveilige afwerking. De houten hoofdstructuur is op inbranding overgedimensioneerd en in het zicht gelaten. Om een brandwerende betonwalde tussen het woon- en het werkgedeelte te vermijden zijn de twee functies in twee aparte volumes ondergebracht. De verticale ontsluiting is om economische redenen wel in beton uitgevoerd.

Diverse ingrepen illustreren de uitzonderlijk hoge circulaire ambities van dit project: hergebruikte kozijnen, binnenwanden en vloerisolatie van stroplaten, hergebruikt sanitair, het vermijden van niet herbruikbare tapes en folies, demontabele verbindingen en makkelijk losmaakbare opbouwinstallaties. Het bouwexperiment is echter ook geconfronteerd met de uitdagingen van circulair bouwen. Voor hergebruikte materialen mist nog een professionele infrastructuur en bedrijven die dit op grote schaal faciliteren. Daarnaast zijn bouwdelen met biobased producten tot nu toe maar beperkt getest en gecertificeerd, wat de ontwerpmogelijkheden beperkte of waardoor juist projectspecifieke certificering noodzakelijk was.



Fotografie
Andreas Trogisch
Philine Barbe
Christian Schöningh

NL

DAKOPBOUW

	Groendak, dakbedekking
25mm	OSB
160mm	Houten balken (60x160mm), geventileerd
80mm	Houtvezelplaat
360mm	Houtvezel isolatie tussen houten balken (80x360mm)
80mm	CLT

GEVELOPBOUW

40mm	Kalkstuc (gevelbekleding)
360mm	Stro isolatie in HSB element (60x360mm) Strobalen 360x480x800mm
25mm	Leemstuc

VLOEROPBOUW VERDIEPING(EN)

	Vloerafwerking
40mm	Stroplaat
20mm	Akoestische isolatie, houtvezel
60mm	Grindvulling
20mm	Akoestische isolatie, houtvezel
220mm	CLT vloer

VLOEROPBOUW NIEUWE TUSSENVLOER

	Vloerafwerking
40mm	Stroplaat
20mm	Akoestische isolatie, houtvezel
80mm	Grindvulling
230mm	Betonvloer

EN

ROOF

	Green roof, roofing
25mm	OSB
160mm	Timber beams (60x160mm), ventilated
80mm	Wood fibre board
360mm	Wood fibre insulation between timber beams (80x360mm)
80mm	CLT

FACADE

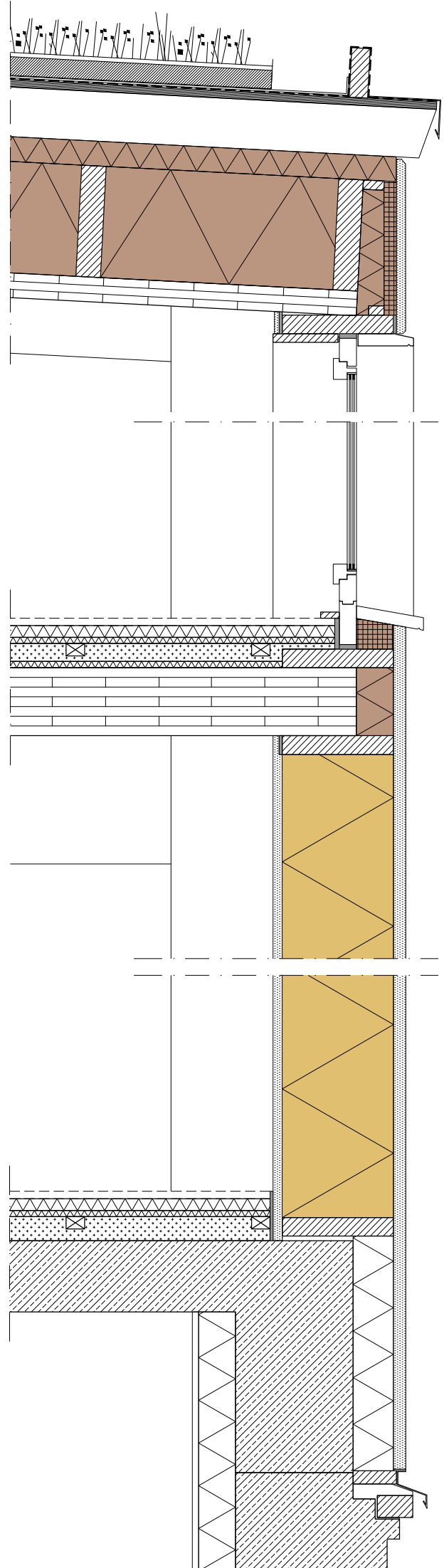
40mm	Lime plaster (cladding)
360mm	Straw insulation in timber frame (60x360mm) Straw bales 360x480x800mm
25mm	Clay plaster

FLOOR UPPER LEVEL(S)

	Floor finishing
40mm	Straw panel
20mm	Acoustic insulation, wood fibre
60mm	Gravel filling
20mm	Acoustic insulation, wood fibre
220mm	CLT floor

FLOOR NEW INTERMEDIATE LEVEL

	Floor finishing
40mm	Straw panel
20mm	Acoustic insulation, wood fibre
80mm	Gravel filling
230mm	Concrete floor









Adres

1 Voie Jules Ferry
88100 Saint-Dié-des-Vosges

Opdrachtgever

Woningcorporatie Le Toit Vosgien

Architect

ASP Architecture

Gerealiseerd

2013

Biobased isolatie

Stro en cellulose

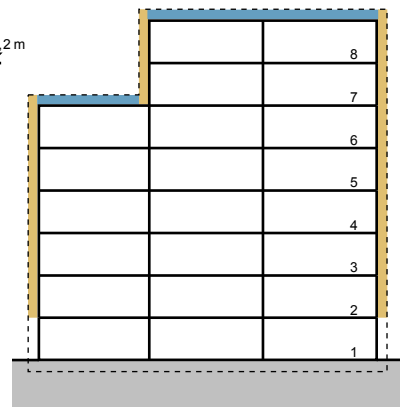
Oppervlak

2.105 m²

Draagconstructie

CLT (wanden en vloeren)
Gelamineerd hout
(kolommen en balken)
Beton (BG vloer en liftschacht)

20.2 m



Met het woongebouw 'Residence Jules Ferry' had de stad Saint-Dié-des-Vosges in 2013 een wereldprimeur: meer dan tien jaar lang heeft het 8-laagse gebouw de titel 'Hoogste met stro-geïsoleerde gebouw' gedragen. In 2024 is er op nog geen kilometer afstand gestart met de bouw van een 11-laags houten gebouw dat ook weer met stro geïsoleerd wordt. Het project wordt ontwikkeld door dezelfde opdrachtgever en architect. 'Residence Jules Ferry' bestaat uit twee blokken: naast het blok van acht lagen is er ook een lager blok van drie lagen. Op stedenbouwkundig niveau zijn de blokken zo ingepast in het stedelijk weefsel dat de woningen optimaal van de zon profiteren. Daarnaast is het volume zo compact mogelijk gehouden. Opdrachtgever en verhuurder is de woningcorporatie 'Le Toit Vosgien'. Deze corporatie richt zich op het realiseren van woningen met een zeer laag energieverbruik en het voorkomen van energie-armoede. Ze willen bewoners comfortabele en gezonde woningen bieden met een lage milieu-voetafdruk. De keuze voor biobased materialen ligt dan voor de hand.

Het gebouw is opgebouwd uit een combinatie van CLT-wanden en een gelamineerde kolom-balkstructuur. De thermische schil bestaat uit prefab elementen gevuld met stro. Het dak is in verband met het gewicht niet met de strodozen geïsoleerd maar voorzien van een 40cm dik cellulosepakket. Vanwege de ligging in een aardbevingsgebied moesten de stro-elementen zelfdragend zijn en tevens stevig aan het binnenblad worden bevestigd. Hiervoor zijn speciale verbindingsmiddelen ontworpen.

De met stro gevulde elementen zijn geprefabriceerd, ongeveer 45cm dik en waterdicht afgewerkt met een dampopen MDF-plaat. Omdat het stro op deze manier beschermd is tegen vocht, was men tijdens de montage minder afhankelijk van de weersomstandigheden. De afmeting van de strobalen werd aangepast op de afmeting van het plaatmateriaal, waardoor het zaagverlies van de platen minimaal was. De prefabricage heeft gezorgd voor een snelle bouwtijd. Doordat de architect en opdrachtgever beide wisten dat het een ingewikkeld proces zou worden, hebben ze het ontwerp zo simpel mogelijk gehouden, van installatietechniek tot de details. Daarnaast is er veel aan het gebouw gerekend. Het mooiste wat ze hiermee bereikt hebben is, volgens

de architect, een energierekening van maar €15,- per maand. De constructie moest conform de Franse wetgeving voldoen aan brandweerstands-klasse REI60. Dit is gehaald door de gehele houtconstructie over te dimensioneren. Vanwege de brandveiligheidsregels is de liftschacht wél uitgevoerd in beton. Met betrekking tot het brandgedrag van stro kon in dit project gebruik gemaakt worden van eerder onderzoek door het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). Ondanks de onderzoeksresultaten is de brandveiligheid van het gebouw ook tijdens de bouw nog in twijfel getrokken. De architect is achteraf blij dat ze hebben volhard. Ze hebben met het gebouw een CO₂ opslag van 1100 ton gerealiseerd. Met een betonnen constructie zou de bouw daarentegen hebben geleid tot een uitstoot van 600 ton CO₂. Dit project was destijds circa 20% duurder dan de standaard. Indien het project nu gerealiseerd zou worden zou het waarschijnlijk 10-15% duurder zijn. Een vergelijking met traditionele gebouwen is lastig zonder rekening te houden met de ecologische impact. Het zeer lage energieverbruik en de 'total cost of ownership' van het hele project moet in ogenschouw worden genomen om een eerlijke vergelijking met reguliere woningbouw te maken.



Fotografie
Arthur Japin
ASP Architecture

NL

DAKOPBOUW

Dakbedekking	
-400mm	Cellulose, ingeblazen in compartimenten
95mm	CLT vloer opgelegd op gelamineerde randbalk

GEVELOPBOUW

180mm	Keramische gevelbekleding op houten achterconstructie
	Waterkerende folie
15mm	Houtvezelplaat (harde persing)
380mm	Stro isolatie in prefab doos
15mm	Houtvezelplaat (harde persing)
160mm	CLT wand

VLOEROPBOUW VERDIEPING(EN)

	Vloerafwerking
100mm	Zwevende cementdekvloer
70mm	Lichtgewicht uitvullaag
140mm	CLT vloer opgelegd op gelamineerde randbalk

VLOEROPBOUW BEGANE GROND

140mm	Zwevende cementdekvloer
30mm	Lichtgewicht uitvullaag
200mm	Betonvloer
140mm	Isolatie, drukvast

EN

ROOF

	Roofing
-400mm	Cellulose, blown into compartments
95mm	CLT floor, resting on laminated beam

FACADE

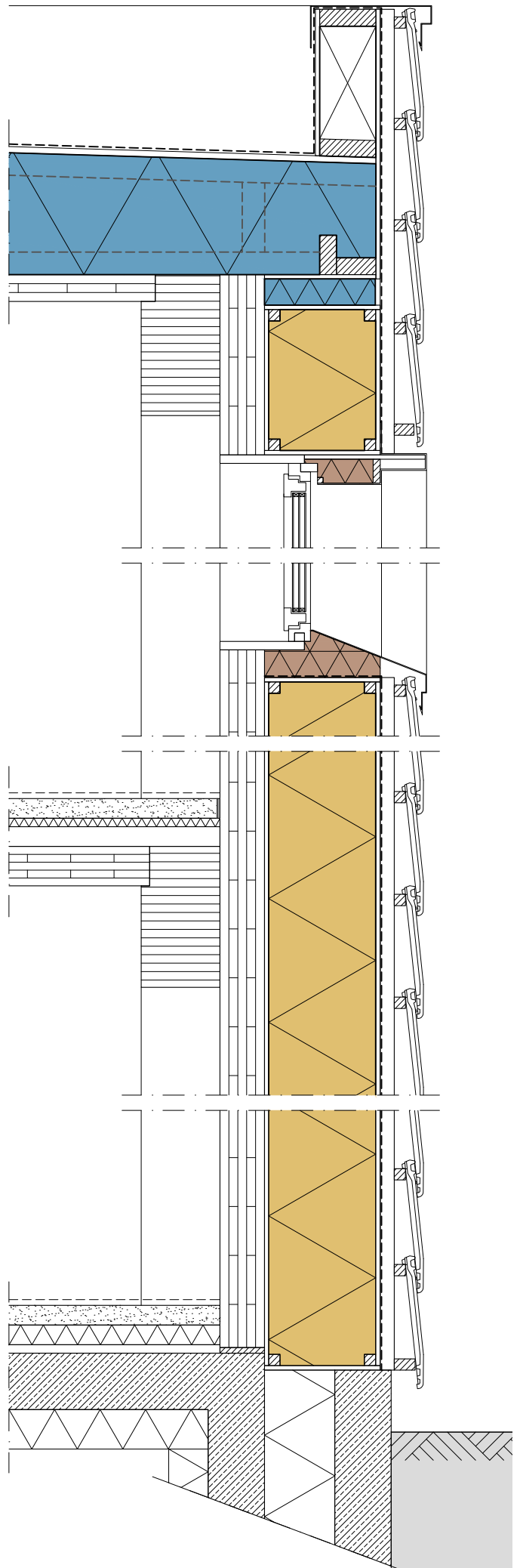
180mm	Ceramic cladding on a wooden substructure
	Water retaining foil
15mm	High-density fiberboard
380mm	Straw insulation in prefabricated box
15mm	High-density fiberboard
160mm	CLT wall

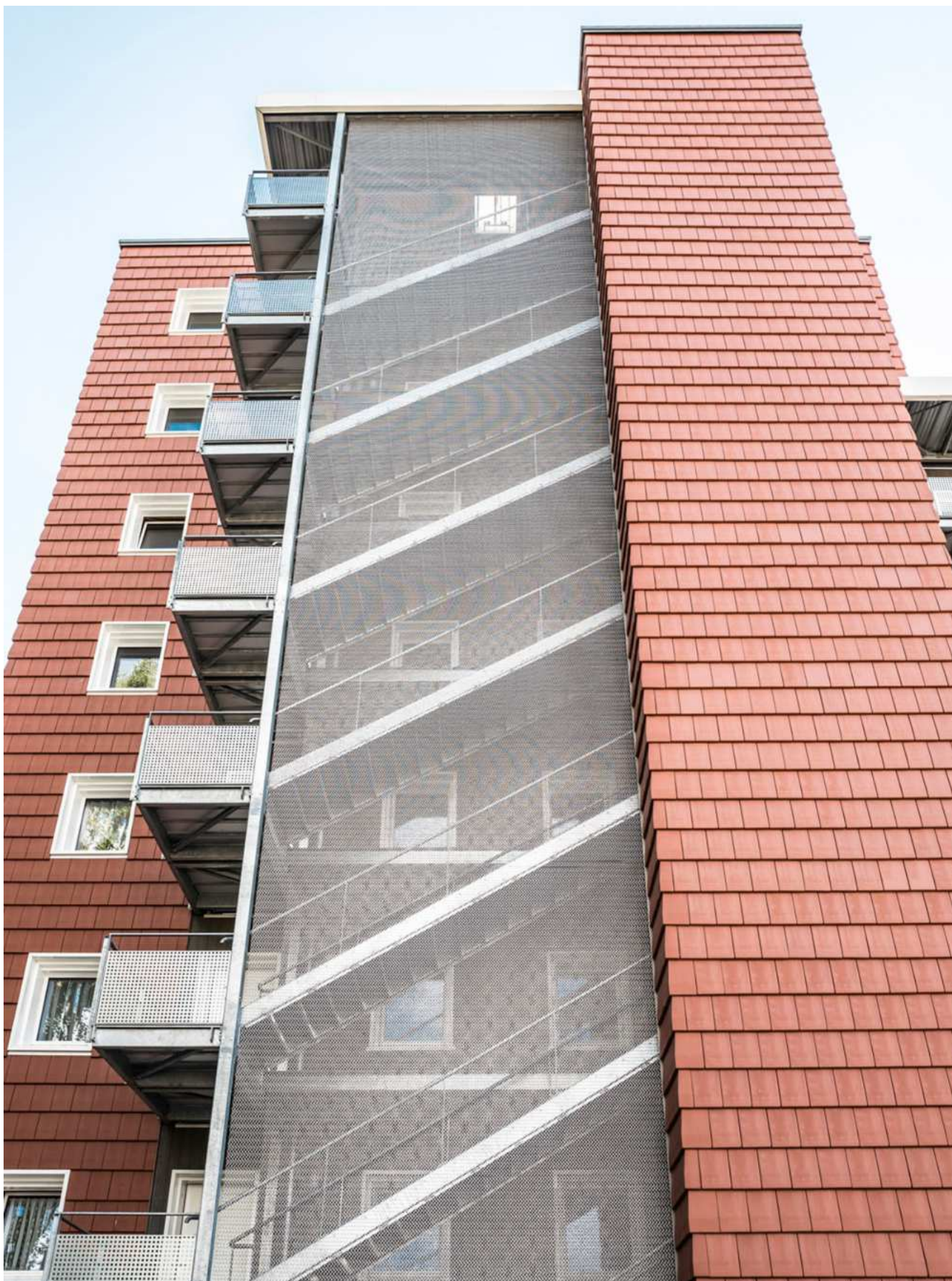
FLOOR UPPER LEVEL(S)

	Floor finishing
100mm	Cement floating screed
70mm	Lightweight filler layer
140mm	CLT floor, resting on laminated beam

FLOOR GROUND LEVEL

140mm	Cement floating screed
30mm	Lightweight filler layer
200mm	Concrete floor
140mm	Insulation, pressure-resistant







**Adres**

28 Rue colonel Pierre Avia
75015 Parijs

Opdrachtgever

Woningcorporatie Paris Habitat

Architect

NZI Architectes

Gerealiseerd

2021

Biobased isolatie

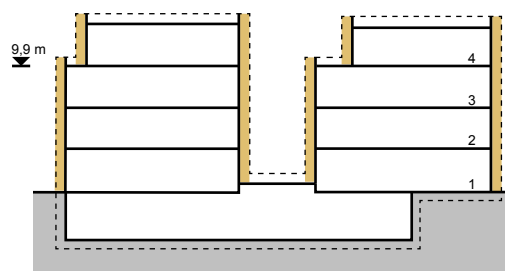
Stro

Oppervlak

3.875 m²

Draagconstructie

Beton
(bestaande constructie)



In Parijs heeft NZI Architectes een kantoorgebouw van 4400m² getransformeerd naar 139 studentenwoningen. Dit project is een prachtig voorbeeld van hoe bestaande gebouwen op een duurzame manier getransformeerd kunnen worden om tegemoet te komen aan de behoefte aan betaalbare woonruimte. Opdrachtgever Paris Habitat is de grootste woningcorporatie van de metropoolregio en biedt huisvesting aan één op de negen Parijzenaren. Het bureau NZI werd als winnaar van de uitgeschreven architectuurprijsvraag gekozen. Hierbij lag de nadruk op duurzaamheid, efficiënt ruimtegebruik en sociale interactie. Voor de transformatie werd het voormalige kantoorpand volledig gestript, alleen de betonconstructie is blijven staan. Om de studentenwoningen te voorzien van voldoende daglicht en ventilatiemogelijkheden is een deel van het volume gesloopt. De nieuwe schil is opgebouwd uit met stro geïsoleerde prefab houtskeletbouwelementen.

De ambitie was om met dit project zowel de materiaalgebonden als de operationele CO₂-emissies significant te verlagen ten opzichte van conventionele bouwmethodes. Stro paste hier, als lokaal en CO₂-negatief isolatiemateriaal, goed bij. Het bureau had al enige ervaring met strobouw en wilde die ervaring inzetten om de toepassing van dit materiaal op te schalen in een binnenstedelijke context. Een bijzondere keuze omdat er in Parijs grote druk staat op de BVO-GO verhoudingen. Doordat het hier om een transformatie gaat was er meer ruimte voor een dikkere wandopbouw.

Er is gekozen voor een prefab bouwmethode omdat dat zorgt voor een efficiënt bouwproces. Bijna 70% van de schil is onder gecontroleerde omstandigheden in een fabriek geproduceerd. Op deze manier heeft het weer (regen) geen invloed op de kwaliteit van de prefab stro-elementen. Het verkorten van de bouwtijd leverde daarnaast ook minder overlast op voor de omwonenden. Het stro is lokaal geogst en al het gebruikte hout komt uit Frankrijk. In dit project kregen de architecten te maken met regelgeving en wettelijke beperkingen die het toepassen van hout en biobased isolatiemateriaal bemoeilijkten. Daarnaast zijn ook in Frankrijk beton- en staalconstructies concurrerende

in vergelijking met hout. Desondanks wint houtbouw aan terrein. De architect geeft aan dat de noodzaak om hout te importeren groot is, aangezien de Franse bossen voornamelijk bestaan uit loofhoutsoorten. Deze sector is minder goed gestructureerd dan die van naaldhout wat een beperkend effect heeft. Met een R-waarde van circa 8 m²K/W voor de 36cm dikke stro-isolatie in de wanden voldoet het gebouw ruimschoots aan de regelgeving.

De lage energiekosten en het prettige binnenklimaat zorgen voor zeer comfortabele studentenwoningen. Naast thermische isolatie biedt stro ook goede geluidsisolatie. Niet onbelangrijk gezien de stedelijke context van het project. Na de ingebruikname blijken de thermische prestaties zó goed te zijn dat er weinig behoefte is aan verwarming en koeling.

Hout en stro staan bekend om hun positieve invloed op de kwaliteit van het binnenklimaat. Om dit aan te tonen is er grote behoefte aan monitoring. Wetenschappelijke gegevens zijn namelijk niet ruimschoots voorhanden. De architecten geven aan dat er een prijs zou moeten worden bepaald om het CO₂ op de lange termijn in de 'totale kosten' te kunnen vergelijken met die van een conventionele constructie, om een eerlijker beeld van de werkelijke kosten te laten zien.



Fotografie
Juan Sepulveda Grazioli
Alexis Toureau

NL

DAKOPBOUW

	Groendak, dakbedekking
150mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
	Dampdoorlatende folie
120mm	Staalplaatbetonvloer (bestaand)
13mm	Gipsplaat (verlaagd plafond)

GEVELOPBOUW

20mm	Massief houten gevelbekleding
80mm	Bevestigingsbeugels / geventileerde spouw
	Waterkerende folie
22mm	OSB
370mm	Stro isolatie in HSB element
13mm	Gipsvezelplaat
	Dampdoorlatende folie
45mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
18mm	Gipsplaat

VLOEROPBOUW TUSSENVLOER

	Vloerafwerking
200mm	Betonvloer (bestaand)
140mm	Niet-biobased isolatiemateriaal

VLOEROPBOUW BEGANE GROND

	Vloerafwerking
200mm	Betonvloer (bestaand)
13mm	Gipsplaat (verlaagd plafond)

EN

ROOF

	Green roof, roofing
150mm	Non-biobased insulation material
	Vapour permeable foil
120mm	Composite floor (steel-concrete, existing)
13mm	Plasterboard (suspended ceiling)

FACADE

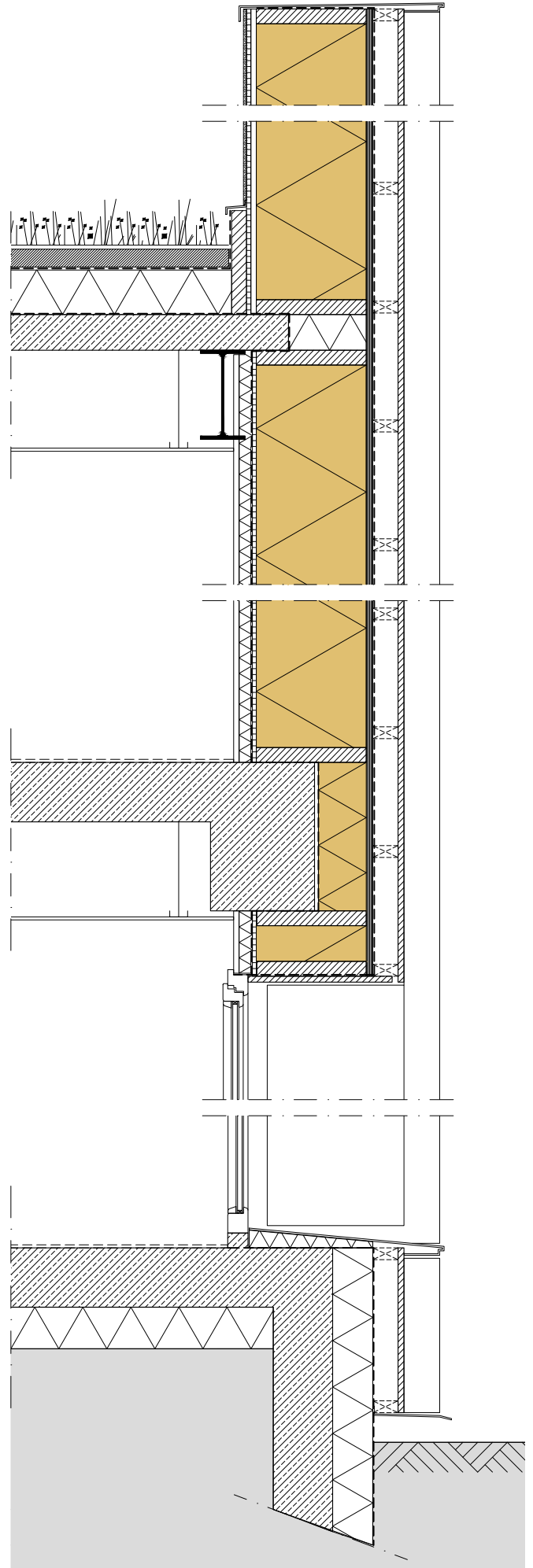
20mm	Solid wood cladding
80mm	Fixing bracket / air cavity
	Water retaining foil
22mm	OSB
370mm	Straw insulation in timber frame
13mm	Gypsum fibre board
	Vapour permeable foil
45mm	Non-biobased insulation material
18mm	Plasterboard

FLOOR UPPER LEVEL(S)

	Floor finishing
200mm	Concrete floor
140mm	Plasterboard (suspended ceiling)

FLOOR GROUND LEVEL

	Floor finishing
200mm	Concrete floor (existing)
140mm	Non-biobased insulation material









Adres

Jean-Hotz-Strasse 4-8
8606 Nänikon

Opdrachtgever

Investeringsmaatschappij Bombasei AG

Architect

Atelier Schmidt GmbH

Gerealiseerd

2020

Biobased isolatie

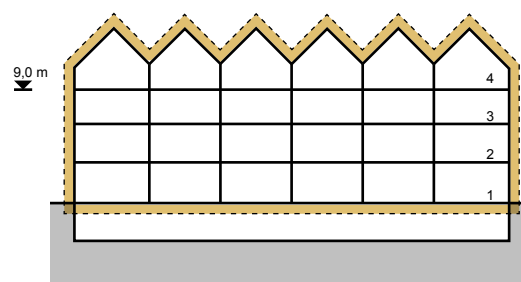
Stro

Oppervlak

4.920 m²

Draagconstructie

CLT (wanden en vloeren)
Beton (kelder)



In het dorpje Nänikon vlakbij Zürich is het eerste met stro geïsoleerde wooncomplex van Zwitserland gerealiseerd. Het gaat om 11 koop- en 11 huurappartementen plus 6 rijtjeshuizen. De gehele thermische schil, van vloer tot dak, is geïsoleerd met een dik pakket van 75cm stro. Op het terrein stond vroeger een zoetwarenfabriek van familiebedrijf Bombasei. Na fabriekssluiting vatte de eigenares het plan op, om een project te realiseren waarop ook haar kleinkinderen nog trots kunnen zijn: sociaal gemengd en op ecologische wijze gebouwd. Atelier Schmidt is zonder twijfel een van de belangrijkste pioniers in het bouwen met stro. Het bureau heeft in de afgelopen 20 jaar ruim 60 gebouwen met stro gerealiseerd. Vaak zijn de strobalen constructief dragend gebruikt. Het ontwerp van Atelier Schmidt werd als meest ecologische én economische oplossing uit drie inzendingen gekozen. Het gehele project is uitgevoerd met prefab modules van CLT. Deze modules werden zo veel mogelijk fabrieksmatig afgebouwd, inclusief stro-isolatie, elektrische installaties, dekvloer en stucwerk.

Oorspronkelijk wilde de architect een dragende strobalenconstructie toepassen maar technische testen en certificeringen zouden te veel tijd hebben gekost. De keuze voor modulaire bouw met maximale prefabricage maakte het ook mogelijk om het bouwproces te optimaliseren en de bouwtijd te verkorten. De woningen werden 16 maanden na sloop van het fabrieksgebouw opgeleverd. Dit leverde de opdrachtgever een financieel voordeel op doordat de woningen eerder verhuurd en verkocht konden worden.

Voor het houtbouwbedrijf Zaugg AG Rohrbach was dit het eerste project met stro. Door middel van een 1:1 mock-up hebben zij het inbouwen van de strobalen getest en geoptimaliseerd. Het hoge gewicht van de modules was een uitdaging. De ervaring van Zaugg op gebied van logistiek en kraanwerk was van groot belang voor het slagen van dit project. Draagconstructie en buitenwanden zijn volgens de Zwitserse regelgeving met een brandwerendheid van REI60 uitgevoerd. Geteste standaarddetails met houtvezelisolatie van de Zwitserse houtbranchevereniging konden, samen met eerdere tests van het brandgedrag van stro, als referentiedetails gebruikt worden. Er waren geen speciale testen voor dit project nodig. De stro-isolatie wordt per verdieping onderbroken door toepassing van

een niet brandbaar isolatiemateriaal (steenwol) ter hoogte van de tussenvloer. De gevelafwerking van kalkstuc is niet brandbaar. Met een Rc-waarde van circa 15 m² K/W voor wanden, dak en begane grondvloer overtreft het gebouw ruim de passiefhuis-standaard. Hierdoor is de energiebehoefte in de winter – ook zonder mechanische ventilatie met warmteterugwinning – zeer laag en zijn de binnentemperaturen over het hele jaar comfortabel. De afwerkingen binnen zijn vochtregulerend: natuurlijk larkshout, kalkstuc en onbeklede CLT-plafonds. Er wordt natuurlijk geventileerd via de ramen. Bewoners krijgen bij intrek een hygrometer cadeau en weten dat ze bij meer dan 60% relatieve luchtvochtigheid het raam moeten openen. Ook krijgen ze een catalogus die aangeeft welke behandelingen van de binnenoppervlaktes wel en niet mogelijk zijn. De dikte van de buitenwanden is gebruikt voor vensternissen en inbouwkasten. Het buitenstucwerk is ruw uitgevoerd en is direct op het stro aangebracht zonder extra plaatmateriaal. Oneffenheden in de ondergrond worden benadrukt in plaats van weggewerkt. De modulaire maat is duidelijk afleesbaar in de gevel. Stro in het dak is mogelijk door de geventileerde, schuine dakvorm. Bombasei is een radicaal ecologisch project dat laat zien wat er met moderne strobouw mogelijk is.



Fotografie
Beat Brechbühl
Damian Poffet

NL

DAKOPBOUW

	Geïntegreerd PV systeem
100mm	Horizontaal en verticaal regelwerk
	Waterkerende folie (hittebestendig)
16mm	Houtvezelplaat
760mm	Stro isolatie
	Gelamineerde houten liggers (80x760mm)

GEVELOPBOUW

30mm	Kalkstuc (zichtwerk)
750mm	Stro isolatie tussen CLT elementen (80x750mm)
120mm	CLT wand
15mm	Gipsvezelplaat
15mm	Putkalkstuc

VLOEROPBOUW VERDIEPING(EN)

	Vloerafwerking
105mm	Zwevende cementdekvloer
90mm	Split
220mm	CLT vloer

VLOEROPBOUW BEGANE GROND

	Vloerafwerking
115mm	Zwevende cementdekvloer
60mm	CLT element
750mm	Stro isolatie tussen gelamineerde houten liggers (80x750mm)
27mm	Massief houten plaat
30mm	Dubbele gipsvezelplaat

EN

ROOF

	Integrated PV system
100mm	Substructure
	Water retaining foil (heat resistant)
16mm	Wood fibre board
760mm	Straw insulation between laminated timber beams (80x760mm)

FACADE

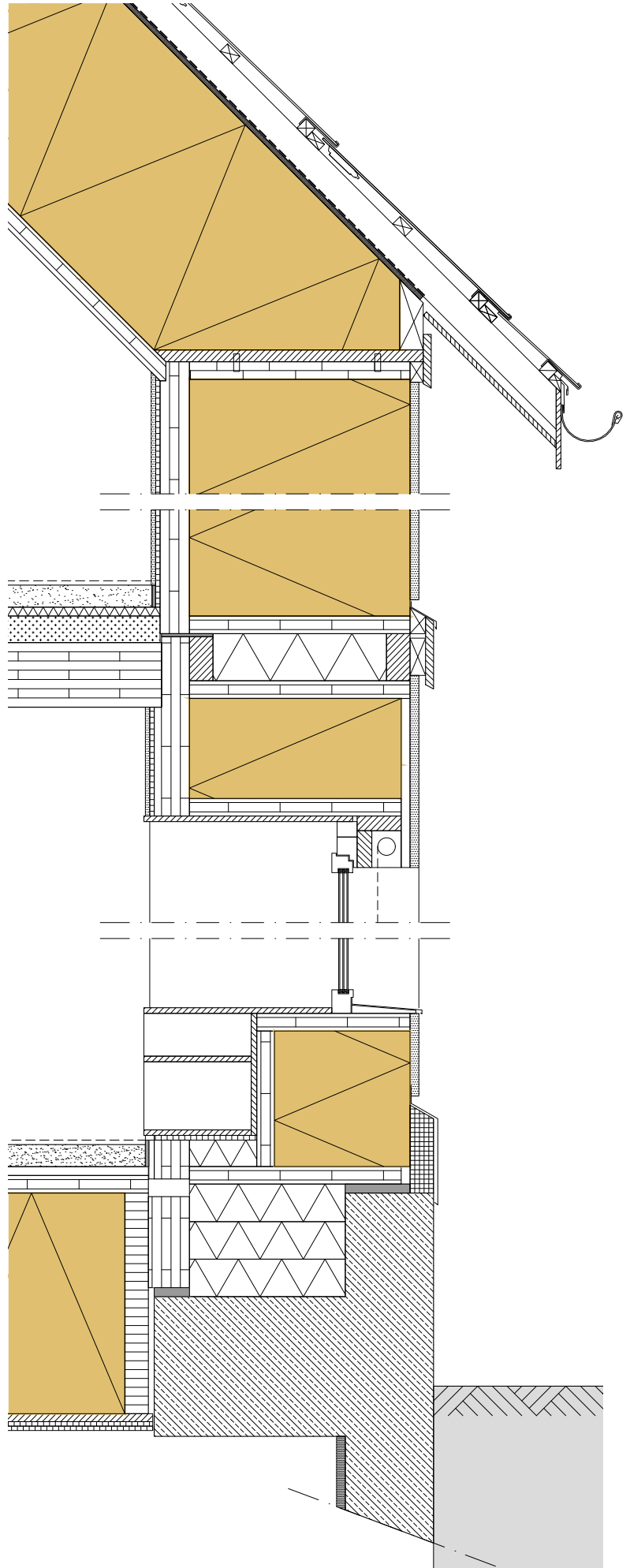
30mm	Lime plaster (cladding)
750mm	Straw insulation between CLT elements (80x750mm)
120mm	CLT wall
15mm	Gypsum fibre board
15mm	Lime plaster

FLOOR UPPER LEVEL(S)

	Floor finishing
115mm	Floating cement screed
90mm	Split
220mm	CLT floor

FLOOR GROUND LEVEL

	Floor finishing
115mm	Floating cement screed
60mm	CLT element
750mm	Straw insulation between laminated timber beams (80x750mm)
27mm	Solid wood panel
30mm	Double gypsum fibre board









Adres

81 Rue de Bellevue
92100 Boulogne-Billancourt

Opdrachtgever

Woningcorporatie Immobilière 3F

Architect

North by Northwest Architectes

Gerealiseerd

2021

Biobased isolatie

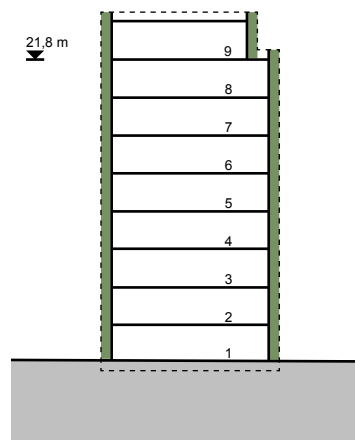
Kalkhennep

Oppervlak

790 m²

Draagconstructie

Beton
(wanden en vloeren)



In Boulogne-Billancourt, vlakbij Parijs, staat het hoogste met kalkhennep geïsoleerde gebouw van Europa. Het gebouw telt negen lagen, is 25 meter hoog en huisvest 15 sociale huurwoningen. De opdrachtgever, woningcorporatie Immobilière 3F, staat bekend om hun kwalitatief hoogwaardige en duurzame woningen. De corporatie koos bewust voor kalkhennep. Dit vanuit de overtuiging dat organisaties die gefinancierd worden met publieke middelen een leidende rol moeten spelen in duurzame bouwinnovaties. Het architectuurbureau North by Northwest had al eerder ervaring met kalkhennep opgedaan bij een kleiner project in Parijs. Het gebouw staat op een kleine kavel, ingeklemd tussen twee gebouwen uit de jaren '80. Het innovatieve project in Boulogne-Billancourt is het resultaat van een nauwe en constante samenwerking tussen de architecten van North By Northwest en de ingenieurs van LM Ingénieur, die ook ruime ervaring met kalkhennep hebben. Voor de hoofdconstructie is uit kostenoverwegingen voor beton gekozen.

De niet-dragende, geprefabriceerde gevelelementen zijn opgebouwd uit houten stijlen en regels (houtskeletbouw) met een gipsvezelplaat aan de binnenzijde die de wand zijn sterkte geeft. Hierop is ter plaatse de natte kalkhennepmix gespoten. Het voordeel van de gespoten methode is dat er relatief veel lucht tussen de vezels zit, wat zorgt voor een betere isolatiewaarde. De kalkhennep moest twee maanden drogen. Tijdens de droogtijd werden andere werkzaamheden voortgezet. Er kon worden volstaan met een gevelpakket van slechts 26 cm doordat het gebouw ingeklemd ligt tussen twee andere gebouwen en men in Frankrijk niet rekent met een minimale Rc-waarde maar met een maximaal energieverbruik per woning.

De geveleden zijn afgewerkt met kalkstuc en combineert technisch perfect als afwerking van de kalkhennep. De kalkafwerking aan de buitenzijde zorgt voor de winddichtheid. De binnenzijde is afgewerkt met een dampopen verf. Bewoners worden door de verhuurder over het belang hiervan geïnformeerd. Toen dit project werd gebouwd stonden de technische richtlijnen voor kalkhennep het niet toe hoger dan drie lagen te bouwen. Inmiddels is dit tot 8 bouwlagen mogelijk! Door intensief overleg met de betrokken instanties is er

uiteindelijk voor gekozen om het gebouw onder te verdelen in drie gestapelde brandcompartimenten van elk drie verdiepingen. Belangrijk voor de goedkeuring was dat kalkhennep nauwelijks aan de brandvoortplanting bijdraagt en er bij rookontwikkeling geen giftige stoffen vrijkomen. De niet-dragende gevelelementen hebben een brandwerendheid van EI240. Volgens de architect zorgen de hygrothermische eigenschappen (karakteristieken die bepalen hoe vocht en warmte zich door de kalkhennepwand zullen verplaatsen) er ook voor dat de warmtevraag minder is dan bij reguliere isolatiematerialen. Dit is een effect dat tot nu toe nog niet wordt meegewogen in regelgeving. Door een langdurige thermische efficiëntie (ca. 100 jaar), wordt vermeden dat de opdrachtgever, en tevens eigenaar/verhuurder, op termijn weer moet investeren in nieuwe isolatie. Pionieren is tijdrovend. De architect benadrukt hoe belangrijk het bij een dergelijk project is dat alle partijen zich volledig inzetten om oplossingen te vinden voor de problemen die zich tijdens het ontwerp- en bouwproces voordoen. De architecten zijn echter zó overtuigd van de voordelen van kalkhennep dat ze het materiaal bij een nieuw en groter project voor 130 woningen in Ferney-Voltaire (vlakbij Genève) wederom willen toepassen.



Fotografie
Cécile Septet
NXNW Architectes

NL

DAKOPBOUW

	Dakbedekking
160mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
	Waterkerende folie
200mm	Betonvloer

GEVELOPBOUW

20mm	Kalkmortel (gevelbekleding)
260mm	Kalkhennep isolatie (gespoten in / op houten kader)
15mm	Gipsvezelplaat

VLOEROPBOUW VERDIEPING(EN)

	Vloerafwerking
50mm	Cementdekvloer
200mm	Betonvloer

VLOEROPBOUW BEGANE GROND

	Vloerafwerking
150mm	Zwevende cementdekvloer
	Waterkerende folie
200mm	Betonvloer

EN

ROOF

	Roofing
160mm	Non-biobased insulation material
	Waterproof membrane
200mm	Concrete floor

FACADE

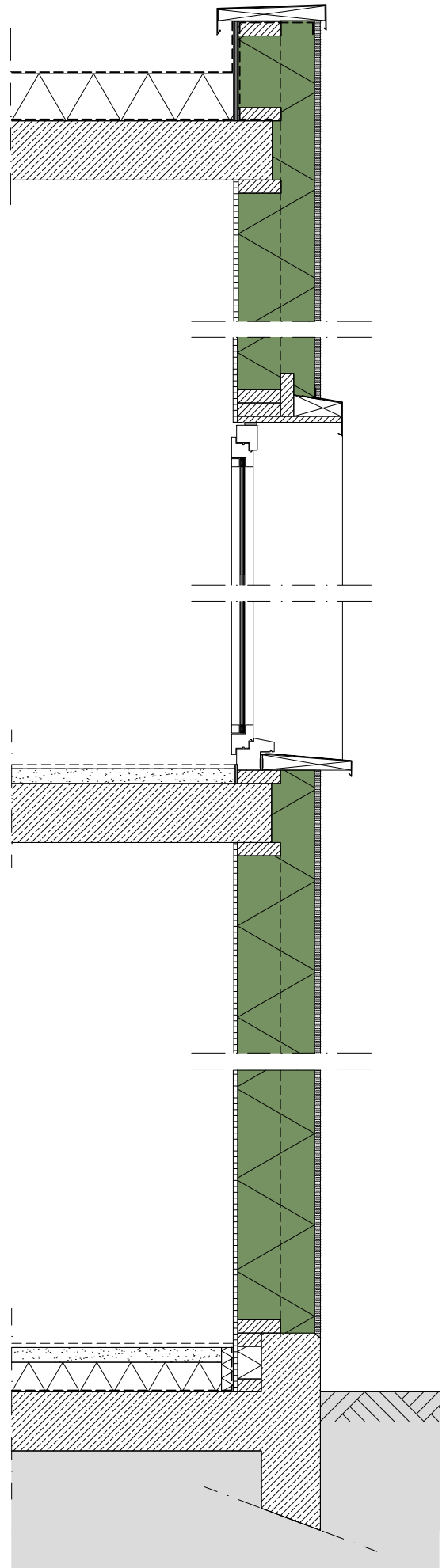
20mm	Lime render
260mm	Hempcrete insulation (sprayed on / into timber frame)
15mm	Gypsum fibre board

FLOOR UPPER LEVEL(S)

	Floor finishing
50mm	Cement screed
200mm	Concrete floor

FLOOR GROUND LEVEL

	Floor finishing
150mm	Floating cement screed
	Waterproof membrane
200mm	Concrete floor









Adres

Rue Suzanne Lacore
44000 Nantes

Opdrachtgever

Ontwikkelaar Tolefi Promotions

Architect

Badia Berger Architectes

Gerealiseerd

2024

Biobased isolatie

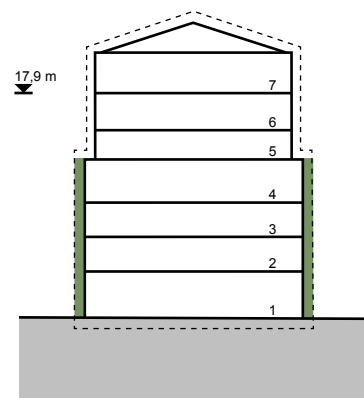
Kalkhennep

Oppervlak

3.700 m²

Draagconstructie

Beton
(wanden en vloeren)



Nantes is een Noord-Franse havenstad en een industrieel centrum voor het Loiregebied. Het project van Badia Berger Architectes is onderdeel van stadsontwikkeling 'Caserne Mellinet', de transformatie van 13,5 hectare kazerneterrein tot 1700 woningen en voorzieningen in 2030. 'Nantes Métropole Aménagement' begeleidt de hele transformatie tot aan 2030 vanuit de lokale overheid. De gemeente heeft hoge ambities gesteld voor het masterplan, en stimuleert het gebruik van verschillende biobased (isolatie)materialen. De wijk wordt gezien als laboratorium voor nieuwe bouwtechnieken. Als onderdeel van de inschrijving voor de ontwerpcompetitie vormde Badia Berger een team met ontwikkelaar Tolefi Promotion. Voor zowel de opdrachtgever als de architect was bouwen met kalkhennep nieuw. Met name de schaa sprong naar 51 woningen (7 verdiepingen) vormde voor het team de grootste uitdaging. Adviseur LM Ingénieur werd als ervaren partner voor kalkhennep projecten onderdeel van het team.

Door de stijgende bouwkosten is ervoor gekozen de gehele constructie in beton uit te voeren. De prefab houtskeletbouwelementen zijn voorzien van een gipsvezelplaat waarop het kalkhennep is aangebracht. Het kalkhennep is vervolgens afgewerkt met een basislaag kalkstuc aan de buitenzijde.

Er is bijzonder veel overleg geweest met het bevoegd gezag vanwege de innovatieve bouwmethode. Doordat er weinig ervaring was met kalkhenneprojecten van deze omvang bleven er zich onvoorziene problemen voordoen. Hierdoor verliep de samenwerking steeds moeizamer. De architect geeft aan dat het een bijzonder ingewikkeld proces is geweest voor alle betrokken partijen. Hij ziet het zelf als leerschool: de RE2020, die maximale waardes voor de materiaalgebonden CO₂-emissies in Frankrijk definieert, wordt naar verwachting in de komende jaren flink aangescherpt. De rekenmethode van de RE2020 werkt in het voordeel van biobased materialen, omdat een deel van de biogene CO₂-opslag (40%) ook na levenseinde als CO₂-negatief getal in de LCA blijft.

De ATEX-procedure (Appréciation Technique d'Expérimentation) is één van de manieren om toestemming te krijgen voor het toepassen van nieuwe bouwtechnieken. In dit project was men bang voor te veel vocht in de gevel,

wat schade zou kunnen toebrengen aan de houten elementen. Om de gekozen oplossing goedgekeurd te krijgen heeft LM Ingénieur specifieke testen laten uitvoeren, gericht op het klimaat in Nantes. Voor wat betreft de brandwerendheid konden de architecten gebruik maken van de resultaten van een brandtest (Lepir 2), die in 2021 werd uitgevoerd door de kalkhennepsector (Construire en chanvre, NDLR, Cerib). Het doel hiervan was met name om te onderzoeken of de brand zich niet verspreidde via de verbinding tussen de gevel en de verdiepingvloer. Omdat de controlerende instantie ermee instemde af te wijken van de regelgeving was een ATEX-procedure hier niet nodig.

Toen Badia Berger in 2020 de competitie won was het volgens de technische richtlijnen voor kalkhennep nog niet toegestaan om hiermee meer dan drie lagen hoog te bouwen. De bovenste 3 bouwlagen zijn daarom met een ander (niet-biobased) materiaal geïsoleerd. Inmiddels mogen er ook hogere gebouwen, tot acht lagen, in kalkhennep gerealiseerd worden. Badia Berger wil zich voor toekomstige projecten toeleggen op kalkhennep blokken. De blokken worden kant en klaar op de bouwplaats aangeleverd en worden daar verwerkt zoals metselwerk, echter – net als andere kalkhennep toepassingen – zonder dragende functie.



Fotografie
Badia Berger Architectes
Renderings: Lotoarchilab

NL

DAKOPBOUW

	Houten terrasvloer op dragers
	Dakbedekking
120mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
	Dampremmende laag
200mm	Betonvloer

GEVELOPBOUW

20mm	Kalkmortel (gevelbekleding)
300mm	Kalkhennep in prefab houten kader (45x120mm)
18mm	Gipsvezelplaat
125mm	Installatiewand

VLOEROPBOUW TUSSENVLOER

	Vloerafwerking
220mm	Betonvloer

VLOEROPBOUW, BEGANE GROND

	Vloerafwerking
90mm	Zwevende dekvloer
230mm	Betonvloer
	Akoestisch spuitwerk

EN

ROOF

	Wooden terrace floor on pedestals
	Roofing
120mm	Non-biobased insulation material
	Vapour permeable foil
200mm	Concrete floor

FACADE

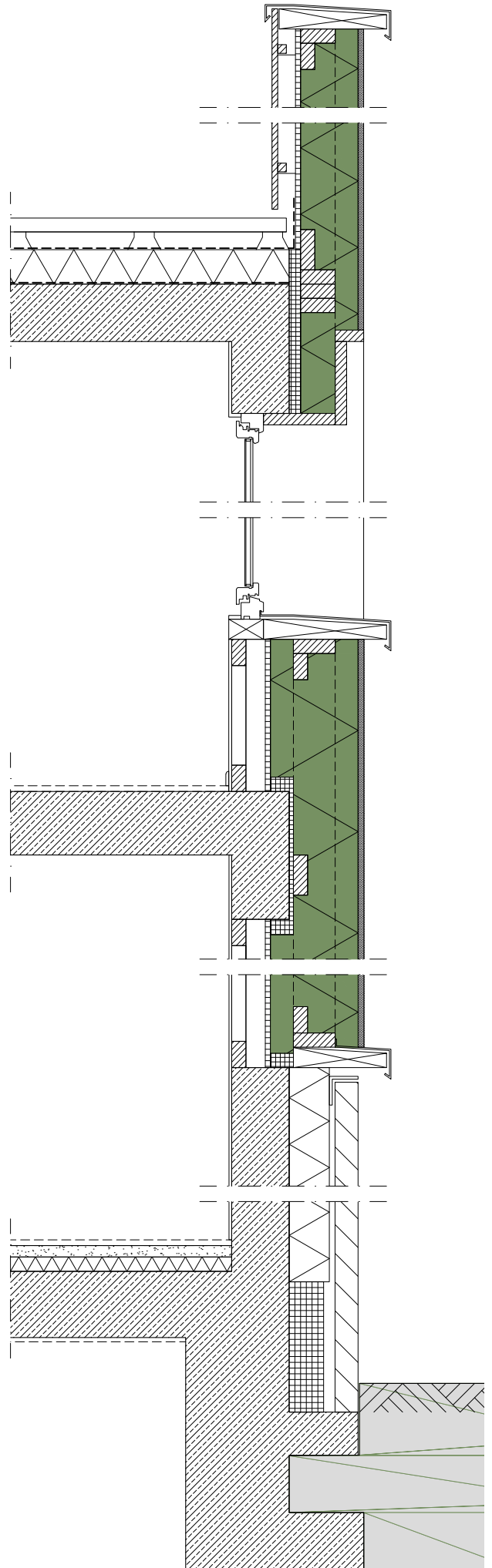
20mm	Lime mortar (cladding)
300mm	Hempcrete in prefab timber frame (45x120mm)
18mm	Gypsum fibre board
125mm	Installation wall

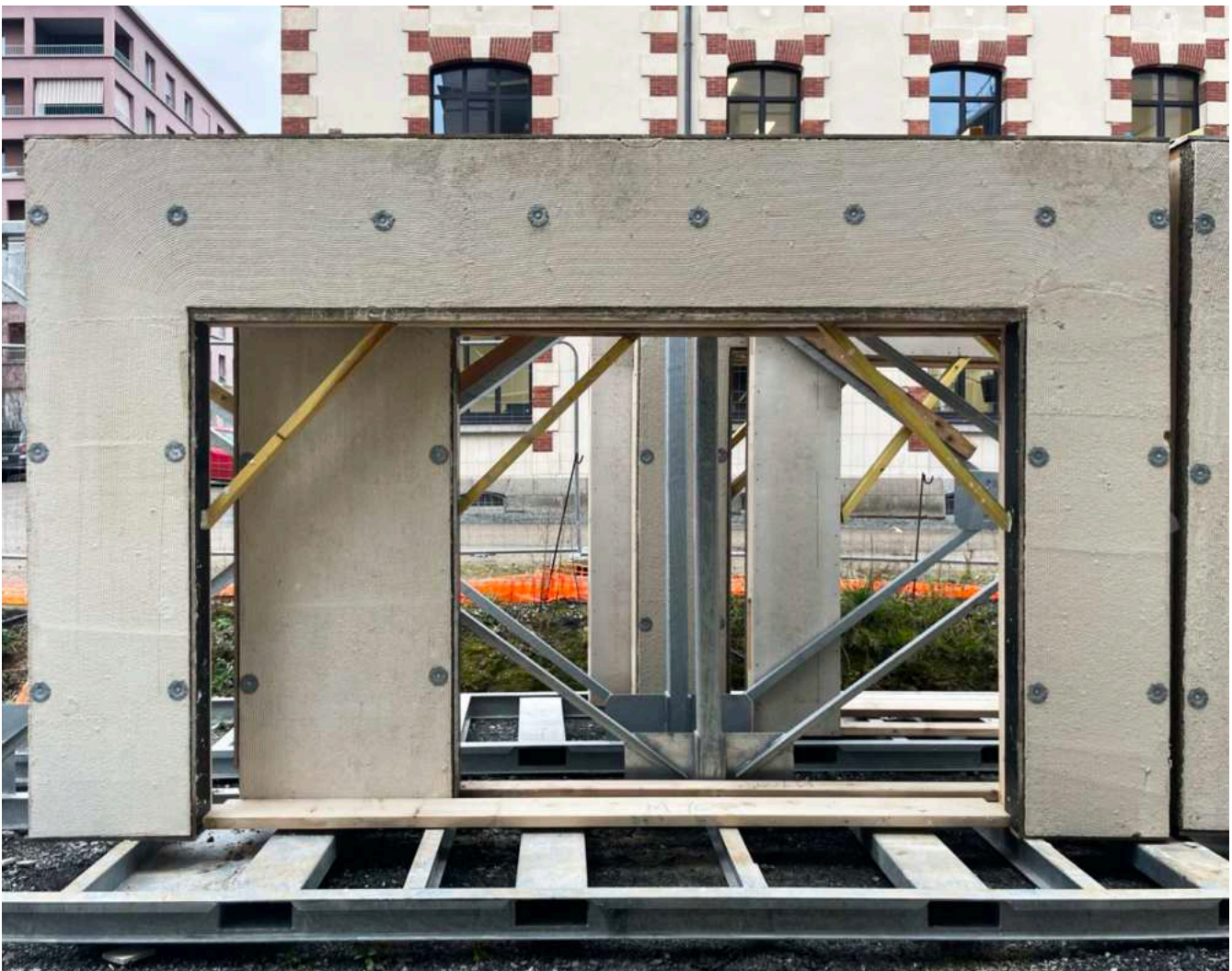
FLOOR UPPER LEVEL(S)

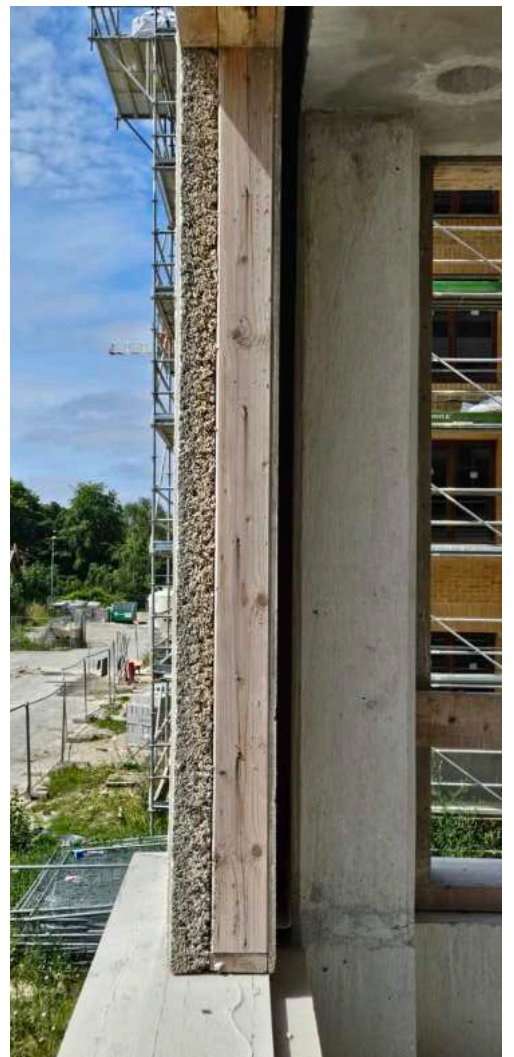
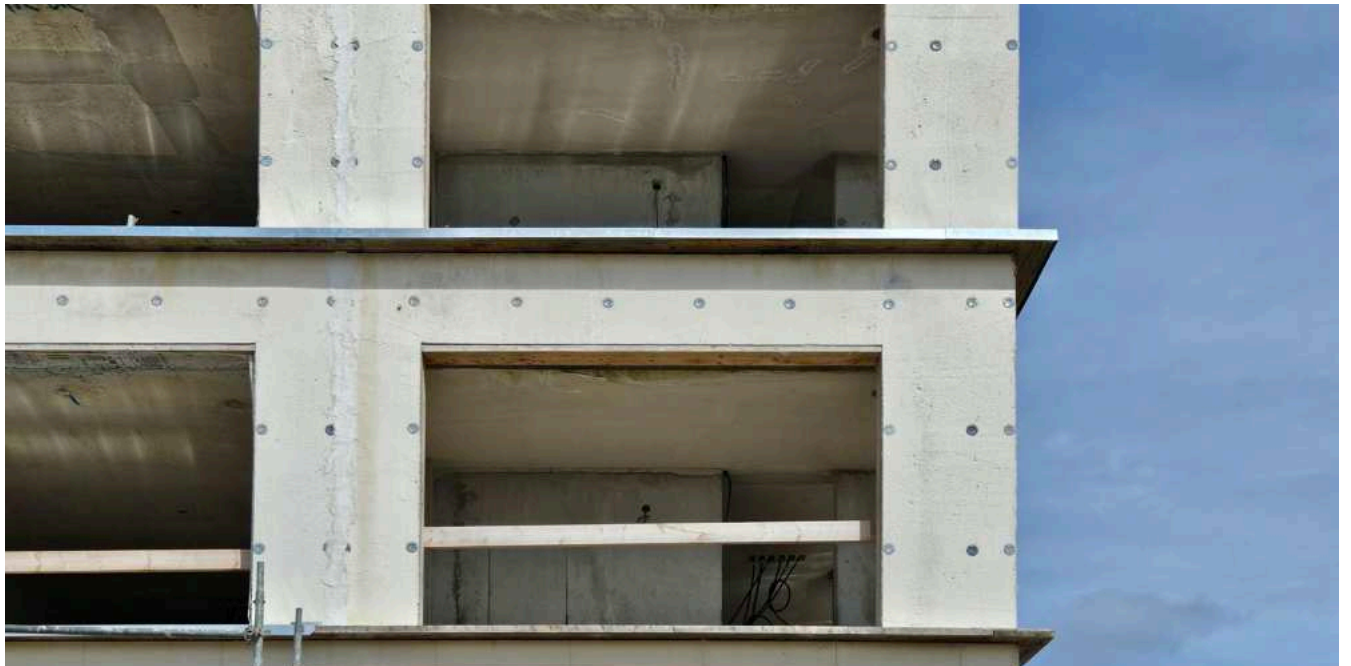
220mm	Concrete floor
-------	----------------

FLOOR GROUND LEVEL

	Floor finishing
90mm	Floating cement screed
230mm	Concrete floor
	Acoustic insulation







**Adres**

62 Rue Oberkampf
75011 Parijs

Opdrachtgever

Woningcorporatie RIVP

Architect

Barrault Pressacco

Gerealiseerd

2017

Biobased isolatie

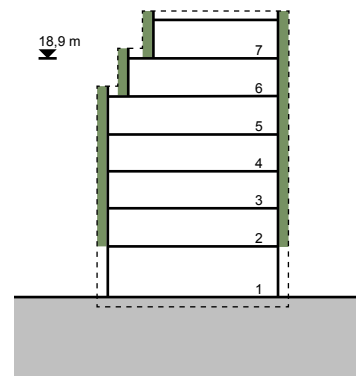
Kalkhennep

Oppervlak

1.220 m²

Draagconstructie

Natuursteen (gevels)
Staal (kolommen en balken)
CLT (vloeren)
Beton (gevel plint en BG vloer)



Het straatbeeld van Rue Oberkampf in het 11e arrondissement van Parijs wordt gedomineerd door natuurstenen gevels, typisch voor de 19e-eeuwse gebouwen uit het Haussmann tijdperk. Het nieuwbouwproject met 17 sociale huurwoningen en een winkel zet deze bouwtraditie op een hedendaagse manier voort en combineert het low-carbon materiaal natuursteen met biobased isolatie van kalkhennep. Opdrachtgever RIVP is een van de grootste woningbouwcorporaties van Parijs en een pionier in CO₂-arm bouwen. Voor architectenbureau Barrault Pressacco was 'Oberkampf' het eerste bouwproject met natuursteen en kalkhennep. Deze twee materialen worden sindsdien door het bureau vaker in de praktijk toegepast en theoretisch onderzocht. Opmerkelijk is dat de gestapelde gevelblokken van Brétignac kalksteen, gewonnen in het zuidwesten van Frankrijk, ook een dragende functie hebben. Naast de natuursteengevel bestaat de hoofdconstructie uit stalen frames binnen de appartementen, CLT-vloeren en in de plint een betonnen gevel.

Simpele statische berekeningen, zoals de Rc-waarde, voldoen niet om het thermisch gedrag van de wand te kunnen beoordelen. Het bureau LM Ingenieurs, adviseur voor bouwfysica en constructie én expert in kalkhennepbouw, heeft een gebouwspecifieke berekening opgesteld waarin alle aspecten die het gedrag beïnvloeden zijn meegenomen. Door een minimalisatie van koudebruggen (de CLT-vloer werkt hierin gunstig) kon binnen de Franse regelgeving worden volstaan met maar 10cm kalkhennep binnenisolatie op de 30-35cm dikke kalksteenmuur. De kalkhennep isolatie is op de bouwplaats vanuit de binnenkant direct op de kalksteenblokken gespoten en na uitharding met kalkstuc afgewerkt. Om te waarborgen dat het kalkstuc binnen onbehandeld blijft en zijn vochtregulerende en dampopen eigenschappen behoudt, krijgen alle bewoners bij intrek een gebruikershandleiding. De brandwerendheid van de gevel en de overige draagconstructie bedraagt in overeenstemming met de Franse regelgeving 60min. Er waren geen speciale testen of nieuwe technische procedures voor de gevelopbouw nodig.

De wandopbouw is bijzonder te noemen omdat deze bestaat uit slechts drie, allemaal op kalk gebaseerde componenten: kalksteen,

kalkhennep en kalkstuc. Dit is een voor de huidige bouwpraktijk ongewoon eenvoudige opbouw - zonder folies, beplating of luchtspouw. De drie componenten vormen samen één geheel met bijzondere hygrothermische eigenschappen. De wand is dampopen. Kalkstuc en kalkhennep zijn vochtregulerend: ze hebben het vermogen om waterdamp tijdelijk te bufferen en hebben zo een positief effect op het binnenklimaat. Energiewinsten door zoninstraling op de gevel verlagen de transmissieverliezen in de winter, terwijl de hoge soortelijke massa van de kalksteen voor een lange faseverschuiving zorgt en de kans op oververhitting in de zomer vermindert.

Interessant genoeg komt de gekozen bouwmethode voor de gevel overeen met kalkhennep renovatietechnieken voor historische gebouwen. Ook qua vormgeving refereert het ontwerp duidelijk aan historische voorbeelden, zonder historiserend te zijn. De gevel heeft een zeer hoog detailleringsniveau, dat niet doet vermoeden dat het hier om sociale woningbouw gaat. Met zijn herinterpretatie van de Parijse bouwtraditie staat dit gebouw aan het begin van een natuursteen renaissance in de Franse hoofdstad. Kalkhennep is daarin de perfecte counterpart van de dragende kalksteen gevel.



Fotografie
Giaime Meloni
Barrault Pressacco

NL

DAKOPBOUW

	Ballastlaag grind
	Dakbedekking
200mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
180mm	CLT vloer

GEVELOPBOUW

300mm	Hardsteen gevel (dragend)
100mm	Kalkhennep, voorzien van kalkmortel

VLOEROPBOUW, TUSSENVLOER

	Vloerafwerking
110mm	Zwevende dekvloer
70mm	Zandcementvloer tbv akoestiek
180mm	CLT vloer, opgelegd op stalen hoeklijnen
	Houtvezelplaat (systeemplafond)

VLOEROPBOUW, BEGANE GROND

	Vloerafwerking
80mm	Dekvloer
150mm	Betonvloer

EN

ROOF

	Gravel ballast
	Roofing
200mm	Non-biobased insulation material
180mm	CLT floor

FACADE

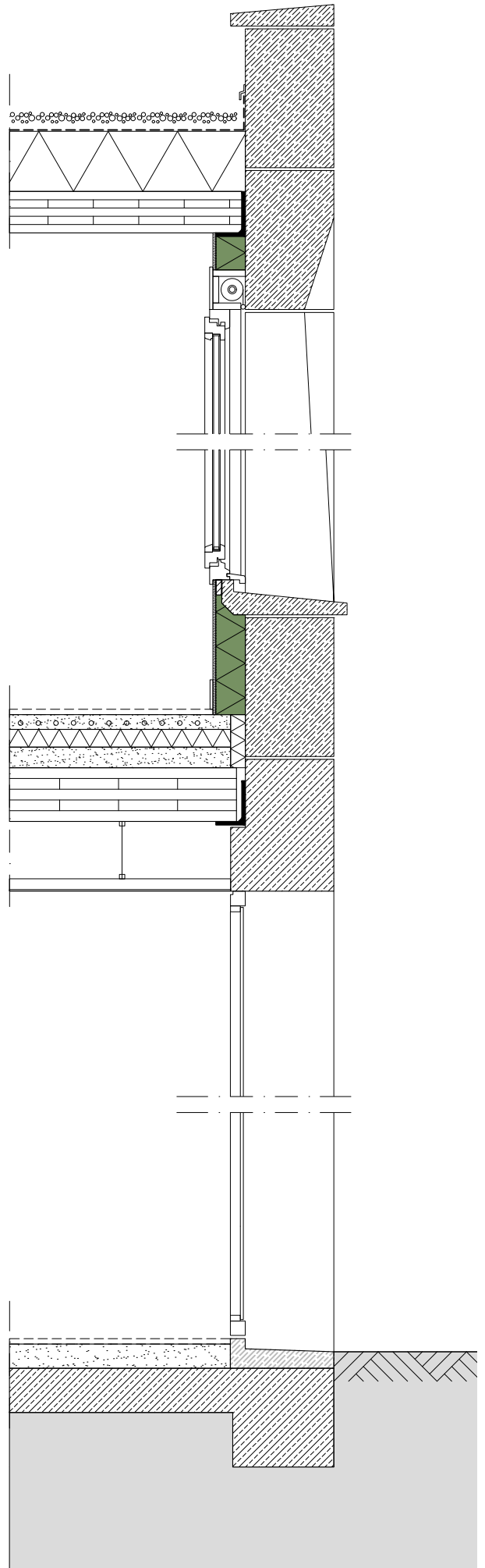
300mm	Natural stone facade (load-bearing)
100mm	Hempcrete, finished with lime mortar

FLOOR UPPER LEVEL(S)

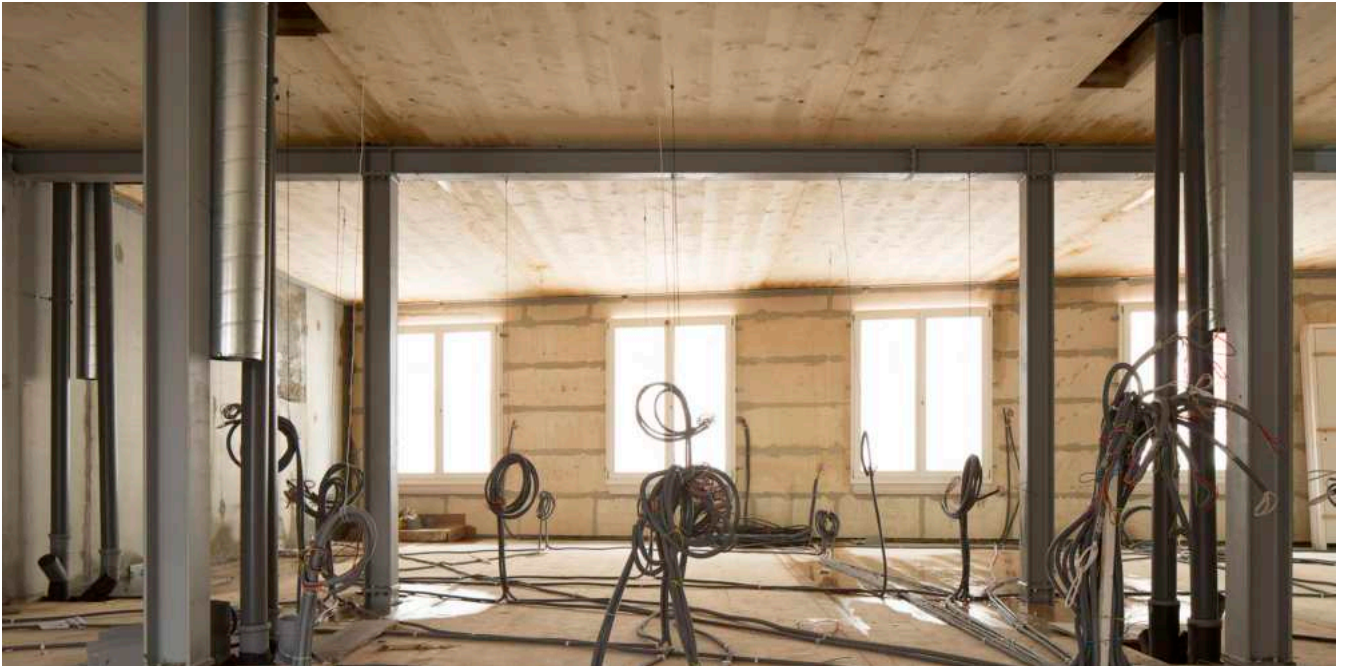
	Floor finishing
110mm	Floating cement screed
70mm	Cement screed for acoustics
180mm	CLT floor, imposed on steel angle profiles
	Wood fibre board (suspended ceiling)

FLOOR GROUND FLOOR

	Floor finishing
80mm	Cement screed
150mm	Concrete floor









Adres

Landsberger Allee 48
10249 Berlijn

Opdrachtgever

CPO-groep Walden 48

Architect

Scharabi Architekten ism Anne Raupach

Gerealiseerd

2020

Biobased isolatie

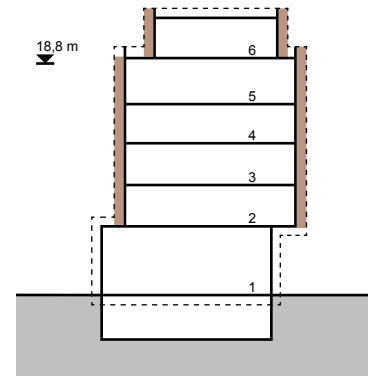
Houtvezel

Oppervlak

7.350 m²

Draagconstructie

CLT (wanden)
Hybride CLT-beton (vloeren)
Beton (kelder, trappenhuis,
brandwanden)



Tussen een rustig kerkhof en een drukke straat in het Berlijnse Friedrichshain staat het appartementencomplex Walden 48. Met 43 woningen en zes bouwlagen is het een voorbeeldproject voor stedelijke houtbouw in de Duitse hoofdstad. Het initiatief kwam van de architecten zelf. De kavel werd te koop aangeboden door de organisatie van de kerkelijke begraafplaats. Voor de verkoop was niet alleen de geboden prijs bepalend, maar ook de sociale en ecologische ambities van de bidder. De architecten hebben toen samen met een ervaren CPO-ontwikkelaar het concept voor Walden 48 ontwikkeld en daarna een groep gezocht die zich kon vinden in de insteek van dit project. Het bureau Scharabi Architekten heeft al meer dan 15 jaar ervaring met gestapelde houtbouw en had ook al eerder CPO-projecten geïnitieerd. Met dit project wilden ze nog een stap verder gaan: de CLT-constructie werd voor een groot deel zichtbaar gelaten, de HSB-gevelelementen zijn met houtvezel geïsoleerd, de gevel met hout of leisteen bekleed en fossiele isolatiematerialen werden zo veel mogelijk vermeden.

De hoofdconstructie bestaat uit CLT-wanden in een stramienmaat van 7,20m. Er is bewust voor deze -voor houtbouw- grote overspanning gekozen om zo veel mogelijk flexibiliteit voor de individuele indeling van de woningen mogelijk te maken. De consequentie van deze grote overspanning is dat de vloeren als hybride constructie van CLT en beton zijn uitgevoerd. Een bijkomend voordeel daarvan is de goede geluidswerende eigenschappen van deze vloeropbouw. De houten constructie en gevelelementen werden geprefabriceerd.

De met houtvezeldekens geïsoleerde HSB-gevelelementen zijn niet dragend. Hierdoor kon met een brandwerendheid van 30 min. worden volstaan, terwijl de hoofdconstructie volgens de Berlijnse regelgeving 90 min. brandwerend is uitgevoerd. Veel houten constructiedelen zijn in het zicht gelaten en voor brandveiligheid overgedimensioneerd. Toen het project werd opgestart bestond in Duitsland nog geen specifieke regelgeving voor houtbouw in deze gebouwhoogte. Juist door het ontbreken van regels was er veel ruimte om samen met de adviseurs eigen oplossingen te ontwikkelen. Deze ruimte is volgens de architect door de in 2021 ingevoerde nationale modelrichtlijn voor hout-

bouw (Musterholzbaurichtlinie M HolzBauRL) echter kleiner geworden.

Scharabi Architekten benadrukt het belang van een nauwe samenwerking vroeg in de ontwerpfase met ervaren houtbouwadviseurs op het gebied van brandveiligheid, akoestiek, vochtwering en technische installaties. Alleen zo kunnen knelpunten integraal worden opgelost en wordt een kostenintensieve opeenstapeling van maatregelen voorkomen. Technische details werkt het bureau daarom al tijdens het voorlopig ontwerp uit.

Een bijzondere uitdaging van het project was de hoge geluidsbelasting aan de straatkant. Hiervoor zijn de gevelelementen dubbelwandig uitgevoerd, met gescheiden stijlen en een dikkere isolatielaag. Er is een ventilatiesysteem met warmteterugwinning toegepast dat vanwege de verhoogde geluidsbelasting aan de straatzijde sowieso nodig was, maar ook energie bespaart. Er is veel aandacht besteed aan luchtdichte uitvoering. De bewoners zijn zich er van bewust dat ze niet door de dampremmende OSB-platen heen mogen boren. De reacties van de bewoners op binnenklimaat en wooncomfort zijn, met name door de zichtbare houtoppervlaktes, zeer positief.



Fotografie
Jan Bitter
Andreas Meichsner

NL

DAKOPBOUW TERRAS

	Groendak, dakbedekking
140mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
	Dampremmende laag
150mm	Betonvloer
140mm	CLT vloer

GEVELOPBOUW

15mm	Leien
	Folie
24mm	Houten achterconstructie
40mm	Regelwerk (40x60mm)
	Waterkerende folie
330mm	Houtvezel isolatie in HSB element
22mm	OSB
25mm	Dubbele gipsplaat

VLOEROPBOUW VERDIEPING(EN)

	Vloerafwerking
140mm	Zwevende dekvloer
40mm	Egalisatielaag
	Waterkerende folie
150mm	Betonvloer
140mm	CLT vloer

VLOEROPBOUW 1e VERDIEPING

	Vloerafwerking
140mm	Zwevende dekvloer
40mm	Egalisatielaag
	Waterkerende folie
150mm	Betonvloer
140mm	CLT vloer
200mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
	Plafondafwerking

EN

ROOF TERRACE

	Green roof, Roofing
140mm	Non-biobased insulation material
	Vapour barrier foil
150mm	Concrete floor
140mm	CLT floor

FACADE

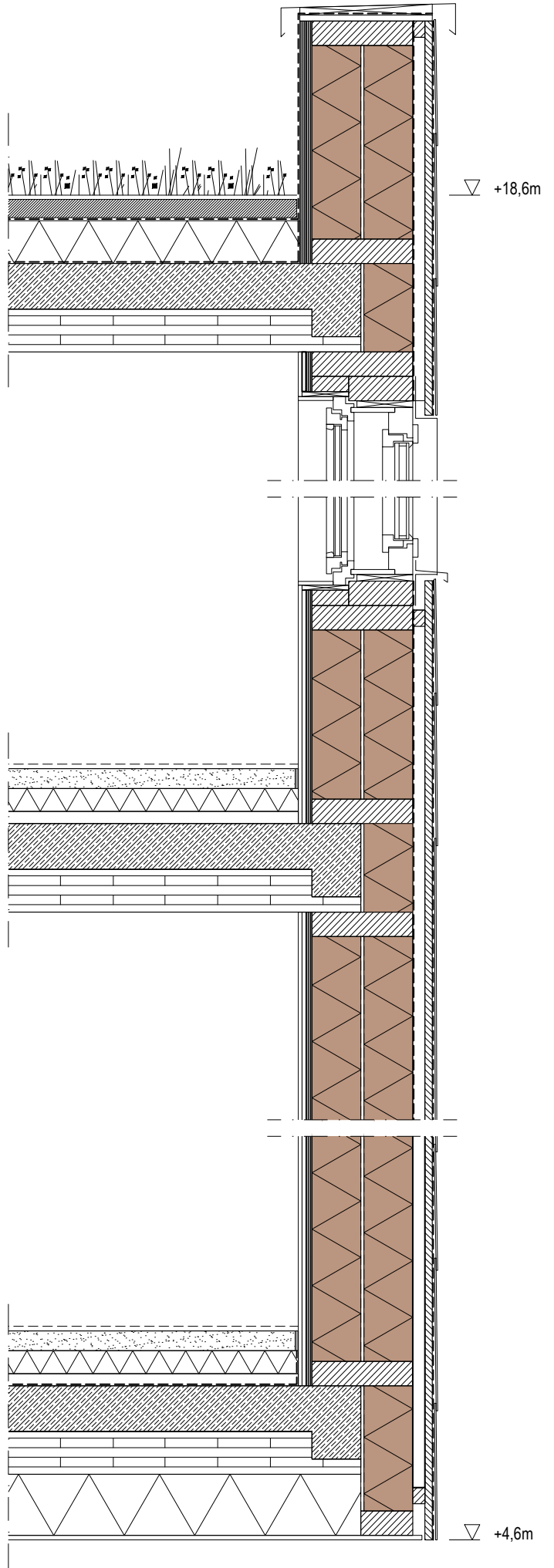
15mm	Slate
	Foil
24mm	Wooden substructure
40mm	Wooden substructure (40x60mm)
	Water retaining foil
330mm	Wood fibre insulation in timber frame
22mm	OSB
25mm	Double plasterboard

FLOOR UPPER LEVEL(S)

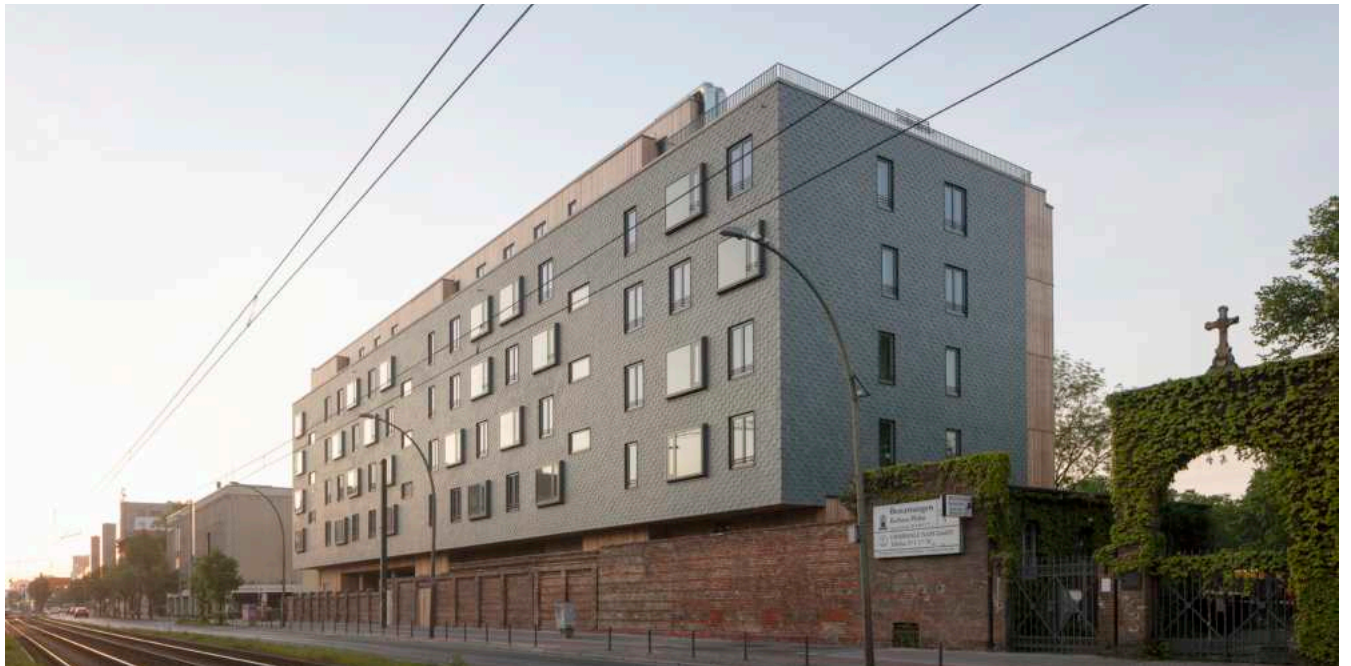
	Floor finishing
140mm	Floating cement screed
40mm	Levelling layer
	Water retaining foil
150mm	Concrete floor
140mm	CLT floor

FLOOR 1ST LEVEL

	Floor finishing
140mm	Floating cement screed
40mm	Levelling layer
	Water retaining foil
150mm	Concrete floor
140mm	CLT floor
200mm	Non-biobased insulation material
	Ceiling finishing







**Adres**

Pawel-Adamowicz-Str. 7 & 7a
28327 Bremen-Osterholz

Opdrachtgever

Stichting Bremer Heimstiftung

Architect

ZRS Architecten Ingenieure

Gerealiseerd

2022

Biobased isolatie

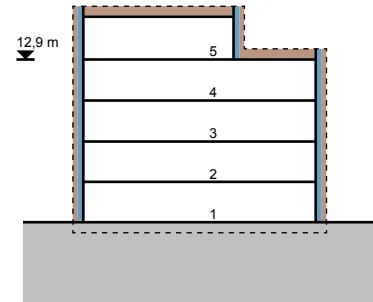
Houtvezel & cellulose

Oppervlak

3.135 m² incl. kinderdagverblijf

Draagconstructie

Gelamineerd hout (kolommen en balken)
CLT (stabiliteitswanden)
Hybride CLT-beton (vloeren)
Beton (BG vloer)



Het project 'Woof & Skelle' is met negen huurwoningen en een kinderdagverblijf onderdeel van de nieuwe wijk Ellener Hof in Bremen. Hier ontstaan op een gebied van negen hectare circa 500 woningen in houtbouw met hoge sociale en ecologische ambities. Het is een 'modelwijk', ontwikkeld als urbaan dorp door Bremer Heimstiftung (een stichting zonder winstoogmerk) naar een masterplan van het Nederlandse bureau De Zwarte Hond. 'Woof & Skelle' bestaat uit twee bouwvolumes: een 5-laags en een 2-laags gebouw. De 9 woningen bevinden zich op de bovenste drie verdiepingen van het hoogste gebouw. Het kinderdagverblijf is verdeeld over de twee bouwlagen daaronder en het 2-laags gebouw ernaast. Het project gebruikt maximaal biobased isolatie: cellulose en houtvezel voor de gevel, houtvezel voor het platte dak en de binnenwanden. Het Berlijnse bureau ZRS Architecten Ingenieure, expert op het gebied van natuurlijke bouwmaterialen, was niet alleen voor het ontwerp, maar ook voor de constructie, de brandveiligheid, de akoestiek en duurzaamheid verantwoordelijk.

Om de hoge ambities van opdrachtgever, stedenbouwkundige en de stad Bremen te waarborgen is met medewerking van de gekozen architectuurbureaus een bindend ontwerphandboek voor Ellener Hof opgesteld. Daarin werd bepaald dat constructies voornamelijk van hout, circulair en demontabel zijn; fossiele isolatiematerialen (polystyreen etc.) zijn niet toegestaan en houtbouw is zowel binnen als buiten erfahrbaar. 'Woof & Skelle' is strikt volgens de richtlijnen van het ontwerphandboek uitgevoerd.

De constructie bestaat uit gelamineerde houten kolommen en liggers, stabiliteitswanden en -kernen van CLT en hybride vloeren van CLT en beton. De beganegrondvloer is met foam-glass geïsoleerd. Er was veel aandacht voor demontabele verbindingen en flexibiliteit voor toekomstige veranderingen in gebruik.

Voor de hoofdconstructie van het 5-laags gebouw was een brandwerendheid van 60min. vereist. De niet-dragende prefab elementen zijn met cellulosevlokken (50kg/m³) gevuld en hebben een brandwerendheid van 30min. Een voorwaarde voor het gebruik van een brandbaar isolatiemateriaal was dat er geen elektra-installaties in de gevel aanwezig mogen zijn. In de woningen is daarom een

voorzetwand geplaatst. In het kinderdagverblijf zijn geen elektra-installaties in de buitenwanden aangebracht. Rondom de kozijnen zijn brandschermen aangebracht om branduitbreiding via de spouw tegen te gaan. Afwijken van de standaard richtlijnen en normen was mogelijk vanwege een zeer vroegtijdige samenwerking met brandveiligheidsexperts en de plaatselijke autoriteiten. Conform de recent ingevoerde nationale modelrichtlijn voor houtbouw (Musterholzbaurichtlinie M HolzBauRL) zou het project tegenwoordig anders moeten worden uitgevoerd. Bijvoorbeeld door een niet-brandbare plaat aan de buitenkant van de HSB-elementen te plaatsen en per verdieping in horizontale brandschermen te voorzien.

Het bureau ZRS staat bekend om hun low-tech benadering. Er is bewust gekozen voor een eenvoudig ventilatiesysteem met natuurlijk luchttoevoer en mechanische afvoer. Door een zeer goed geïsoleerde schil heeft het gebouw alsnog een zeer laag energieverbruik en kon gebruik gemaakt worden van een overheids subsidie voor energiezuinig bouwen. Op warme dagen wordt via nachtventilatie passief gekoeld. In het kinderdagverblijf zijn de wanden met leemstuc afgewerkt vanwege het positieve effect van leem (als vochtbuffer) op het binnenklimaat.



Fotografie
Caspar Sessler
ZRS Architecten Ingenieure

DAKOPBOUW TERRAS

380mm	Groendak, dakbedekking Houtvezel isolatie, drukvast en verlijmd Dampremmende laag / noodafdichting
220mm	CLT vloer

GEVELOPBOUW

108mm	Houten gevel op houten achterconstructie Waterkerende folie
80mm	Houtvezelplaat
240mm	Cellulose isolatie in HSB element
15mm	OSB
15mm	Gipsvezelplaat
55mm	Houtvezelplaat
15mm	Gipsvezelplaat Afwerking (ademende coating)

VLOEROPBOUW VERDIEPING(EN)

	Vloerafwerking
120mm	Zwevende cementdekvloer Waterkerende folie
260mm	Samengestelde vloerconstructie (beton-CLT)

VLOEROPBOUW BEGANE GROND

	Vloerafwerking
105mm	Zwevende cementdekvloer (op houtvezel isolatie) Polymeerbitumen
350mm	Betonvloer Folie
170mm	Isolatie, foamglass Waterkerende folie

ROOF TERRACE

380mm	Green roof, roofing Wood fibre insulation, pressure-resistant and glued Vapour barrier foil / emergency seal
220mm	CLT floor

FACADE

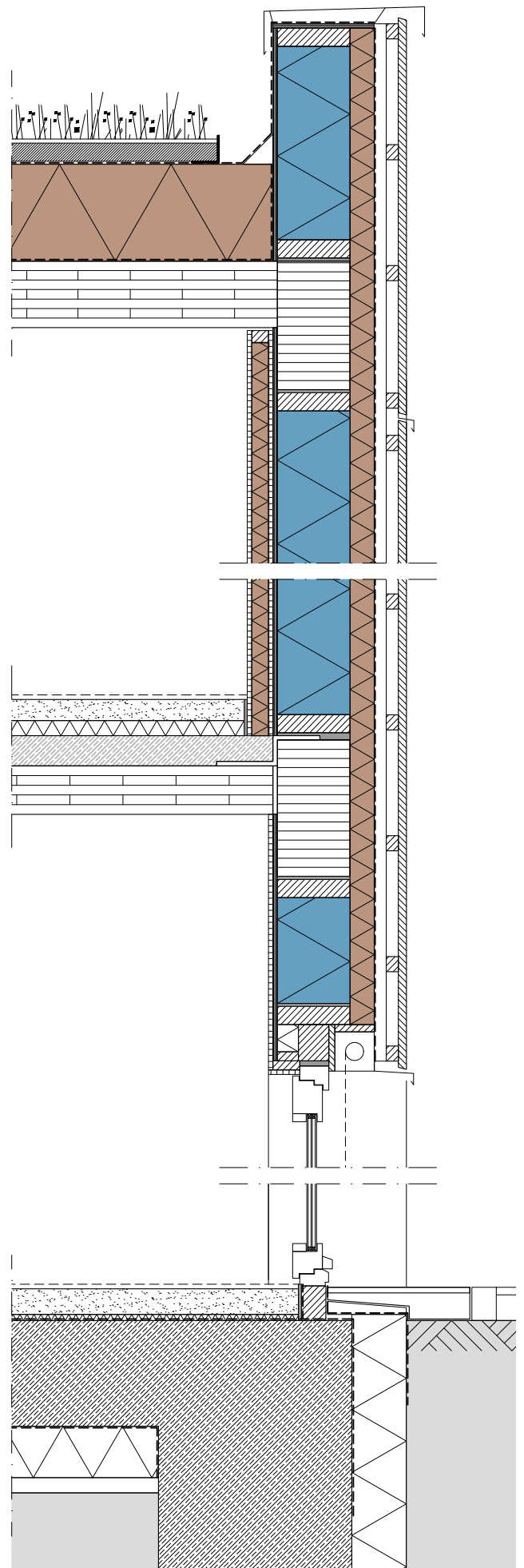
108mm	Wooden facade on wooden substructure Water retaining foil
80mm	Wood fibre board
240mm	Cellulose insulation in timber frame
15mm	OSB
15mm	Gypsum fibre board
55mm	Wood fibre board
15mm	Gypsum fibre board Finishing (breathable coating)

FLOOR UPPER LEVEL(S)

	Floor finishing
120mm	Floating cement screed Foil
260mm	Hybrid construction floor (concrete - CLT)

FLOOR GROUND LEVEL

	Floor finishing
105mm	Floating cement screed (on wood fibre insulation) Bitumen polymer
350mm	Concrete floor Foil
170mm	Insulation, foamglass fibre board







**Adres**

15-21 Rue des Frères Flavien
75020 Parijs

Opdrachtgever

Ontwikkelaar OCDL Groupe Giboire

Architect

LA Architectures

Gerealiseerd

2023

Biobased isolatie

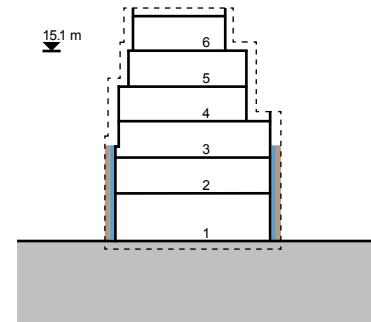
Houtvezel en cellulose

Oppervlak

3.850 m²

Draagconstructie

Gelamineerd hout
(kolommen, balken en vloeren)
Beton (BG vloer)



Het complex met 60 koopwoningen, ontworpen door LA Architectures in opdracht van ontwikkelaar OCDL Groupe Giboire, vormt het laatste bouwblok in de wijk Paul Meurice, een nieuwe gebiedsontwikkeling op steenworp afstand van Porte des Lilas. Paris & Métropole Aménagement, door de stad Parijs aangewezen voor de stedelijke ontwikkeling van het gebied, wilde op de bouwkaavel een project realiseren dat de duurzaamheidsambities van de stad maximaal uitdraagt. Biobased projecten kunnen complex zijn, vooral in Frankrijk waar de bouwcultuur en regelgeving niet helemaal overeenkomen met de mogelijkheden van dit soort materialen. Zowel de opdrachtgever als de rest van het consortium heeft zich hierdoor maximaal moeten inspannen om de ambitieuze doelen tóch te halen. Daarnaast wilde Paris & Métropole Aménagement ook een project realiseren dat recht deed aan de diversiteit van de stad Parijs. Zodoende moest er ook nadruk komen te liggen op een grote diversiteit aan woonvormen. Twee jaar lang is er intensief gewerkt aan een zo efficiënt mogelijk ontwerp waarbij geen van de 60 wooneenheden identiek is.

In eerste instantie is overwogen om kalkhennep te gebruiken voor isolatie, maar dit plan werd uiteindelijk niet doorgezet. Verschillende afwegingen op gebied van akoestiek, verzekeringen, regelgeving en budget hebben uiteindelijk geleid tot het gebruik van houtvezel en cellulose. Deze oplossing beschikte tevens over de benodigde technische goedkeuringen. Voor het behalen van de doelstellingen is er veel aandacht besteed aan de luchtdichtheid. De gevels zijn prefab houtskeletwanden waarbij zoveel mogelijk onderdelen in de fabriek samengesteld zijn om de bouw tijden te optimaliseren.

Voor dit project heeft de toepassing van de Franse "Gids voor houtbouw en brandverspreiding via gevels" geleid tot interessante keuzes. Deze gids biedt richtlijnen voor het ontwerpen van houtconstructies die voldoen aan de strikte Franse brandveiligheidsnormen. Een mooi voorbeeld van de integratie van brandwerende oplossingen in het ontwerp is dat er op strategische plaatsen (ter plaatse van de met hout beklede gevels) brandwerende barrières

zijn geplaatst om de verspreiding van brand via de gevels te beperken. Deze spouwbarrières zijn in het project zichtbaar als doorlopende waterslagen of muurafdekkers.

Het project probeert op een vanzelfsprekende manier aan te sluiten op de omgeving met als doel het energieverbruik te minimaliseren en het comfort van de bewoners te verhogen. In het ontwerp is rekening gehouden met de oriëntatie van het gebouw en de daarmee samenhangende factoren zoals zonlicht, wind, regenval, en temperatuur. Het gebouw profiteert op deze manier bijvoorbeeld van de zonnearmte in de winter en beschaduwing in de zomer. Daarmee wordt de behoefte aan mechanische verwarming en koeling verminderd. Naast alle positieve invloeden die de toegepaste biobased materialen hebben op de gezondheid en beleving van de bewoners, wordt er met dit gebouw ook een aanzienlijke bijdrage geleverd aan de vermindering van de CO₂ uitstoot (door opslag in het gebouw en energiezuinig gebruik). Al met al is dit project een mooi voorbeeld van hoe steden als Parijs streven naar een duurzaam en toekomstbestendig woningaanbod.



Fotografie
Charly Broeyz
LA Architectures

NL

GEVELOPBOUW

15mm	Kalkstuc
80mm	Houtvezel isolatie
12mm	Gipsvezelplaat
160mm	Cellulose isolatie in HSB element
12mm	OSB
	Dampremmende folie
80mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
36mm	Dubbele gipsplaat

VLOEROPBOUW VERDIEPING(EN)

	Vloerafwerking
50mm	Zwevende cementdekvloer
12mm	OSB
180mm	Massief houten vloer
40mm	Luchtspouw
60mm	Akoestische isolatie
36mm	Gipsplafond, trillingsvrij opgehangen

VLOEROPBOUW BEGANE GROND

	Vloerafwerking
100mm	Cementdekvloer
200mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
190mm	Betonvloer

EN

FACADE

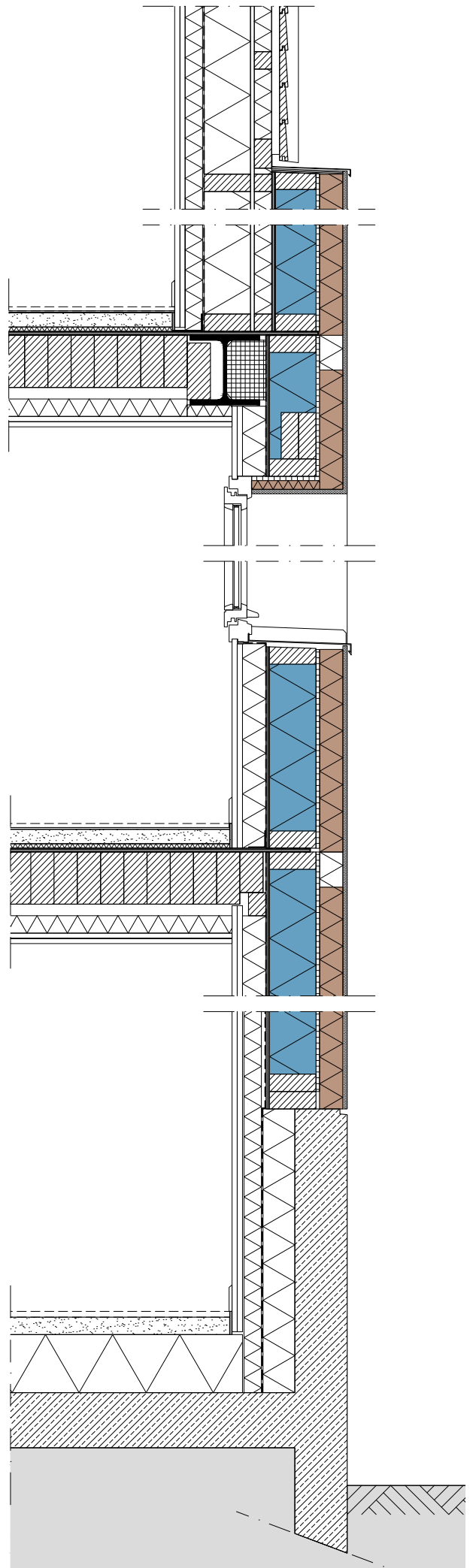
15mm	Lime plaster
80mm	Wood fibre insulation
12mm	Gypsum fibre board
160mm	Cellulose insulation in timber frame
12mm	OSB
	Vapour permeable foil
80mm	Non-biobased insulation material
36mm	Double plasterboard

FLOOR UPPER LEVEL(S)

	Floor finishing
50mm	Floating cement screed
12mm	OSB
180mm	Solid wooden floor
40mm	Air cavity
60mm	Acoustic insulation
36mm	Plaster ceiling, vibration-free installation

FLOOR GROUND LEVEL

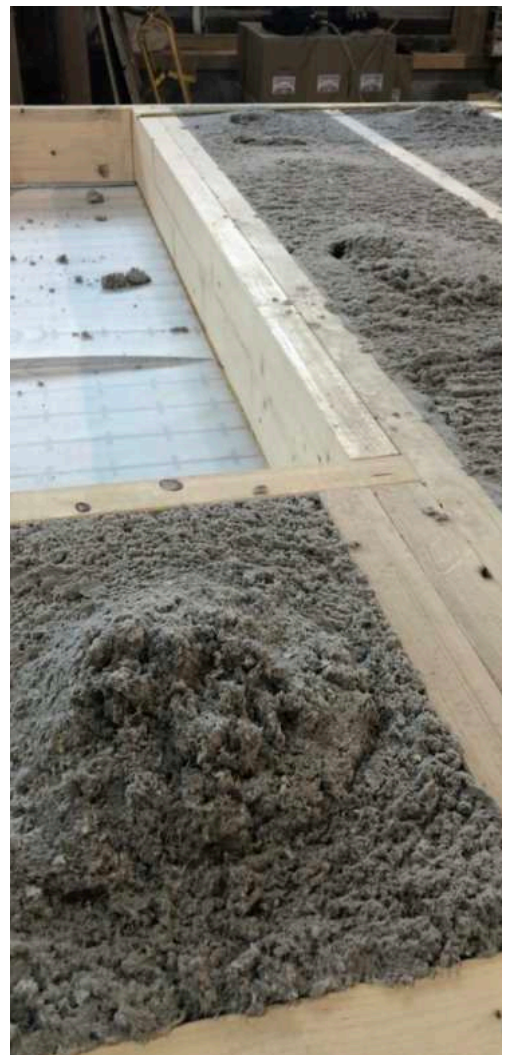
	Floor finishing
100mm	Floating cement screed
200mm	Non-biobased insulation material
200mm	Concrete floor







L.A.Architectes



**Adres**

Friedrich-Inhauser-Straße 1-15
5020 Salzburg

Opdrachtgever

Woningcorporatie Heimat Österreich

Architect

cs-architektur & nagels architects

Gerealiseerd

2021

Biobased isolatie

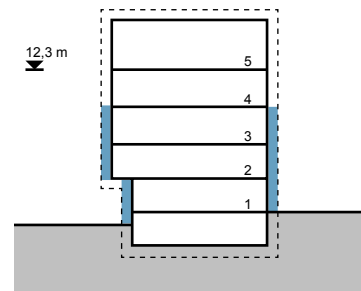
Cellulose en houtvezel

Oppervlak

10.134 m²

Draagconstructie

CLT (wanden optopping)
Beton-mantelstenen (wanden bestaand)
Beton (bestaande en nieuwe vloeren)



Het sociale woningbouwcomplex 'Wir InHAUser' is een voorbeeldproject voor CO₂-neutrale renovatie en stedelijke verdichting. De woningen, gebouwd in 1985, verkeerden in zo'n slechte bouwtechnische en energetische staat, dat sloop-nieuwbouw werd overwogen. Uiteindelijk is voor een zeer ingrijpende renovatie gekozen, waarbij de bestaande 75 woningen ook zijn opgetopt met 24 nieuwe woonunits. De opdrachtgever, sociale woningcorporatie Heimat Österreich, heeft al meerdere prijzen gewonnen voor hun innovatieve energieconcepten en passief-houtbouw projecten. De verwezenlijking van dit project is een nieuwe mijlpaal in de verduurzaming van bestaande bouw, waarbij niet alleen naar de operationele, maar ook naar de materiaalgebonden CO₂-emissies is gekeken. Het verduurzamingstraject werd als onderzoeksproject in de drie fases (ontwerp, realisatie en bouw) wetenschappelijk begeleid. In het kader van "Zero Carbon Refurbishment" werd het vanuit het Oostenrijkse klimaat- en energiefonds financieel ondersteund.

In samenwerking met de Fachhochschule Salzburg zijn alternatieve scenario's voor de thermische schil, de technische installaties en het mobiliteitsconcept uitgewerkt en beoordeeld op kosten en CO₂-voetafdruk met een weegfactor (50/50). Voor de isolatie van de gevels werden twee materialen vergeleken: inblaascellulose en hennepdekens. Uiteindelijk bleek cellulose het meest geschikt. De hennepdekens bevatten plasticvezels, waardoor de CO₂-balans ten opzichte van cellulose slechter uitviel. Daarnaast is het inblazen van cellulose gecertificeerd en was het economisch haalbaar.

De bestaande buitenwanden zijn door middel van OSB-standaards en houtwolcementplaten voorzien van een nieuwe schil. Deze werd volledig ingeblazen met cellulosevlokken. Voordeel van deze methode is dat oneffenheden in de bestaande gevel geen problemen vormen. Daarnaast is er geen snijverlies zoals bij isolatieplaten of -dekens. De constructie van de verschillende optoppingen (1 tot 2 bouwlagen) bestaat uit CLT-wanden en betonnen vloeren. In lijn met de klimaatambities wilden de architecten graag houten draagvloeren toepassen. Nationale regelgeving staat dit weliswaar toe, maar de lokale overheid heeft hier geen toestemming voor gegeven. De optopping is bij 1 extra bouwlaag met houtvezel en bij 2 extra

lagen, uit brandveiligheidsoverwegingen, met minerale wol geïsoleerd. De draagconstructie (inclusief gevel) voldoet conform de Oostenrijkse regelgeving aan 90min. brandwerendheid. De contouren van de bestaande bebouwing blijven in het gevelbeeld afleesbaar door de afwerking met stuc of hout.

Aanvankelijk dacht men de verbouwing te kunnen realiseren terwijl de woningen bewoond bleven. Naarmate het project vorderde, bleek dit toch niet haalbaar. Uiteindelijk zijn de 75 huishoudens elders onder gebracht met de mogelijkheid om na de bouwwerkzaamheden terug te keren. Van alle huishoudens hebben hier 22 daadwerkelijk gebruik van gemaakt. Dit - deels emotionele - proces werd door Heimat Österreich in samenwerking met een socioloog intensief begeleid.

Bijna 75% van de warmtebehoefte wordt door warmteterugwinning (WTW) uit grijs water en afvoerlucht gehaald, de rest door verbranding van houtpellets. Alle woningen voldoen aan de nieuwbouwstandaard en konden daarmee ook gebruik maken van dezelfde subsidies als nieuwe sociale woningen. De ingrijpende renovatie met optopping komt daarmee financieel overeen met een sloop-nieuwbouwscenario. Door hergebruik van de bestaande gebouwen en de toepassing van biobased materialen heeft het echter een veel kleinere milieu-impact.

**Fotografie**

Volker Wortmeyer
cs-architectur / nagels architects

DAKOPBOUW

	Groendak, dakbedekking
-270mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
	Dampremmende laag
220mm	Betonvloer

GEVELOPBOUW NIEUW

54mm	Houten gevelbekleding op houten achterconstructie, geventileerd
	Waterkerende folie
140mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
140mm	CLT
50mm	Stijl- en regelwerk
25mm	Dubbele gipsplaat

GEVELOPBOUW RENOVATIE

5mm	Pleisterwerk
30mm	Houtwolcementplaat
260mm	Cellulose isolatie, ingeblazen in compartimenten
290mm	Houtwolcementblokken met isolatie

VLOEROPBOUW VERDIEPING(EN)

	Vloerafwerking
100mm	Zwevende cementdekvloer
90mm	Egalisatielaag
200mm	Betonvloer (nieuw)
50mm	Drukvast isolatiemateriaal
200mm	Betonvloer (bestaand)

VLOEROPBOUW BEGANE GROND

	Vloerafwerking
100mm	Zwevende cementdekvloer
80mm	Egalisatielaag Waterkerende folie
200mm	Betonvloer (bestaand)
100mm	Niet-biobased isolatiemateriaal

ROOF

	Green roof, roofing
270mm	Non-biobased insulation material
	Vapor barrier foil
220mm	Concrete floor

FACADE NEW

54mm	Wooden cladding on wooden substructure, ventilated
140mm	Non-biobased insulation material
140mm	CLT
50mm	Battens
25mm	Double plasterboard

FACADE RENOVATED

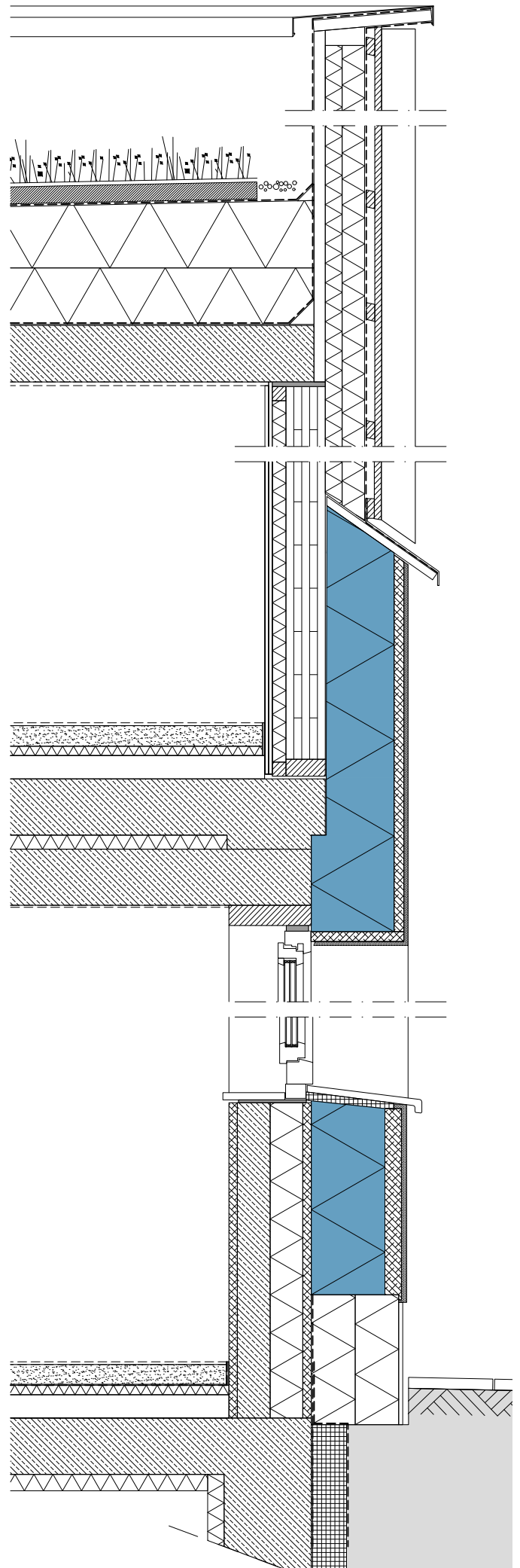
5mm	Plaster
30mm	Wood wool cement board
260mm	Cellulose insulation, blown into compartments
290mm	Wood wool cement blocks with insulation

FLOOR UPPER LEVEL(S)

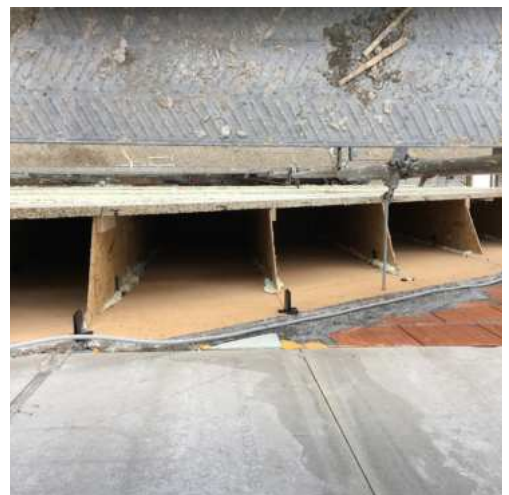
	Floor finishing
100mm	Floating cement screed
90mm	Levelling layer
200mm	Concrete floor (new)
50mm	Insulation, pressure-resistant
200mm	Concrete floor (existing)

FLOOR GROUND LEVEL

	Floor finishing
100mm	Floating cement screed
80mm	Levelling layer
	Water retaining foil
200mm	Concrete floor (existing)
100mm	Non-biobased insulation material







**Adres**

Zürcherstrasse 41
8400 Winterthur

Opdrachtgever

Coöperatie Gesewo, coöperatie Gaiwo,
pensioenbelegger Adimora, ontwikkelaar
Implenia Schweiz AG

Architect

Baumberger Stegmeier Architektur AG
en KilgaPopp Architekten AG

Gerealiseerd

2020

Winterthur is lange tijd de belangrijkste productiestad voor nieuwe locomotieven in Zwitserland geweest. Het Lokstadt-terrein in Winterthur is een mooi voorbeeld hoe historische industriële locaties in Zwitserland nieuw leven kunnen worden ingeblazen. De locomotieven die hier werden gebouwd zijn vaak iconen van de Zwitserse spoorweggeschiedenis geworden. Een van de bekendste daarvan is 'De Krokodil'. Tussen 2018 en 2025 verrijst op het Lokstadt-terrein een complete nieuwe wijk waarin veel wordt gerefereerd aan het industriële verleden. Het is een belangrijk uitgangspunt om het voormalig industrieterrein te herontwikkelen met behoud van de historische identiteit. Daarnaast wil men dat de nieuwe ontwikkeling een voorbeeldwijk wordt, niet alleen op architectonisch vlak maar ook op gebied van duurzaamheid. Vandaar dat de gehele wijk in hout wordt geconstrueerd. Haus Krokodil, is een gesloten bouwblok van 106m lang, 65m breed en 25m hoog. Het gebouw telt 6 tot 8 bouwlagen en is een van de grootste houtbouwprojecten van Zwitserland.

De draagstructuur bestaat uit een houten kolom-balkstructuur en CLT vloerdelen. De draagconstructie heeft een brandwerendheid van R60, de plafonds hebben een brandwerendheid van REI60. Door het ontbreken van dragende binnenwanden zijn flexibele plattegronden mogelijk.

In 2015 zijn de Zwitserse brandveiligheidsrichtlijnen (VKF-Brandschutzvorschriften) gewijzigd. Hierdoor werd het makkelijker om cellulose als (inblaas)isolatie toe te passen in gevelelementen van gebouwen van drie lagen en hoger. In dit project is de keuze voor het isolatiemateriaal niet door de architect of opdrachtgevers gemaakt, maar door de houtbouwer.

Houtbouw engineer Timbatec geeft aan dat de productie weinig energie vereist in vergelijking met minerale vezels. Daarnaast slaat het materiaal CO2 op. De (grotere) houtbouwers maken daarnaast gebruik van robots om het cellulose onder druk in te blazen. Verschillende afmetingen van houtskeletbouwelementen vormen hierbij geen probleem. Bij minerale wol is dit nog steeds handenarbeid. Dit laatste zorgt ervoor dat cellulose ook een financieel aantrekkelijke keuze is.

De isolatiewaarde van cellulose ligt iets lager dan bij minerale wol. Daar staat tegenover

Biobased isolatie

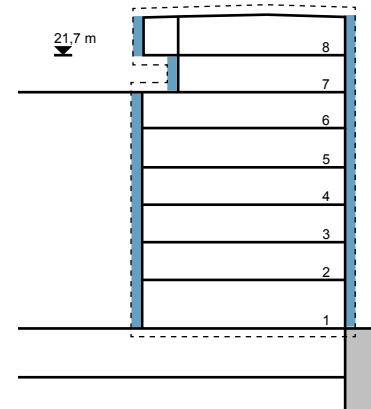
Cellulose

Oppervlak

45.100 m²

Draagconstructie

Gelamineerd hout
(kolommen en balken)
CLT (vloeren)
Beton
(kelder en trappenhuizen)



Fotografie
Jürg Zimmermann

dat de vochtregulatie en de faseverschuiving van cellulose beter zijn. Deze eigenschappen hebben direct invloed op het comfort binnen de woningen. Omdat cellulose op het gebied van brandveiligheid minder presteert dan isolatie uit minerale vezels is in samenwerking met de overkoepelende vereniging voor houtbouw (Lignum) gezocht naar veilige oplossingen om cellulose als isolatiemateriaal toe te kunnen passen. Vandaar dat cellulose met name is toegepast in gevelelementen. Hier vormden de brandveiligheidseisen geen belemmering. Voor de scheidingwanden van brandcompartimenten is wél minerale wol toegepast.

Het gebouw kent een hoog niveau van prefabricage. Balken en liggers hebben vrijwel altijd dezelfde afmeting, waardoor knooppunten in veel gevallen hetzelfde konden worden uitgevoerd. De CLT-vloeren zijn onderling niet verbonden met schroeven maar met zwaluwstaartverbindingen van beukenhout. Bij het maken van de betonnen trappenhuizen is de prefab houtconstructie ingezet als verloren bekisting. Concreet betekent dit dat er bij de bouw van de trappenhuizen 24 ton staal en 375 ton beton bespaard kon worden. Ook dit soort innovaties hebben, naast de toepassing van biobased constructie en isolatiemateriaal, significant invloed op de uitstoot van CO2 in de bouw.

NL

DAKOPBOUW

	Grind
	Dakbedekking
280mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
27mm	Massief houten plaat
240mm	Cellulose isolatie tussen houten liggers (80x240mm)
27mm	Massief houten plaat, geschilderd

GEVELOPBOUW

20mm	Vezelcement gevelbekleding
45mm	Geventileerde spouw
	Waterkerende folie
15mm	Gipsvezelplaat
200mm	Cellulose isolatie in HSB element (60x200mm)
15mm	OSB, luchtdicht
140mm	Cellulose isolatie tussen stijl- en regelwerk (60x140mm)
25mm	Dubbele gipsplaat

VLOEROPBOUW VERDIEPING(EN)

	Vloerafwerking
90mm	Zwevende cementdekvloer
100mm	Grindlaag
220mm	CLT

VLOEROPBOUW BEGANE GROND

	Vloerafwerking
65mm	Anhydrietvloer
20mm	Akoestische isolatie
185mm	Niet-biobased isolatiemateriaal
300mm	Betonvloer (in het werk gestort)
200mm	Geïsoleerde houtwolcementplaat

EN

ROOF

	Gravel
	Roofing
280mm	Non-biobased insulation material
27mm	Massive wood panel
240mm	Cellulose insulation between timber beams (80x240mm)
27mm	Massive wood panel, painted

FACADE

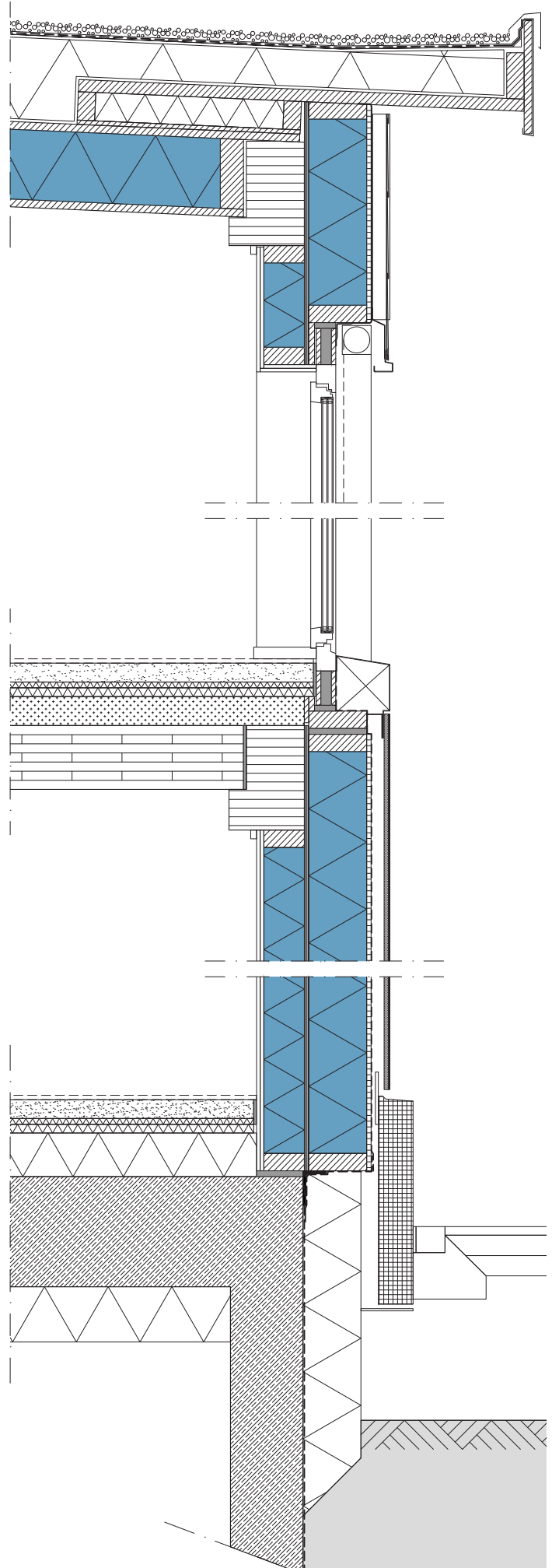
20mm	Fibre cement cladding
45mm	Air cavity, ventilated
	Water retaining foil
15mm	Gypsum fibre board
140mm	Cellulose insulation in timber frame (60x200mm)
15mm	OSB, airtight
140mm	Cellulose insulation between timber posts (60x140mm)
25mm	Double plasterboard

FLOOR UPPER LEVEL(S)

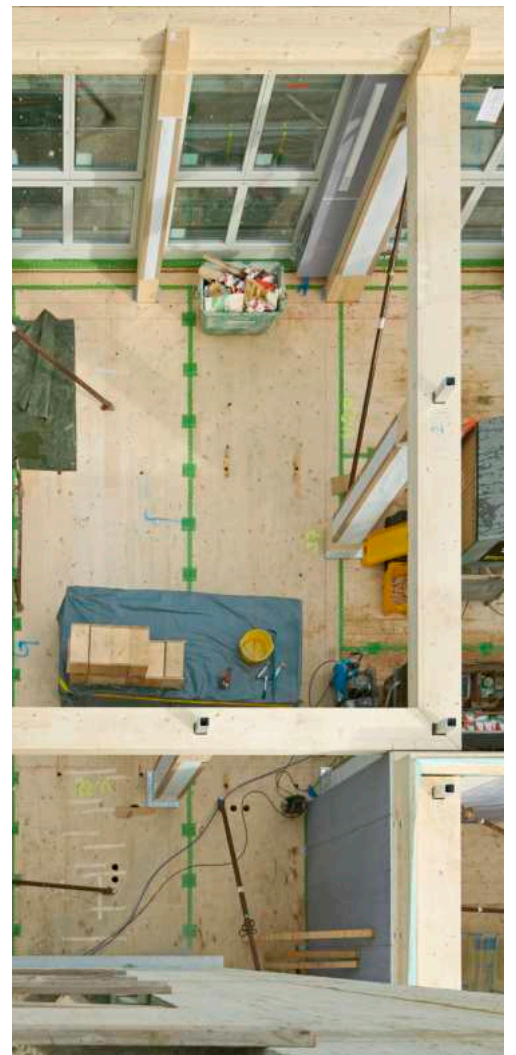
	Floor finishing
90mm	Floating cement screed
100mm	Gravel filling
220mm	CLT floor

FLOOR GROUND LEVEL

	Floor finishing
65mm	Anhydrite screed floor
20mm	Acoustic insulation
185mm	Non-biobased insulation material
300mm	Concrete floor (in-situ)
200mm	Insulated wood wool cement board









THERMISCHE SCHIL

THERMISCHE SCHIL

ONDERLINGE VERGELIJKING EN NEDERLANDSE NORM



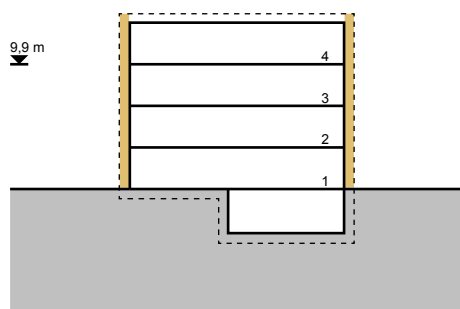
Ieder land heeft eigen normen voor de thermische schil en het totale energieverbruik. In Nederland bestaan er minimumeisen voor de Rc-waarde (Resistance construction, isolatiewaarde) van vloer, wand en dak. Daarnaast kennen we eisen voor de energieprestatie van het gebouw in zijn geheel (BENG). In sommige landen worden er geen minimum eisen per constructiedeel gesteld maar telt de totale prestatie van het gebouw of de woning. Zo wordt in Frankrijk gerekend met een maximaal energieverbruik per woning. Hierdoor zijn er ook gevels van -bijvoorbeeld- massief natuursteen met slechts een dunne laag isolatie mogelijk of kan er in bepaalde situaties worden volstaan met een dunner gevelpakket.

De schema's hiernaast vergelijken de thermische schil van de 13 projecten. Ze tonen zowel de gerealiseerde wandopbouw met bijbehorende Rc-waarde als een fictieve

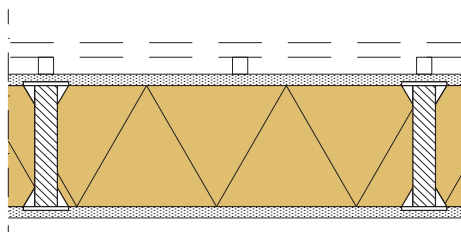
wandopbouw die voldoet aan de Nederlandse norm met een Rc-waarde van $4,7 \text{ m}^2\text{K/W}$. Alle Rc-waardes zijn gegenereerd met het bouwfysisch rekenprogramma Ubakus. De tekeningen tonen de horizontale doorsnede van de wand in schaal 1:20. De precieze beschrijving van de wandopbouw is bij de 1:20 doorsnedes per project terug te lezen.

Natuurlijk is de isolatiewaarde van een bouwdeel niet het enige belangrijke aspect. Biobased isolatiematerialen bieden door hun unieke bouwfysische eigenschappen diverse voordelen. Deze komen niet altijd tot uiting in statische rekenmethodes, maar kunnen beter worden weergegeven met dynamische modellen. De vergelijking van de Rc-waardes is daarom te lezen als een eerste stap om de verschillende wandconstructies van de onderzochte projecten met elkaar te vergelijken en in de Nederlandse context te plaatsen.

01 LÜNEBURG

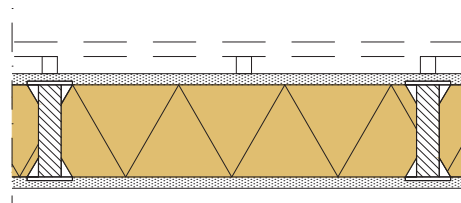


BOVENKANT = BUITEN



GEBOUWD VOORBEELD

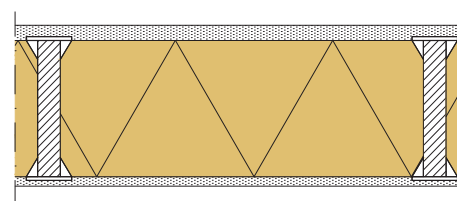
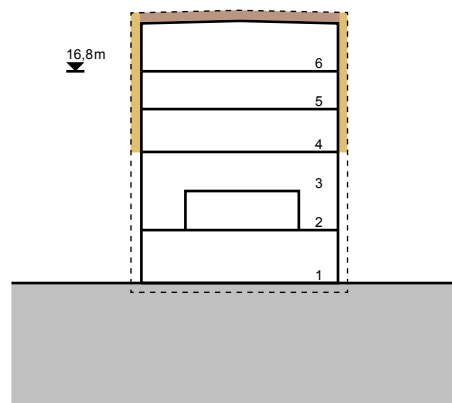
Dikte isolatielaag: 320 mm
Wanddikte: 460 mm
Rc-waarde: 6,1 m²K/W



NEDERLANDSE NORM

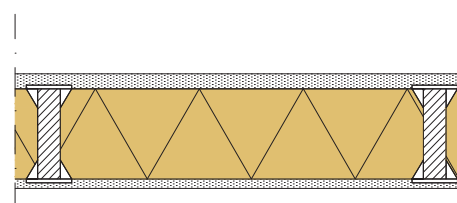
Dikte isolatielaag: 243 mm
Wanddikte: 383 mm
Rc-waarde: 4,7 m²K/W

02 BERLIJN



GEBOUWD VOORBEELD

Dikte isolatielaag: 360 mm
Wanddikte: 425 mm
Rc-waarde: 7,0 m²K/W



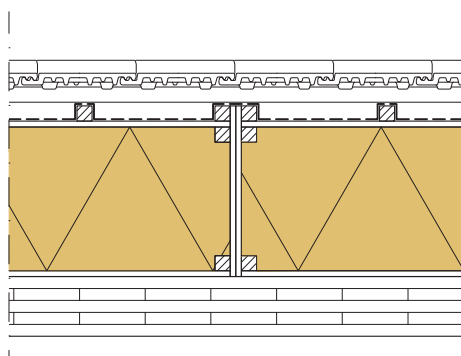
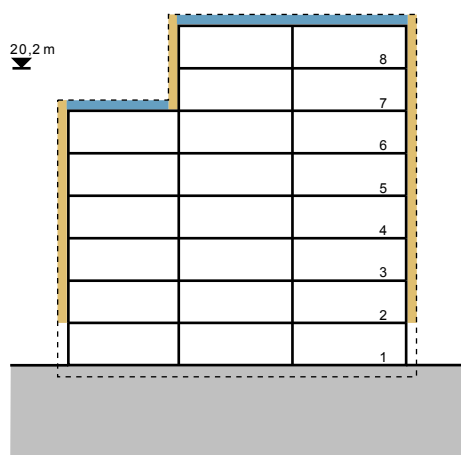
NEDERLANDSE NORM

Dikte isolatielaag: 238 mm
Wanddikte: 303 mm
Rc-waarde: 4,7 m²K/W

THERMISCHE SCHIL

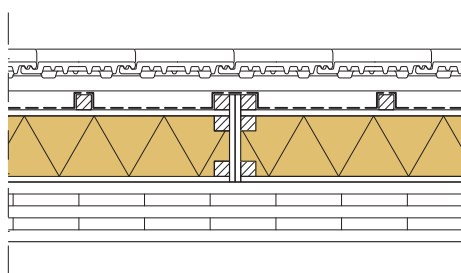
ONDERLINGE VERGELIJKING EN NEDERLANDSE NORM

03 SAINT-DIÉ-DES-VOSGES



GEBOUWD VOORBEELD

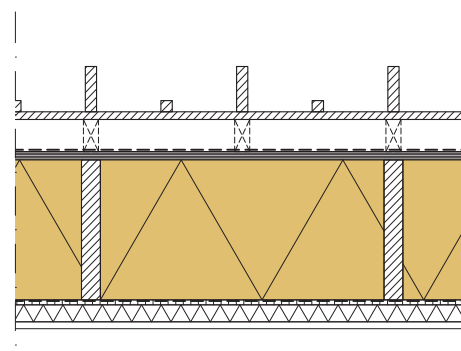
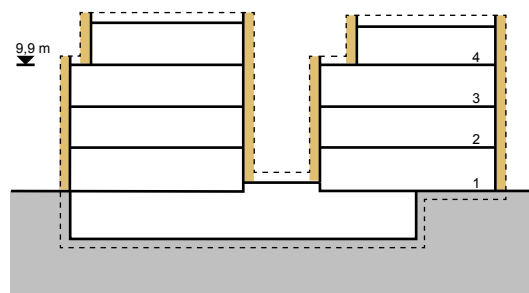
Dikte isolatielaag: 350 mm
Wanddikte: 612,5 mm
Rc-waarde: 8,5 m²K/W



NEDERLANDSE NORM

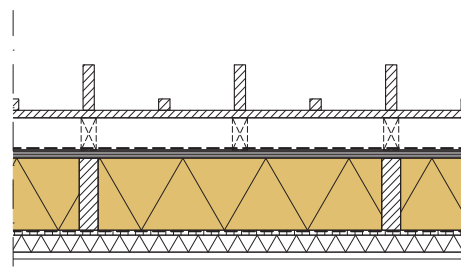
Dikte isolatielaag: 160 mm
Wanddikte: 422,5 mm
Rc-waarde: 4,7 m²K/W

04 PARIJS



GEBOUWD VOORBEELD

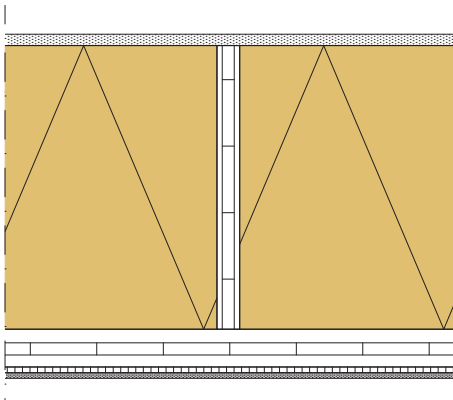
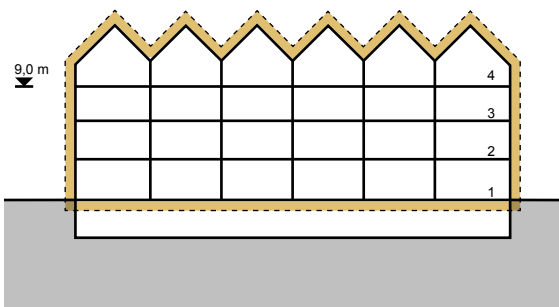
Dikte isolatielaag: 360 mm
Wanddikte: 553,5 mm
Rc-waarde: 8,1 m²K/W



NEDERLANDSE NORM

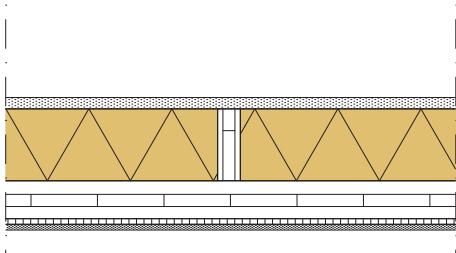
Dikte isolatielaag: 180 mm
Wanddikte: 373,5 mm
Rc-waarde: 4,7 m²K/W

05 NÄNIKON



GEBOUWD VOORBEELD

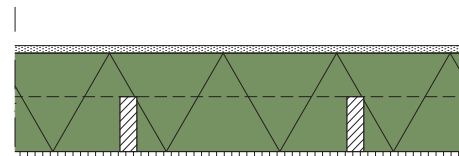
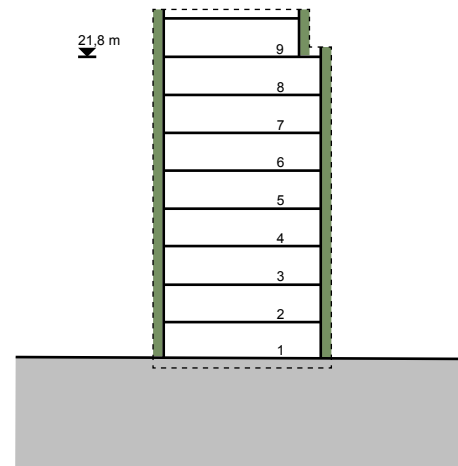
Dikte isolatielaag: 750 mm
 Wanddikte: 930 mm
 Rc-waarde: 15,3 m²K/W



NEDERLANDSE NORM

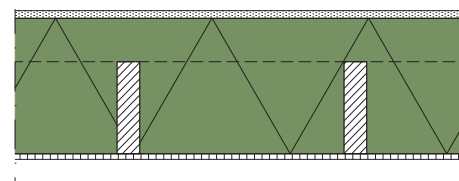
Dikte isolatielaag: 190 mm
 Wanddikte: 370 mm
 Rc-waarde: 4,7 m²K/W

06 BOULOGNE-BILLANCOURT



GEBOUWD VOORBEELD

Dikte isolatielaag: 260 mm
 Wanddikte: 295,5 mm
 Rc-waarde: 3,4 m²K/W



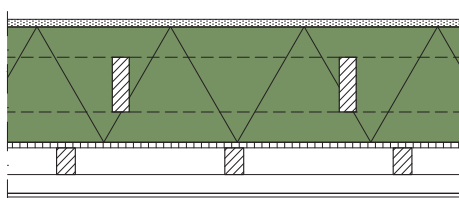
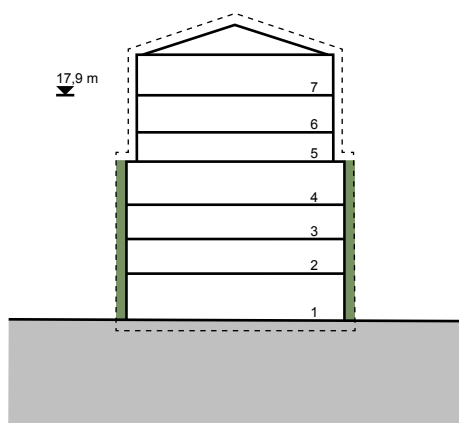
NEDERLANDSE NORM

Dikte isolatielaag: 358 mm
 Wanddikte: 393,5 mm
 Rc-waarde: 4,7 m²K/W

THERMISCHE SCHIL

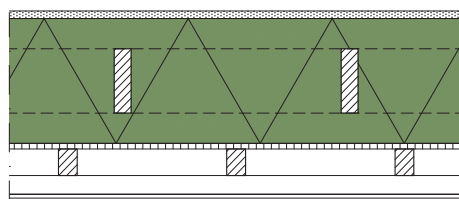
ONDERLINGE VERGELIJKING EN NEDERLANDSE NORM

07 NANTES



GEBOUWD VOORBEELD

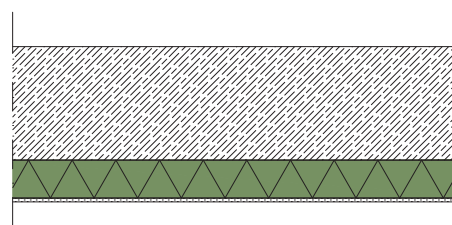
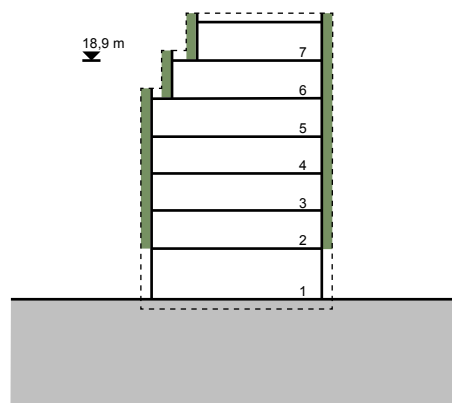
Dikte isolatielaag: 300 mm
Wanddikte: 454 mm
Rc-waarde: 4,4 m²K/W



NEDERLANDSE NORM

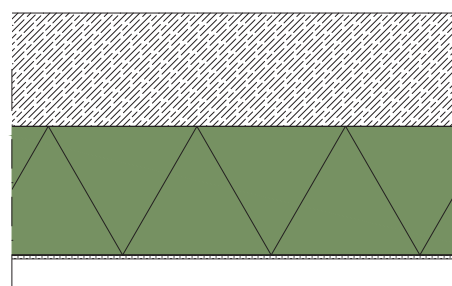
Dikte isolatielaag: 325 mm
Wanddikte: 479 mm
Rc-waarde: 4,7 m²K/W

08 PARIJS



GEBOUWD VOORBEELD

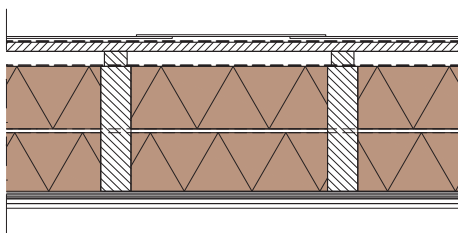
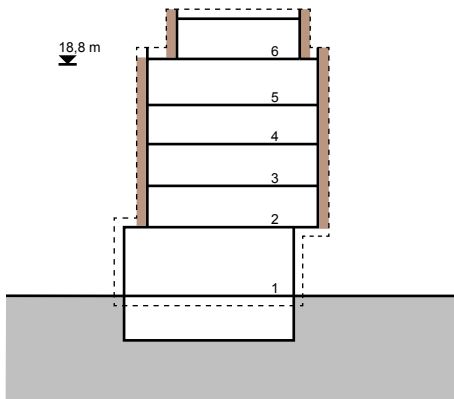
Dikte isolatielaag: 100 mm
Wanddikte: 420 mm
Rc-waarde: 1,6 m²K/W



NEDERLANDSE NORM

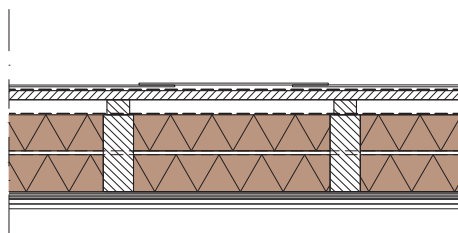
Dikte isolatielaag: 340 mm
Wanddikte: 660 mm
Rc-waarde: 4,7 m²K/W

09 BERLIJN



GEBOUWD VOORBEELD

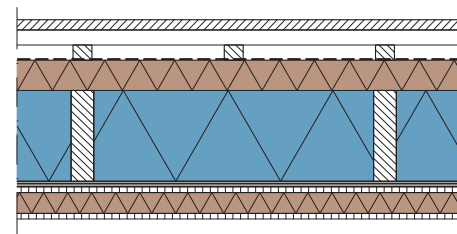
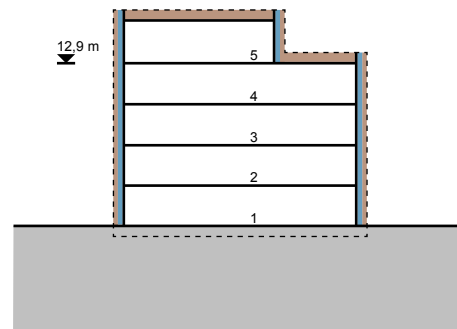
Dikte isolatielaag: 330 mm
Wanddikte: 457 mm
Rc-waarde: 7,4 m²K/W



NEDERLANDSE NORM

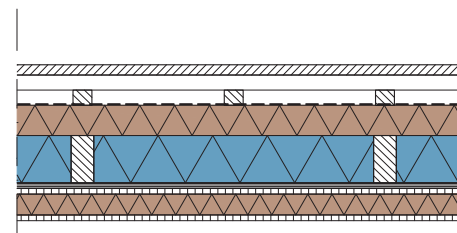
Dikte isolatielaag: 203 mm
Wanddikte: 320 mm
Rc-waarde: 4,7 m²K/W

10 BREMEN



GEBOUWD VOORBEELD

Dikte isolatielaag: 320 mm
Wanddikte: 456 mm
Rc-waarde: 7,1 m²K/W



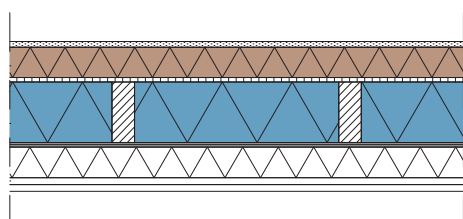
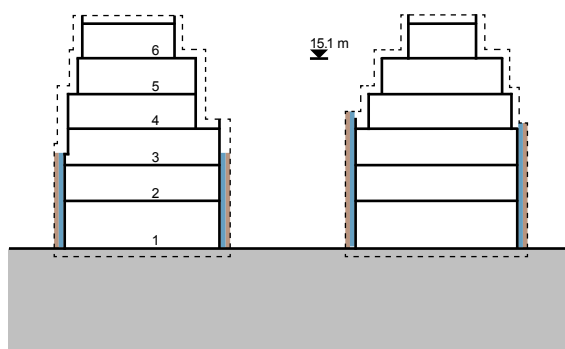
NEDERLANDSE NORM

Dikte isolatielaag: 205 mm
Wanddikte: 341 mm
Rc-waarde: 4,7 m²K/W

THERMISCHE SCHIL

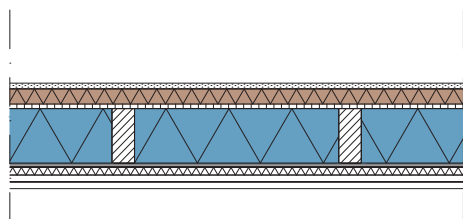
ONDERLINGE VERGELIJKING EN NEDERLANDSE NORM

11 PARIJS



GEBOUWD VOORBEELD

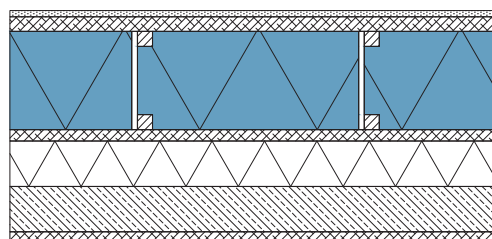
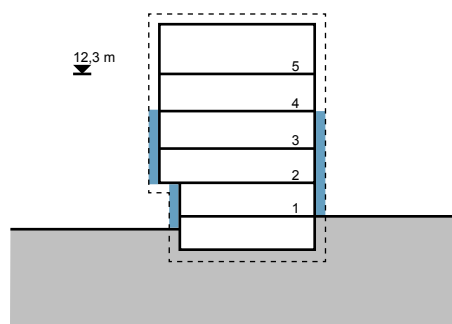
Dikte isolatielaag: 320 mm
Wanddikte: 385 mm
Rc-waarde: 7,4 m²K/W



NEDERLANDSE NORM

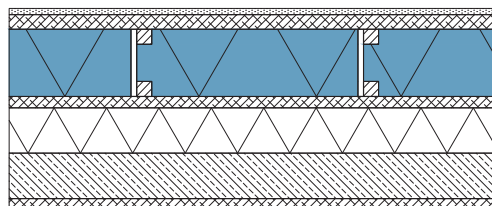
Dikte isolatielaag: 204 mm
Wanddikte: 269 mm
Rc-waarde: 4,7 m²K/W

12 SALZBURG



GEBOUWD VOORBEELD

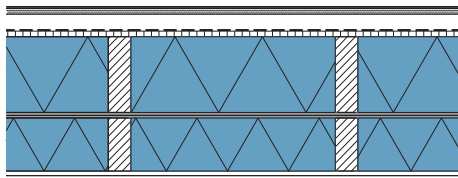
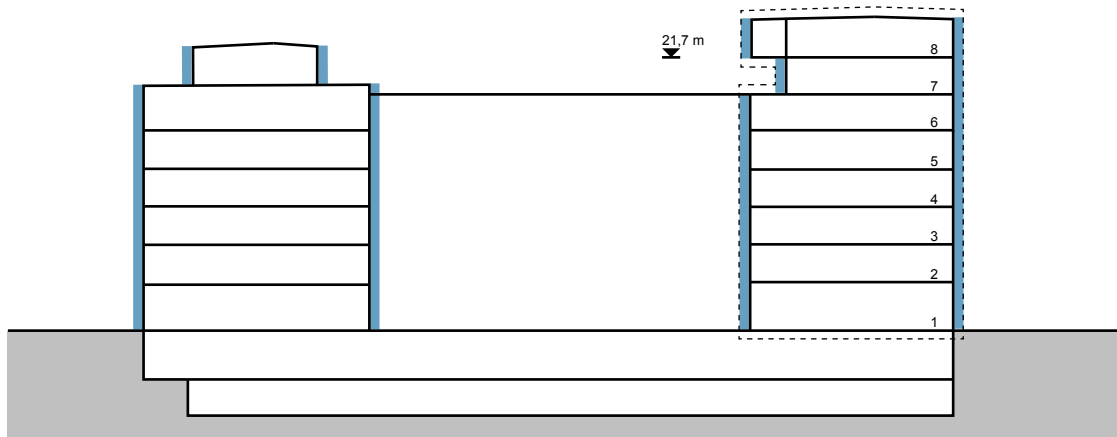
Dikte isolatielaag: 260 mm
Wanddikte: 595 mm
Rc-waarde: 6,6 m²K/W



NEDERLANDSE NORM

Dikte isolatielaag: 178 mm
Wanddikte: 513 mm
Rc-waarde: 4,7 m²K/W

13 WINTERTHUR

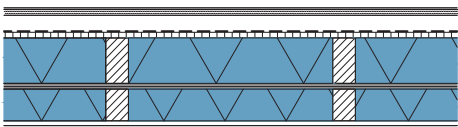


GEBOUWD VOORBEELD

Dikte isolatielaag: 340 mm

Wanddikte: 455 mm

Rc-waarde: 7,7 m²K/W



NEDERLANDSE NORM

Dikte isolatielaag: 204 mm

Wanddikte: 319 mm

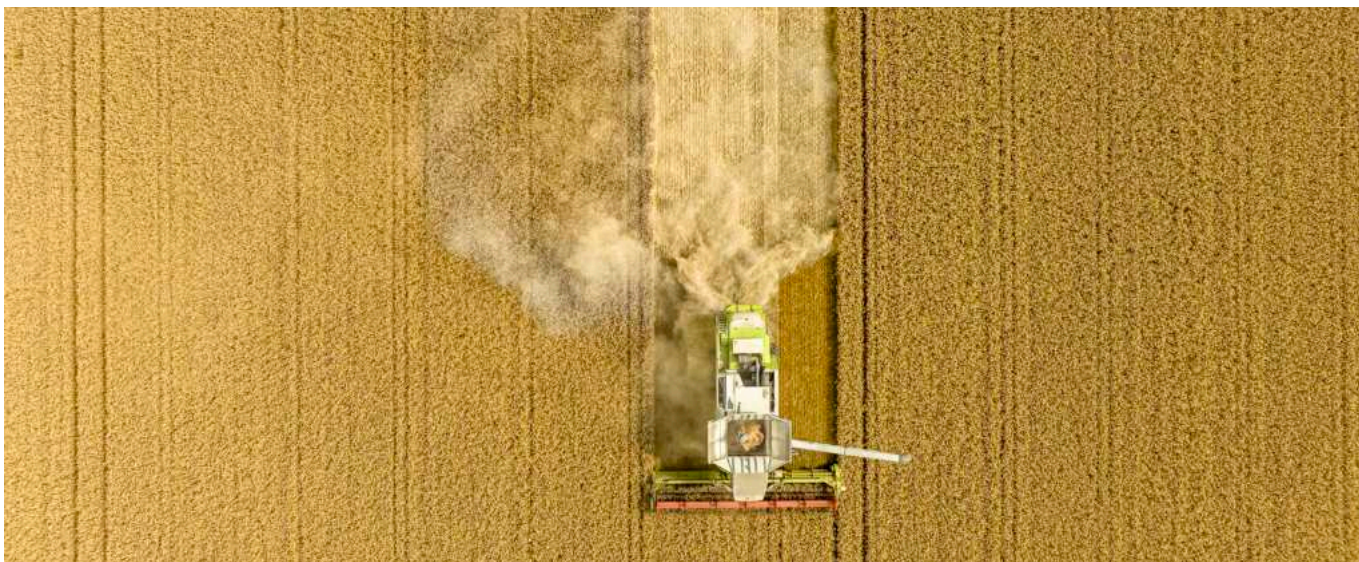
Rc-waarde: 4,7 m²K/W



DRIE THEMATISCHE VERKENNINGEN

DUURZAAMHEID

MENNO SCHOKKER • MEROSCH



GETTY

Waarom willen we isoleren met biobased materiaal in plaats van met de traditionele materialen zoals steen- en glaswol en EPS?

De hoeveelheid isolatiemateriaal dat we in Nederland nodig hebben voor onze bouwopgave (nieuwbouw en renovatie) tot 2050 is enorm. Grofweg 407 tot 814 miljoen m³ aan materiaal¹. Dat staat gelijk aan 6 tot 12 miljoen zeecontainers, genoeg om een toren van ruim 29 kilometer hoog te stapelen.

Stel je voor dat we deze opgave invullen met grofweg 50/50 steen- en glaswol. Dan stoot de productie van dit materiaal circa 22 Megaton CO₂ uit. Dat is ongeveer 46% van ons sectorale Paris Proof budget tot 2050!²

Stel je nu voor dat we deze opgave invullen met enkel houtvezel isolatie (in de realiteit wordt het uiteraard een mix van meerdere materialen; hier gaat het om het gedachte-experiment). Dan stoten we hiermee 7,1 Megaton CO₂ uit³, en slaan we hiermee 11 Megaton CO₂ op. Dit is qua CO₂-uitstoot circa 15% van het CO₂ budget. Trekken we hier de CO₂-opslag vanaf, dan wordt het budget zelfs met 8,4% vergroot!

Uitgangspunt CO₂-berekening tabel

Op basis van data uit de Nationale Milieudatabase en de A2-dataset. Er is een gemiddelde woninggrootte van 120m² aangehouden met een compactheid van 1,6. De isolatiewaarden zijn gebaseerd op de Standaard en Streefwaarde voor woningisolatie.

Isolatiemateriaal	CO ₂ uitstoot tot 2050	% van Paris Proof budget tot 2050	CO ₂ opslag tot 2050	% van budget incl. CO ₂ opslag
50/50 steen/glaswol	21,7 Megaton	46,2 %	0 Megaton	46,2%
Houtvezel	7,1 Megaton	15,0 %	11,0 Megaton	- 8,4 % (negatief!)
Cellulose	15,4 Megaton	32,8 %	26,4 Megaton	-4,3 %
Stro	13,1 Megaton	27,9%	92,2 Megaton	-168,2 %
Henep	15,6 Megaton	33,1%	17,0 Megaton	-3,1 %

1

Uitgaande van het isoleren van 8 miljoen bestaande woningen en 225 miljoen m² utiliteit en het bouwen van 1 miljoen nieuwe woningen en 70 miljoen m² nieuwbouw utiliteit. Het benodigde volume verschilt per isolatiemateriaal en afhankelijk van de Lambda-waarde.

2

Op basis van het rapport 'CO₂-impact van de Nederlandse Bouw, met een herijkt budget in 2023 voor het beperken van de temperatuurstijging tot 1,5 graden Celsius. www.copper8.com/wp-content/uploads/2024/03/CO2-impact-van-de-Nederlandse-Bouw.pdf

3

Uitgaande van getallen anno 2024. Dit zal positiever worden wanneer we de verduurzaming van de industrie meerekenen. Dit geldt ook de biobased materialen. Dit is voor dit gedachte-experiment niet meegenomen.

Als oplossing voor de overschrijding van één van de meest urgente planetaire grenzen, klimaatverandering, is het isoleren met biobased materialen zeer relevant. Het goede nieuws is dat de biobased isolatiematerialen die in deze handreiking behandeld worden, goed opschaalbaar zijn. We staan momenteel op het punt in de transitie, dat de materialen uit deze handreiking op grote schaal toegepast worden in meer mainstream gebieds- en projectontwikkelingen. Er is duidelijk in de markt te zien dat de tijd van biobased experimenten in bijvoorbeeld alleen bijzondere circulaire/biobased paviljoens en villa's, voorbij is. Er wordt hard gewerkt aan, en ervaring opgedaan met, het verkrijgen van de juiste certificering om aan regelgeving te voldoen op het gebied van brandveiligheid, akoestiek, LCA's, etc. Verder, als we deze biobased isolatiematerialen op een juiste manier toepassen, dan is het een win-win oplossing voor meer zaken dan alleen bovengenoemde CO2-opgave. De argumenten hiertoe worden steeds bekender.

Om beknopt de kern op te sommen, het is een win voor:

- de gezondheid van de gebruiker dankzij de vochtregulerende, dampopen én hittewerende eigenschappen (hoge faseverschuiving). Hittewerendheid is van groot belang, gezien de toenemende hitteperiodes in de zomer. Dit werd van oudsher geborgd door de toepassing van zware betonnen constructies en/of wanden; met de juiste biobased isolatiematerialen krijg je dit er naast de andere voordelen als extra bij.
- De gezondheid van de mensen die werken met het materiaal op de bouwplaats, vanwege het gebrek aan vrijkomende fijne stofdeeltjes die wel veel vrijkomend bij gebruik van glas- en steenwol.
- De Nederlandse boeren en de huidige stikstofcrisis: we kunnen onze boeren een alternatief verdienmodel bieden, zie de Nationale Aanpak Biobased Bouwen. Onze Nederlandse boeren verbouwen, als alternatief op de CO2- en stikstof intensieve veeteelt, hernieuwbare isolatie grondstoffen, en de bouwers bouwen er vervolgens gebouwen mee.
- Ons grondstoffen verbruik, omdat het hernieuwbaar materiaal is. Al is dit niet het meest relevante argument, omdat de grondstoffen voor de grote alternatieven steen- en glaswol (basalt, zand, kalksteen) veel voorhanden zijn en goed te recyclen zijn.
- Én dus de strijd tegen klimaatverandering vanwege minder CO2 uitstoot tijdens het productieproces en de CO2 opslag tijdens de groei van de grondstof.



Menno Schokker

Senior adviseur circulair en biobased bouwen bij Merosch. Hij werkt daar met name aan duurzame visies en concepten voor gebieds- en projectontwikkelingen. Meer informatie over de auteur en dit onderwerp is te vinden op www.merosch.nl.

Kortom, de relevantie is groot en er zijn vele voordelen van het toepassen van biobased isolatiemateriaal. Bij deze dan ook de oproep om in uw project, hetzij uw eigen huis, een gebieds- of projectontwikkeling of beleidsvorming, de toepassing van deze materialen te stimuleren. Als u dit doet, dat doet u veel meer dan alleen het reduceren van de CO2-voetafdruk van uw project, waar doorgaans de meeste aandacht voor is.

U doet zelfs vijf zaken:

1. U stimuleert deze opkomende markt doordat u vraag creëert. Met alle voordelen van dien zoals hierboven geschetst.
2. U stimuleert / beloont de professionals die werken aan deze transitie, in plaats van mensen die het huidige (ongezonde) systeem in stand willen houden.
3. U stimuleert niet de traditionele markt(partijen).
4. Sterker nog, bij voldoende kritische massa gaan zelfs de directieleden van de grote traditionele organisaties achter hun oren krabben en biobased alternatieven ontwikkelen.
5. U inspireert weer andere mensen (of zet op z'n minst aan tot nadenken), om hier wat mee te doen, die vervolgens ook helpen aan vraagcreatie, etc etc.

De relevantie van deze vijf punten is vanuit transitiekunde van groot belang. Het biedt hoop en handelingsperspectief op individueel niveau, te midden van het complexe systeem waar we ons als individuen in bevinden. Uiteraard hebben we voor het slagen van de transitie ook sterk overheidsbeleid nodig. Daar lijkt Europese wet- en regelgeving leidend in te gaan worden. Deze handreiking laat intussen alvast de win-win weg zien.

BRANDVEILIGHEID EN BOUWFYSICA

SASKIA HEGEMAN EN HARM VALK • NIEMAN RAADGEVENDE INGENIEURS



ISOCELL

Biobased bouwen is hot. De potentie van bouwen met hergroeiende bouwmaterialen is enorm en zou in een klap een hele serie bezwaren kunnen wegnemen die kleven aan het traditionele bouwen met beton, staal en kunststoffen. Maar materialen uit de natuur zijn vanuit hun aard gevoelig voor vocht en als basismateriaal bijna zonder uitzondering brandbaar. Bovendien zijn normen en bouwregels vaak onbewust gebaseerd op bouwen met traditionele materialen. In dit artikel een praktische benadering gebaseerd op gedegen onderzoek, bouwfysische kennis en logica.

DE BOUWFYSICA VAN BIOBASED BOUWEN

Veel van onze normen, standaardoplossingen en zelfs eisen in de bouwregelgeving zijn bewust of onbewust gebaseerd op bouwen met steenachtige materialen. Dat geldt ook voor vuistregels die we hanteren tijdens een ontwerpproces. Bijna alle biobased materialen verschillen principieel van steenachtige materialen, door samenstelling, structuur en eigenschappen. Bouwen met biobased materialen vereist dat we ons daarvan bewust zijn. Soms ligt dat voor de hand, zoals bij de mechanische sterkte en de brandveiligheid. Maar vaak ook vraagt het om een inzicht in en begrip van bouwfysische aspecten. Dat betekent op basis van functionele eisen en kennis van het materiaal komen tot slimme keuzes, waarbij de positieve eigenschappen van biobased materialen tot hun recht komen en we bewust omgaan met eigenschappen die aandacht vragen. Die benadering vraagt om kennis en inzicht. In dit artikel combineren we de meest recente inzichten met bouwkundige ervaring en bouwfysische kennis. We doen dat voor de belangrijkste bouwfysische aspecten van biobased bouwen, de gevoeligheid voor vuur en vocht, of preciezer gezegd: de aspecten brandveiligheid en vochtgedrag.

BRANDVEILIGHEID

Net als een aantal traditionele isolatiematerialen zijn biobased isolatiematerialen brandbaar. Het brandgedrag is sterk afhankelijk van de verwerkingswijze. In algemene zin kan worden gesteld: hoe zwaarder en compacter de structuur, hoe beheersbaarder het brand- en verkolingsproces. Toepassing in brandwerende wanden (30 tot zelfs 60 minuten) is mogelijk, mits de toegepaste plaatlagen rondom het biobased materiaal de vroegtijdige inbranding voorkomen. Deze plaatlagen zijn vaak ook nodig om snelle ontsteking en branduitbreiding over het oppervlak te voorkomen: veel biobased isolatiematerialen behalen niet "klasse D", die in vrijwel alle gebouwen vereist wordt voor materialen die grenzen aan de binnenlucht. In bijvoorbeeld vluchtroutes zijn deze materiaaleisen zelfs nog zwaarder.

In de bouw groeit de aandacht voor wat er ná die 30 of 60 minuten gebeurt. Op dat moment zijn plaatlagen weggevallen en draagt, wanneer de brand nog niet geblust is, het biobased materiaal bij aan de brandlast: er is niet langer sprake van "brand in een gebouw", maar van "gebouw in brand". Wanneer we brandbare materialen "in het zicht" toepassen gebeurt dit zelfs al vroeg in het brandverloop. Test- en rekenmethodes zijn meestal geënt op traditioneel, steenachtig bouwen en houden alleen rekening met brandlast in het meubilair: dat wringt. Biobased materialen houden warmte daarbij vaak goed én lang vast, wat brandbestrijding uitdagend maakt. Er is meer bluswater nodig en vanwege de gloeiendhete wanden en plafonds kan de brandweer het vuur alleen van een afstand bestrijden. Wat dat betreft is brandveilig bouwen in biobased eerder een ontwerpfilosofie dan een stapeling van bouwregels: slimme oplossingen zijn mogelijk, maar vragen nét wat meer aandacht en risicobeoordeling.



Saskia Hegeman

Senior adviseur Brandveiligheid bij Nieman Raadgevende Ingenieurs en Business Developer bij de Nieman Groep.

Harm Valk

Senior adviseur energie en duurzaamheid bij Nieman Raadgevende Ingenieurs. Meer informatie over de auteurs en dit onderwerp is te vinden op www.nieman.nl.

VOCHTGEDRAG

Biobased materialen hebben vochtregulerende eigenschappen: ze kunnen een zekere hoeveelheid vocht opnemen en ook weer afgeven aan hun omgeving. Het vochtgehalte in het materiaal mag echter niet te hoog worden. Want alle materialen van plantaardige oorsprong kunnen door inwerking van schimmels afgebroken worden en voor schimmelgroei is een zeker vochtgehalte in het materiaal nodig.

Om de vochtregulerende eigenschappen te benutten worden biobased materialen bij voorkeur in een dampopen constructie toegepast. Dit wordt vaak -feitelijk ten onrechte- 'ademen' genoemd. Het is namelijk een puur fysisch proces. Daarbij gaat het om een relatief kleine hoeveelheid vocht, enkele grammen per m². Het is daarom van belang dat het vochtaanbod (en de vochtgift) ook in die orde van grootte zijn. Dat sluit goed aan bij de hoeveelheid waterdamp in de lucht, de relatieve vochtigheid. Maar je mag biobased isolatiematerialen zoals stro, houtvezel en cellulose nooit blootstellen aan direct vloeibaar vocht, want dan gaat het al snel over 'liters' in plaats van 'grammen'. Nu zal niemand onbehandelde biobased (isolatie-) materialen toepassen als gevelafwerking of op plaatsen waar spatwater te verwachten is. Maar bij isolatiematerialen is het daarom ook van belang dat er geen convectief luchttransport ontstaat. Bijvoorbeeld grote hoeveelheden lucht die via naden

en kieren door constructies stromen. Dan vindt namelijk onvermijdelijk condensatie plaats. Dat kan zoveel vocht inhouden dat vochtplekken zich gaan aftekenen, maar ook dat het de kritische vochtigheid van het isolatiemateriaal wordt overschreden en het kan gaan schimmelen en rotten. Het goed luchtdicht uitvoeren van thermisch geïsoleerde constructie is daarom strikt noodzakelijk. Voor isoleren met biobased materialen geldt daarom: dampopen is prima, maar luchtdicht moet.

MEER WETEN?

In dit artikel zijn handvatten gegeven voor bouwen met biobased materialen vanuit bouwfysisch perspectief. De kennis over en ervaring met biobased materialen groeit als een vezelgewas; snel dus. Bijna wekelijks zijn er nieuwe testresultaten, regelmatig worden nieuwe inzichten gedeeld vanuit gerealiseerde projecten. Samen met de bouwfysische handvatten uit dit artikel vormt het gereedschap voor het succesvol realiseren van duurzame projecten in elke betekenis: degelijk, verantwoord, fraai en vanzelfsprekend circulair.

STEDENBOUW

BAS HORSTING



Atelier Schmidt / Beat Brechbühl

Een complete, inclusieve, duurzame stad maken is een complexe en uitdagende opgave die jaren van planning en uitvoering in beslag neemt. Woningtekort en betaalbaar wonen, materialenschaarste en stijgende bouwkosten, klimaatadaptatief en toekomstbestendig bouwen drukken allemaal een stempel op de stedenbouw en architectuur in Nederland. Gelukkig zien we wat betreft isoleren in toenemende mate aandacht voor biobased materialen, de relatie met stedenbouwkundige aspecten en zelfs het ontstaan van de contouren van een bioregionale aanpak. Met vallen en opstaan, dat wel.

EEN EENDUIDIGE TAAL MET DE JUISTE FOCUS

Biobased isoleren is zowel aan een opmars als een inhaalslag bezig. De aandacht voor energieverbruik heeft geleid tot een positieve impuls op goed isoleren (hoge Rc-waarde) en tot aanzienlijke stappen richting de Parijsdoelen ten aanzien van CO₂-reductie voor verwarming en koeling. De introductie van BENG en TOjuli hebben geleid tot een eenduidige manier om de energieprestatie te berekenen.

Eenzelfde positieve impuls is nu nodig om de materiaalgebonden CO₂ uitstoot en CO₂ opslag van isolatiematerialen mee te nemen in duurzaamheidsberekeningen. Het wettelijk kader voor circulair bouwen is nu de MPG en dit blijkt helaas niet afdoende om biobased bouwen of isoleren de standaard te maken. Indicatoren zoals toegepast door Cirkelstad in 'Het Nieuwe Normaal' – die het mogelijk maken te sturen op materiaalgebonden CO₂-uitstoot, CO₂-opslag en hernieuwbare materialen – onderscheiden biobased materialen wel van fossiele of minerale alternatieven.

STEDENBOUW EN BIOBASED ISOLEREN

Hoe verhoudt biobased isoleren zich tot stedenbouw? Biobased isoleren betekent niet per se een compleet andere manier van stad maken. Toch is het belangrijk voor stedenbouwkundig ontwerpers kennis te nemen van een aantal aspecten. Hier is een analogie te

maken met de opkomst van biobased bouwen (houtbouw). Met de ondertekening van de Green Deal Convenant Houtbouw van de Metropoolregio Amsterdam hebben ruim 140 ondertekenaars zich gecommitteerd in te zetten om 20% van de nieuwbouwwoningen te realiseren met een houten draagconstructie. Met het houtbouwconvenant is ook de impact op stedenbouw onderzocht. Een belangrijke conclusie is dat houtbouw meer ruimte vraagt. Bruto verdiepingshoogtes zijn vaak iets hoger (ca. 3,15m) omdat vloeren dikker zijn. Ook kolommen en wanden nemen meer ruimte in ten opzichte van traditioneel bouwen in beton en overspanningen zijn over het algemeen wat kleiner dan bij tunnelbouw.

Biobased isoleren heeft een soortgelijke impact als houtbouw: een over het algemeen een dikker gevel- of dakpakket (en daarmee diepere gebouwen) t.o.v. traditionele isolatiematerialen, zeker als het gecombineerd wordt met passiefbouwprincipes. Dit biedt ook kansen om stedenbouwkundig en architectonisch keuzes te maken. Bijvoorbeeld door bij raampartijen diepe neggen voor te schrijven die de schaduw- en dieptewerking versterken. Tegelijkertijd zijn Rc-waardes niet heilig en is er het risico met een focus op isolatiewaarde dat gevelopeningen geminimaliseerd worden. Dit komt zowel de leefkwaliteit als het straatbeeld niet ten goede. Hierin moet altijd een goede afweging te worden gemaakt tussen woonkwaliteit (uitzicht, direct zonlicht, daglichttoetreding) en de energieprestatie van een gevel.

Een ander stedenbouwkundig aspect betreft de dakvorm. Voor het toepassen van een dampopen dakopbouw kan het bouwfysisch logischer zijn om schuine daken in plaats van platte daken toe te passen. Voor laagbouw is dit niet ongebruikelijk maar bij hoogbouw kan het een grote invloed hebben op de uitstraling van een wijk. We zijn immers gewend aan hoge gebouwen met platte daken, gedicteerd door efficiënte constructiemethodes en de noodzaak installaties toe te voegen.

De verwachting is dat hittestress in de toekomst zal toenemen. In stedenbouwkundige plannen is inmiddels veel aandacht in de openbare ruimte voor minimaal verhard en maximaal groen inrichten, met veel schaduwrijke plekken en routes voor fietsers en voetgangers. Op gebouwniveau is steeds meer aandacht voor passief bouwen principes zoals het werken met overstekken, groene gevels, buitenzonwering en zomernachtventilatie. Het lijkt logisch om biobased isolatie vanwege het hoge warmte-accumulerend vermogen toe te voegen aan dit palet. Het kan nog wel eens erg waardevol blijken en bijdragen om kostbare, milieu-intensieve koelinstallaties te voorkomen en wellicht op termijn zelfs volledig installatieloos te kunnen bouwen. Een bijkomend voordeel is dat het daarmee mogelijk bijdraagt de belasting van het elektriciteitsnetwerk of netcongestie te voorkomen.

Tot slot heeft biobased bouwen en isoleren impact op de vormfactor GO/BVO (verhouding gebruiksoppervlakte/bruto vloeroppervlakte) van gebouwen. Door dikkere gevelpakketten en vaak kleinere overspanningen is er om hetzelfde GO te realiseren meer BVO nodig. Stedenbouwkundigen werken bij voorkeur met BVO's maar moeten zich realiseren dat er met houtbouw in combinatie met biobased isoleren toch een paar procenten minder GO te realiseren zijn ten opzichte van traditioneel bouwen. Het is aan te raden in stedenbouwkundige plannen en massastudies zowel goed te testen hoeveel BVO als GO gerealiseerd kan worden. Bij gronduitgifte en tenders is het van belang te sturen op maximaal GO om een level playing field te creëren tussen conventionele en biobased bouwmethodes. Ook is het van belang dat bouwveloppen hier rekening mee houden en voldoende ontwerpruimte laten.

EEN BIOREGIONALE AANPAK

Stad en land zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Eeuwenlang is onze directe omgeving bepalend geweest voor onze manier van bouwen en haalden we bouwmaterialen uit de regio. Met de transitie naar een circulaire economie is er weer volop aandacht om te onderzoeken wat onze omgeving ons kan bieden qua (hernieuwbare) materialen in plaats van materialen van over de hele wereld met veel verborgen impact te gebruiken.

De schaal van ons landschap is niet geschikt om grootschalige productiebossen te maken voor constructiehout. Echter is de bodem wel geschikt om vezelgewassen zoals vlas, vezelhennep, tarwe, olifantsgras en lisdodde te telen. Al vraagt het om een goede afstemming met voedselproductie of watermanagement. De eiwittransitie (minder vlees eten) in combinatie met het inkrimpen van de veestapel biedt kansen voor teelt van vezelgewassen en daarmee een alternatieve businesscase voor boeren.

De Nationale Aanpak Biobased Bouwen legt een goede basis voor het stimuleren van een bioregionale aanpak. Het uitvoeringsprogramma Building Balance heeft dit opgepakt en initieert, stimuleert en ondersteunt zelfstandige regionale en landelijke ketens met als duidelijk doel stad en land te verbinden: van land tot pand.



Bas Horsting

Adviseur duurzame gebiedsontwikkeling met een focus op circulair bouwen voor gemeente Amsterdam. Hij heeft een achtergrond als architect en stedenbouwkundig ontwerper.

SAMEN STAD MAKEN

Een duurzame stad bouwen lukt niet alleen. Het gaat samen met een goede samenwerking met marktpartijen, met betrokken en uitdagend opdrachtgeverschap en inspirerende ontwerpkracht. En het eerlijk met elkaar delen van goede en minder goede ervaringen.

Gemeente Zwolle heeft inspirerend opdrachtgeverschap getoond door met het College van Rijksadviseurs de "Ontwerpprijsvraag biobased en natuurinclusief bouwen op de Nieuwe Veemarkt" uit te schrijven. Het heeft een schat aan kennis en ervaring voor de bouwpraktijk opgeleverd. In tenders heeft gemeente Amsterdam de focus verschoven van uitdagen op energieprestatie naar uitdagen op het terugdringen van materiaalgebonden CO₂-uitstoot en het uitvragen op verantwoord materiaalgebruik.

De bouw is nog nooit zo divers geweest. Innovaties buitelen over elkaar heen en tegelijkertijd wordt er ook nog ontzettend veel met traditionele bouwmethodieken gebouwd. Een gebouw met houten draagconstructie met biobased isolatie en houten gevelbekleding kan staan naast een traditioneel project met betonnen draagconstructie, minerale isolatie en gevelbekleding in volle baksteen. Pilots met het verwaarden van CO₂-opslag in bouwmaterialen via carbon credits zijn veelbelovend maar tegelijkertijd zijn bijvoorbeeld eisen aan brandwerendheid en de daarvoor te maken kosten door biobased isolatiemateriaal extra in te moeten pakken een bottleneck in de financiële haalbaarheid.

Een transitie lijkt voorzichtig in gang gezet maar is tegelijkertijd fragiel zo lang landelijke wetgeving achterblijft. Voor opschaling en het halen van de klimaatdoelen is snelheid nodig en voorlopig lijken minerale en fossiele isolatiematerialen nog de standaard in projecten. Een gedeeld gevoel van urgentie over duurzaam materiaalgebruik is ontstaan, maar helaas nog niet vertaald in meer dwang en drang. Tot die tijd blijft intensieve samenwerking en kennisuitwisseling ontzettend belangrijk en daar levert Laag voor Laag gelukkig een waardevolle bijdrage aan.



VOORUITBLIK, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Woontoren in de wijk Hyllie, Malmö. In aanbouw.



EcoCocon / Rimalis Tarvydas

Biobased isoleren is zonder twijfel in opmars, ook voor middelhoge woningbouw. In deze studie hebben we ervoor gekozen om alleen naar opgeleverde en bijna opgeleverde projecten te kijken om juist de ervaringen van het gehele ontwerp- en bouwproces te belichten. Er zijn echter een aantal projecten die tijdens het opstellen van deze studie in aanbouw zijn of op de tekentafel liggen die we graag willen benoemen.

In 2024 is met de bouw van twee hoge gebouwen met stro-isolatie begonnen. Eén in Frankrijk, de andere in Zweden. Oplevering staat gepland voor eind 2025, respectievelijk begin 2026.

Résidence Carnot in Saint-Dié-des-Vosges is een vervolgproject op Résidence Jules-Ferry, project nummer 3 in deze publicatie. Hetzelfde team van opdrachtgever woningcorporatie Le Toit Vosgien en architect ASP Architecture bouwt hier 27 sociale huurwoningen verdeeld over 11 bouwlagen. Net zoals Résidence Jules-Ferry heeft het gebouw een passiefhuis standaard. De gevelelementen worden uitgevoerd in HSB met inblaas stro. Optimalisatie van de houtconstructie heeft ten opzichte van het eerdere stroproject een houtbesparing van 40% opgeleverd.

In de wijk Hyllie in Malmö wordt momenteel een woontoren met 11 bouwlagen en 52 appartementen gerealiseerd. Het gebouw, ontworpen door Kaminsky Arkitektur, wordt met prefab stro-elementen (EcoCocon) gebouwd. De gehele constructie, inclusief liftschat en trappenhuis, bestaat uit CLT. De stro-elementen zijn fabrieksmatig geproduceerd op circa 300km afstand van Malmö.

Het project van ontwikkelaar ETC Bygg is, zoals al hun projecten, gefinancierd door middel van crowdfunding.

In Parijs en in Nantes zijn op dit moment interessante gebiedsontwikkelingen gaande waarbij biobased isolatiematerialen een hoofdrol spelen.

In Chapelle Charbon in het noorden van Parijs worden de komende jaren 375 woningen plus commerciële ruimtes en faciliteiten langs een nieuw park gerealiseerd. De doelstelling: low-carbon design, energie-efficiëntie en zomercomfort. Voorafgaand aan de tenderprocedure werd in opdracht van gebiedsontwikkelaar Paris et Métropole Aménagement voor de gemeente Parijs een uitgebreide voorstudie gedaan als richtlijn voor de ontwerpers. Hierin werden technische toepassingen, kosten en CO₂-voetafdruk van zowel biobased en geobased bouwmaterialen onderzocht. In totaal worden er 6 woongebouwen gerealiseerd waarvan 2 torens met 11 bouwlagen. De twee torens worden met inblaasstro geïsoleerd, in de andere gebouwen wordt houtvezel- en hennepisolatie toegepast. De oplevering staat gepland voor 2027. In Nantes transformeert Nantes Métropole Aménagement het gebied Pirmil – Les Isles, waarbij de focus op bouwmethodes met een lage CO₂-impact en regionale beschikbaarheid ligt. Na een overlegproces met belanghebbenden werd een stedenbouwkundig plan opgesteld waarbij de belangrijkste materialisatie per perceel al vóór de aanbestedingsprocedure werd bepaald! Voor de isolatie is dat cellulose, hennep, kalkhennep, stro en leem-vezel-mengsels. Tijdens het gehele traject zijn er uitwisselingen tussen de

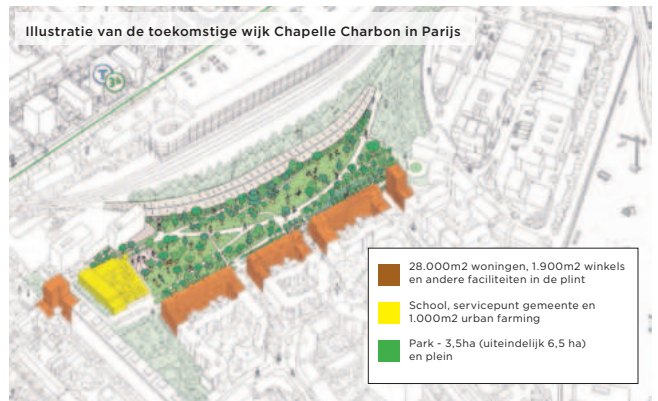


verschillende stakeholders (van materialenproducent tot gebruiker) gepland. Eind 2025 wordt met de bouw van de eerste 550 woningen gestart, oplevering is gepland voor 2028.

Maart 2025 is in Delft de bouw van The Urban Woods, ontwikkeld door The Urban Woods, gestart. Het ontwerp is van Urban Climate Architects. Dit houten gebouw van 10 lagen wordt volledig in CLT uitgevoerd. In de gevels wordt isovlas als isolatiemateriaal toegepast.

'Silo' in het havenkwartier in Deventer wordt door Heutink Groep ontwikkeld. In het 7-laagse project worden 23 appartementen gerealiseerd. Het ontwerp is van Space&Matter in samenwerking met NL Architects. De gemeente had in de tender-uitvraag de ambitie gedefinieerd om met dit project een 'biobased baken' te realiseren. 'Silo' krijgt een constructie van CLT en hergebruikt staal, de isolatie wordt van vlas of hennep en de gevelafwerking van een biocomposiet. De bouwstart staat gepland voor eind 2025, de oplevering in 2027.

'Salix' in park Meerland Eindhoven wordt een woontoren van 13 bouwlagen met 60 appartementen en isolatie van stro. Het gebouw is ontworpen door architecten|en|en en Bygg Architecture & Design in samenwerking met Strotec, de leverancier van de prefab stro-elementen (EcoCocon) voor de buitenwanden. De constructie bestaat deels uit beton, deels uit hout. De start van de bouw staat gepland voor medio 2026. Met dit project zou in Nederland het hoogste met stro geïsoleerde gebouw ter wereld komen te staan.



CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Ondanks dat in de meeste Europese landen de regelgeving voor het toepassen van biobased materiaal nog niet optimaal is, zijn er in diverse landen om ons heen goede voorbeelden te vinden van meerlaagse woningbouwprojecten waarbij gebruik is gemaakt van biobased isolatiemateriaal. Een aantal projecten hebben ook een houten constructie. Daarnaast toont La Maison Feuillette, gebouwd in 1920, ons dat een eenjarig gewas meer dan 100 jaar als hoogwaardig isolatiemateriaal kan fungeren. Mits het materiaal op de juiste manier wordt toegepast.

VORMGEVING

De meest vooruitstrevende projecten uit deze publicatie laten een eigen, specifieke vormtaal zien. Het is duidelijk dat de ontwerpers grondige kennis van het toegepaste materiaal hebben en daar in hun ontwerp ook naar handelen. De architectonische taal die zij hanteren volgt simpele bouwkundige principes. De rijksbouwmeester deelt deze conclusie naar aanleiding van de reeks prijsvragen 'Een Nieuwe Bouwcultuur', die door het College van Rijksadviseurs zijn uitgeschreven. Waar de logica van de natuur – temperatuur, vocht, wind en bodemgesteldheid – terugkeert in de architectuur. De projecten in Frankrijk, Duitsland, Zwitserland en Oostenrijk laten zien dat de verantwoordelijkheden van de architect vaak verder reiken dan in Nederland en dus meer betrokken zijn in alle fasen van het bouwproces. Daarbij is de samenwerking met ervaren adviseurs in een vroeg stadium van een project essentieel.

BOUWFYSICA & BRANDVEILIGHEID

Bij het bouwen met biobased materialen is het essentieel dat materialenkennis hand in hand gaat met bouwfysica. Wat zijn de kwaliteiten van de materialen en hoe kunnen deze optimaal worden benut? Het is in ieders belang dat we biobased materialen in gestapelde bouw op een veilige manier kunnen toepassen. Brandveiligheid en vochtgevoeligheid zijn belangrijke aandachtspunten. Er moet echter voor gewaakt worden dat het isolatiemateriaal zodanig wordt behandeld of ingepakt dat de specifieke kwaliteiten verloren gaan. Gezien alle voordelen is het een gemiste kans deze materialen slechts te laten fungeren als CO₂-opslag. Hiervoor is het belangrijk al in een vroeg stadium aandacht te hebben voor een goede bouwkundige en bouwfysische detaillering.

Bij het bouwen met biobased isolatiemateriaal gaat het vaak over 'dampopen' en 'luchtdicht' bouwen. Toleranties van de maatvoering van geprefabriceerde elementen en de kierdichting tussen prefab gevelelementen zorgen bijvoorbeeld voor uitdagingen m.b.t. luchtdichtheid. Zowel architecten als aannemers dienen zich hiervan bewust te zijn. Door te prefabriceren zorgt de aannemer ervoor dat het weer zo min mogelijk invloed heeft op de kwaliteit van de elementen. Een gebrek aan kennis bij de aannemer kan de planning van het bouwproces negatief beïnvloeden en de daarmee de bouwkosten onnodig opdrijven.

Bij enkele projecten zijn de dampopen en vochtregulerende

eigenschappen van de wanden bewust meegenomen in het totaalconcept. Het is verstandig om nieuwe bewoners hierop te wijzen omdat dit niet voor iedereen duidelijk zal zijn. Een simpele maar doeltreffende manier hiervoor is om ze een handleiding te geven waarin de geschikte afwerkingen, onderhoudsvorschriften, etc. in beschreven staan. Bij elk apparaat dat we aanschaffen is het immers normaal dat er een gebruiksaanwijzing meegeleverd wordt, waarom niet ook voor een 'woonproduct'?

VERANTWOORD OPDRACHTGEVERSCHAP

Opdrachtgevers van de geselecteerde projecten zijn zich zeer bewust van de ecologische impact die ze kunnen maken. Vaak ook zijn ze bereid om een pioniersrol te vervullen. Hoge duurzaamheidsambities vanuit de opdrachtgever zijn meestal het uitgangspunt voor de selectie van een architect. Vaak, niet altijd, deelt de architect deze ambities. In een aantal gevallen is het niet de ecologische impact, maar de lage energierekening waardoor met name woningcorporaties kiezen voor (of instemmen met) biobased isolatie. Daarnaast speelt het comfort van de bewoners een grote rol. Het verloop van tevreden huurders is over het algemeen laag. Bij een aantal projecten was het gebruik van biobased materialen al in de stedenbouwkundige randvoorwaarden vastgelegd, werd het uitgevraagd of sterk aangemoedigd binnen de tenderprocedure.

MATERIALEN

In de geselecteerde projecten spelen vier biobased isoatiematerialen de hoofdrol: stro, kalkhennep, houtvezel en cellulose. Cellulose en houtvezel zijn gestandaardiseerde materialen waarvan een uitgebreide technische documentatie beschikbaar is. Daarnaast is het bij grote leveranciers vaak ruim voorradig. Dit maakt de overstap van 'conventioneel' naar 'biobased' relatief makkelijk. De details verschillen ook nauwelijks van de standaard houtskeletbouwdetails. Houtvezel- en cellulose-isolatie komen vaak – niet geheel toevallig – uit Duitsland, Oostenrijk, Zwitserland en Frankrijk en zijn voornamelijk getest voor de daar gebruikelijke bouwmethodes. Met betrekking tot brandveiligheid zijn daarom aanvullende testen nodig die bij de Nederlandse bouw- en regelgeving aansluiten. Hier wordt momenteel hard aan gewerkt.

Stro en kalkhennep zijn op dit moment nog een niche. Daar komt bij dat er relatief weinig geteste wandopbouwen, gecertificeerde producten, leveranciers en aannemers zijn. Bijzonder is wel dat beide materialen direct kunnen worden afgewerkt met leem- of kalkstuc, zonder tussenliggend plaatmateriaal. Dit vereist wel meer kennis, maar biedt ook veel kansen voor zowel het binnenklimaat als voor de architectonische vormgeving. Momenteel is er een enorme ontwikkeling gaande om deze materialen te standaardiseren en ze efficiënter toe te passen door middel van prefabricage en inblaasstechniek. Dat zowel granen als hennep ook in Nederland verbouwd worden, biedt ook kansen voor de landbouw en bioregionale ketens.

REGELGEVING

Onze huidige regelgeving kent net als in andere Europese landen beperkingen bij het toepassen van biobased isolatiemateriaal. Veel van onze normen, standaardoplossingen en zelfs eisen in de bouwregelgeving zijn bewust of onbewust gebaseerd op bouwen met steenachtige materialen. Kennis van materialen én regelgeving zijn nodig om met biobased materialen tot werkbaar en veilige oplossingen te komen. We zien dat ervaren adviseurs met innovatieve oplossingen binnen de wettelijke kaders het verschil hebben weten te maken. Ook materiaalspecifieke eigenschappen worden tot nu toe te weinig meegewogen in de regelgeving. Deze eigenschappen kunnen wel degelijk een positieve invloed hebben op bijvoorbeeld het energieverbruik of de hoeveelheid toegepaste installaties. Een statische Rc-waarde doet dit te kort. Ondanks dat de Nederlandse overheid wacht op de Europese regelgeving doet het bedrijfsleven er verstandig aan het biobased bouwen (en isoleren) te omarmen. De Europese regelgeving komt er onvermijdelijk en de CO2 budgetten raken snel op. Frankrijk loopt hierop vooruit met hun regelgeving (RE2020), die maximale waarden voor de materiaalgebonden CO2-emissies definieert. Deze regelgeving wordt in de komende jaren flink aangescherpt. Het biobased bouwen neemt hierdoor op dit moment in Frankrijk een enorme vlucht. Daarnaast wordt er in Frankrijk niet gerekend met een minimale Rc waarde maar met een energieverbruik per woning. Dit biedt meer ruimte voor het toepassen van biobased (isolatie) materiaal, vooral in een stedelijke context met veel druk op de bruto-netto verhoudingen.

ERVARINGEN DELEN

Ten slotte is het belangrijk dat bewoners van gebouwen die met biobased isolatie gebouwd zijn hun ervaringen delen. Dit kan koudwatervrees wegnemen en mensen bekend maken met de voordelen die deze materialen te bieden hebben. Een nieuwe bouwcultuur betekent ook een nieuwe wooncultuur. Wonen in een biobased geïsoleerde woning kent veel voordelen: er heerst over het algemeen een goed binnenklimaat met een goede vochtregulering en een bijkomstig lagere energierekening. Het vergt wél vaak een ander beheer en onderhoud.

Disclaimer: tijdens het analyseren van de 13 voorbeeldprojecten hebben we met ongeveer de helft van de betrokken architectenbureaus een interview afgenomen. De andere helft heeft ons telefonisch of per e-mail geïnformeerd over hun ervaringen met biobased isoleren in gestapelde woningbouw. We hebben geen adviseurs, aannemers of opdrachtgevers gesproken.

AANBEVELINGEN

ALGEMEEN

Bij de ontwikkeling van een project dient minstens één van de betrokken partijen kennis en praktijkervaring te hebben van het bouwen met biobased materiaal. Het is daarom essentieel deze partijen in een zo vroeg mogelijk stadium in het ontwerpproces te betrekken.

VOOR OPDRACHTGEVERS

De rol van de opdrachtgever is cruciaal. Naast ambitie en doorzettingsvermogen is er vertrouwen in het team nodig om onbekende paden te bewandelen en ervaring op te doen met deze manier van ontwerpen en bouwen.

VOOR ARCHITECTEN

Architecten kunnen samen met adviseurs een pioniersrol vervullen en verantwoordelijkheid nemen door materialenkennis te combineren met ontwerpkracht. Dit vraagt wel om brede kennis, een grotere verantwoordelijkheid in het bouwproces én het ontwikkelen van een nieuw ontwerpvocabulaire.

VOOR AANNEMERS

De bouwplaats verplaatst zich deels naar de werkplaats: prefabricatie heeft een positieve invloed op de kwaliteit van bouwen en minimaliseert de invloed van het weer, met name regen. Aannemers moeten veel kennis ontwikkelen om luchtdicht te bouwen. Dat is essentieel bij toepassing van biobased isolatiematerialen.

VOOR NATIONALE OVERHEDEN

CO2-emissies en andere milieueffecten van bouwmaterialen zouden sterker moeten worden meegewogen in regelgeving en subsidiebeleid. Het is belangrijk dat de overheid in samenwerking met onafhankelijke kennisinstellingen investeert in verder onderzoek en monitoring. We hebben daarvoor wel een overheid met visie nodig.

VOOR LOKALE OVERHEDEN

Gemeentes hebben veel mogelijkheden om biobased aan te jagen via tenderprocedures van nieuwe gebiedsontwikkelingen. Kennis bij het opstellen van stedenbouwkundige randvoorwaarden is belangrijk om voor biobased materialen een gelijkwaardig speelveld te scheppen.

VOOR BEWONERS

Een goede opdrachtgever zal bij de nieuwe woning een gebruiksaanwijzing leveren. Van de bewoners wordt verwacht dat zij deze naleven. Zij kunnen op deze manier tot in lengte van jaren genieten van de voordelen die deze materialen bieden.

SUMMARY AND RECOMMENDATIONS

Despite the fact that in most European countries the regulations for applying bio-based materials are not yet optimal, there are good examples in neighbouring countries of multi-storey housing projects which employ bio-based insulation materials. A number of projects also feature timber construction. In addition, La Maison Feuillette, built in 1920, shows us that an annual crop can serve as a high-quality insulation material for more than 100 years. Provided the material is applied in the right way.

DESIGN

The most progressive projects in this publication have their own specific design language. It is clear that the designers have thorough knowledge of the material used and act accordingly in their design. The architectural language they use follows simple architectural principles. The Netherlands chief government architect shares this conclusion in response to the series of 'A New Building Culture' competitions launched by the College of Government Advisors, in which the logic of nature - temperature, moisture, wind and soil conditions - returns to architecture. The projects in France, Germany, Switzerland and Austria show that the architect's responsibilities often extend further than in the Netherlands, and that they are thus more involved in all phases of the building process. In this respect, cooperation with experienced consultants at an early stage of a project is essential.

BUILDING PHYSICS & FIRE SAFETY

When building with bio-based materials, it is essential that knowledge of materials goes hand in hand with building physics. What are the qualities of the materials and how can they be optimally utilised? It is in everyone's interest to apply bio-based materials in multi-storey buildings in a safe way. Fire safety and moisture sensitivity are important concerns. However, care must be taken not to treat or pack the insulation material in such a way that the specific qualities are lost. Given all the advantages, it is a missed opportunity to let these materials only act as CO₂ storage. To this end it is important to pay attention to good structural and building physics detailing at an early stage.

Building with bio-based insulation materials often involves 'vapour-permeable' and 'airtight' construction. Tolerances in the dimensions of prefabricated elements and the gaps between prefabricated façade elements, for instance, create challenges in terms of airtightness. Both architects and contractors should be aware of this. By prefabricating, the contractor ensures that the weather has as little influence as possible on the quality of the elements. A lack of knowledge on the part of the contractor can negatively affect the planning of the building process and thus unnecessarily increase construction costs.

In some projects, the vapour-permeable and moisture-regulating

properties of the walls were deliberately included in the overall concept. It is wise to point this out to new residents as it will not be obvious to everyone. A simple but effective way to do this is to give them a manual outlining the suitable finishes, maintenance requirements, etc. After all, it is customary to receive an instruction manual on purchasing a household product, why not also for a 'residential product'?

RESPONSIBLE COMMISSIONING

Clients of the selected projects are very aware of the ecological impact they can make. They are also often willing to play a pioneering role. High sustainability ambitions from the client are usually the starting point for selecting an architect. Often, but not always, the architect shares these ambitions. In some cases, it is not the ecological impact, but the low energy bill that makes housing corporations in particular choose (or agree to) bio-based insulation. In addition, occupant comfort plays a major role. The turnover of satisfied tenants is generally low. In a number of projects, the use of bio-based materials was already stipulated in the urban planning conditions and was requested or strongly encouraged within the tender procedure.

MATERIALS

In the selected projects, four bio-based insulating materials play the main role: straw, lime hemp, wood fibre and cellulose. Cellulose and wood fibre are standardised materials for which extensive technical documentation is available. In addition, they are often widely available from major suppliers. This makes the transition from 'conventional' to 'bio-based' relatively easy. The details also differ very little from standard timber frame construction details. Wood fibre and cellulose insulation often come - not entirely coincidentally - from Germany, Austria, Switzerland and France and are mainly tested for the construction methods common in those countries. With regard to fire safety, additional tests are therefore needed to comply with Dutch regulations and construction methods. This work is currently under way.

Straw and lime hemp are currently still a niche. Additionally, there are relatively few tested wall structures, certified products, suppliers and contractors. An interesting characteristic of these materials, however, is that both can be finished directly with clay or lime plaster, without the need for intermediate board material. This does require more knowledge, but it also offers many opportunities for both indoor climate and architectural design. A huge development is currently under way to standardise these materials and apply them more efficiently through prefabrication and blow-in technology. The fact that both grains and hemp are also grown in the Netherlands also offers opportunities for agriculture and bioregional chains.

REGULATIONS

Our current regulations, as in other European countries, have restrictions on the use of bio-based insulation materials. Many of our standards, standard solutions and even requirements in building regulations are consciously or unconsciously based on building with stone-based materials. Knowledge of materials and regulations are needed to achieve workable and safe solutions with bio-based materials. We see that experienced consultants have managed to make a difference with innovative solutions within the legal frameworks. Also, material-specific properties have not yet been sufficiently taken into account in regulations. These properties can indeed have a positive influence on, for instance, energy consumption or the extent to which installations are required. A static Rc value does not reflect these additional properties.

Although the Dutch government is waiting for European regulations, the business community would be wise to embrace bio-based building (and insulation). The arrival of European regulations is inevitable and CO2 budgets are rapidly running out. France is anticipating this with their regulation (RE2020), which defines maximum values for material-related CO2 emissions. These regulations will be tightened considerably in the coming years. As a result, bio-based construction is currently taking off in France. In addition, France does not calculate with a minimum Rc value but with an energy consumption per dwelling. This offers more scope for the application of bio-based (insulation) materials, especially in an urban context where there is great pressure on gross-net ratios.

SHARING EXPERIENCES

Finally, it is important for occupants of buildings built with bio-based insulation to share their experiences. This can help to overcome fear of the unknown and to familiarise people with the benefits these materials have to offer. A new building culture also means a new living culture. Living in a bio-based insulated house has many advantages: there is generally a good indoor climate with good humidity regulation and a consequently lower energy bill. It does, however, often require different management and maintenance.

Disclaimer: while analysing the 13 sample projects, we interviewed approximately half of the architectural firms involved. The other half informed us by phone or e-mail about their experiences with bio-based insulation in multi-storey housing. We did not speak to consultants, contractors or clients.

RECOMMENDATIONS

GENERAL

The role of the client is crucial. Besides ambition and perseverance, it takes confidence in the team to walk unfamiliar paths and gain experience with this way of designing and building.

FOR CLIENTS

Architects, together with consultants, can pioneer and take responsibility by combining materials knowledge with design strength. However, this requires broad knowledge, greater responsibility in the building process and the development of a new design vocabulary.

FOR ARCHITECTS

The construction site moves partly to the workshop: prefabrication has a positive impact on building quality and minimises the impact of weather, especially rain. Contractors need to develop the required knowledge to construct in an airtight manner. This is essential when using bio-based insulation materials.

FOR CONTRACTORS

CO2 emissions and other environmental impacts of building materials should be more rigorously incorporated in regulations and subsidy policies. It is important that the government invests in further research and monitoring in cooperation with independent knowledge institutes. This requires a government with vision.

FOR NATIONAL GOVERNMENTS

Municipalities have many opportunities to promote the use of bio-based materials through tender procedures for new developments. Knowledge in drawing up urban planning conditions is important to create a level playing field for bio-based materials.

FOR LOCAL GOVERNMENTS

Municipalities have many opportunities to promote the use of bio-based materials through tender procedures for new developments. Knowledge in drawing up urban planning conditions is important to create a level playing field for bio-based materials.

FOR RESIDENTS

A good client will provide an instruction manual with new dwellings which residents are expected to comply with. In this way, they can enjoy the benefits these materials offer for years to come.

BRONNEN

VOORWOORD

La Maison Feuillette. (z.d.). Cncp-Feuillette. Opgevraagd op 20 november 2024, van <https://cncp-feuillette.fr/la-maison-feuillette/>

INLEIDING

De Jonge, H., Heijnen, V., Adema, P., Jetten, R., & Adriaansens, M. (2023). Nationale aanpak biobased bouwen. Rijksoverheid. Opgevraagd op [2024, 20 november]], van <https://open.overheid.nl/documenten/36800f92-e4bc-4d76-b152-073736609290/file>

NIEUWE REGELGEVING VANUIT DE EU

Nederlandse Emissieautoriteit (NEA). (2024, 11 september). Algemene informatie ETS-2. Opgevraagd op 16 december 2024, van <https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/algemeen-ets-2>

European Commission. (z.d.). Corporate sustainability reporting. Opgevraagd op 16 december 2024, van https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en

De Nederlandsche Bank (DNB). (2024, 8 augustus). CO₂-intensieve bedrijven betalen steeds hogere marktrentes. Opgevraagd op 14 december 2024, van <https://www.dnb.nl/algemeen-nieuws/achtergrond-2024/co2-intensieve-bedrijven-betalen-steeds-hogere-marktrentes/>

NEDERLANDSE CONTEXT

Building Balance. (n.d.). Brandveilig biobased bouwen: Unieke samenwerking zet vaart achter certificering. Retrieved February 24, 2025, from <https://buildingbalance.eu/actueel/brandveilig-biobased-bouwen-unieke-samenwerking-zet-vaart-achter-certificering/>

Duurzaam Gebouwd. (2022, March 23). Bouwen met vlas, hennep en andere biobased materialen. Retrieved from <https://www.duurzaamgebouwd.nl/artikel/20220323-bouwen-met-vlas-hennep-en-andere-biobased-materialen>

Ecodorp Boekel. (n.d.). Ecodorp Boekel. Retrieved February 24, 2025, from <https://www.ecodorpboekel.nl/>
Houtblad. (2024, September). Optimaal houtontwerp leidt tot bijzondere plattegrond – Woontoren Switi in Amsterdam. Retrieved from <https://ekowoodhouses.nl/actueel/detail/93/optimaal-houtontwerp-leidt-tot-bijzondere-plattegrond>

IEWAN. (n.d.). IEWAN – Ecologische woonwijk in Nijmegen. Retrieved February 24, 2025, from <https://www.iewan.nl/>

Nieman. (2022). Brandveiligheid biobased isolatiematerialen. Retrieved from https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/12/Technisch-rapport-Brandveiligheid-biobased-bouwmaterialen_def_002.pdf

KLIMAATZONE

European Environment Agency (EEA). (z.d.). Climate: Maps and charts. Opgevraagd op [2024, mei], van <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/climate>

MATERIALEN

Arup B.V. (2024). Onderzoek NTA 8800: Biobased [PDF].

Biobased Bouwen. (2024, 16 oktober). Artikelen. Kennisbank Biobased Bouwen. Opgevraagd op 30 november 2024, van <https://www.biobasedbouwen.nl/artikelen/>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2023, 3 oktober). Akkerbouwgewassen; productie naar regio 1994-2023. Centraal Bureau voor de Statistiek. Opgevraagd op 12 december 2024, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/7100oogs>

Delannoy, G., et al. (2024). Étude des possibilités de fin de vie du béton de chanvre [Manuscript].

De Vree, J. (z.d.-a). Warmtecapaciteit. Opgevraagd op 10 december 2024, van <https://www.joostdevree.nl/shtmls/warmtecapaciteit.shtml>

De Vree, J. (z.d.-b). Warmtegeleidingscoëfficiënt. Opgevraagd op 10 december 2024, van <https://www.joostdevree.nl/shtmls/warmtegeleidingscoefficient.shtml>

DGMR. (2023). Whitepaper: Hempcrete [PDF]. Opgevraagd van https://dgmr.nl/wp-content/uploads/2023/02/Whitepaper-Hempcrete_feb2023_DGMR.pdf

Dolmans, C., Van Ginkel, D., Van den Reek, D., Ringnalda, H. P., & Verhagen, A. (2024, 25 maart). Handreiking eenvoudig toepasbare biobased isolatiematerialen. Opgevraagd van <https://www.lente-akkoord.nl/nieuws/handreiking-eenvoudig-toepasbare-biobased-isolatiematerialen>

Eco-logisch. (2024). Stro. Opgevraagd op 30 november 2024, van <https://www.eco-logisch.nl/kennisbank/stro>

European Commission. (2024, 12 juli). Bioeconomy: Bio-based product | Knowledge for policy. Opgevraagd op 16 december 2024, van https://knowledge4policy.ec.europa.eu/glossary-item/bio-based-product_en

Everdingen, N. van. (2024c, 21 maart). Vernieuwbouwen met oude kranten. Kennisinstituut KERN. Opgevraagd op 20 november 2024, van <https://kennisinstituutkern.nl/blogs/cellulose-ervaringsbericht/>

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR). (2023). Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen [PDF]. Opgevraagd van https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/P20337_FNR_Brosch_Daemmstoffe_2023_v13r08_231208_bf.pdf

FASBA. (2025). BAU-EPD Fasba 2024-1 GaBi Baustroh [PDF]. Opgevraagd van <https://fasba.de/wp-content/uploads/2025/01/BAU-EPD-Fasba-2024-1-GaBi-Baustroh-20241223-Webseite.pdf>

Freya Vehulsdonk. (2024). Factsheet Biobased en Circulaire Isolatiematerialen. Opgevraagd van <https://openresearch.amsterdam.nl/page/99114/factsheet-biobased-en-circulaire-isolatiematerialen>

Groene Bouwmaterialen. (2024). Groene bouwmaterialen. Opgevraagd op 25 november 2024, van <https://www.groenebouwmaterialen.nl/biobased-bouwen/>

Informationsdienst Holz. (2021). Holzfaserdämmstoffe [PDF]. Opgevraagd van https://informationsdienst-holz.de/fileadmin/Publikationen/2_Holzbau_Handbuch/VDNR_IDH_Holzfaserdaemmstoffe_print_210419.pdf

Interreg Europe. (2022, 26 september). Good Practices – Environmental Regulation 2020 RE2020. Opgevraagd van <https://www.interregeurope.eu/good-practices/environmental-regulation-2020-re2020>

ISOCELL. (z.d.-a). Kreislaufdenken [PDF]. Opgevraagd van https://www.isocell.com/fileadmin/pim_copy/DOC/DOC_MA_ZELLULOSE_Kreislaufdenken_DE.pdf

ISOCELL. (z.d.-b). Sommerlicher Hitzeschutz [PDF]. Opgevraagd van https://www.isocell.com/fileadmin/pim_copy/DOC/DOC_MA_ZELLULOSE_Sommerlicher_Hitzeschutz_DE.pdf

ISOCELL. (z.d.-c). Von Natur aus ein Dämmstoff [PDF]. Opgevraagd van https://www.isocell.com/fileadmin/pim_copy/DOC/DOC_MA_ZELLULOSE_Von_Natur_aus_ein_Daemmstoff_DE.pdf

Minke, G. (2020). Straw Bale Construction Manual: Design and Technology of a Sustainable Architecture. Birkhäuser.

NEN. (z.d.). Biobased in beeld: Normen voor biobased producten. NEN. Opgevraagd van <https://www.nen.nl/nieuws/biobased-economy/biobased-in-beeld-normen-voor-biobased-producten/>

Opslag CO₂ in Hout. (z.d.). Opslag CO₂ in hout. Opgevraagd van <https://opslagco2inhout.nl/>

Reindsen, H. (2022, 19 januari). Vlas en hennep passen binnen EU-doelen. Nieuwe Oogst. Opgevraagd op 28 november 2024, van <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2022/01/19/vlas-en-hennep-passen-binnen-eu-doelen>

Stanwix, W. (2014). The Hempcrete Book. Green Books.

Walker, P., Thomson, A., & Maskell, D. (2020). Straw bale construction. In Nonconventional and vernacular construction materials (pp. 189-216). Woodhead Publishing.

Wikipedia. (2024). Cellulose. Wikipedia. Opgevraagd van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Cellulose>

Wikipedia. (2024). Cellulose insulation. Wikipedia. Opgevraagd van https://en.wikipedia.org/wiki/Cellulose_insulation

RC WAARDE

HolzAUFbau. (2020). In Salzburger Holzbau 2020+.

Holzmagazine. (2017, 16 februari). Holz dämmt besser – Meinungen von der Bildungswoche Alpbach. Opgevraagd op 3 december 2024, van <http://www.archiv.holz-magazin.com/branche/1584-holz-daemmt-besser-meinungen-von-der-bildungswoche-alpbach>

REFLECTIE MEROSCH

Copper, Metabolic Consulting, Nibe, & Alba Concepts. (2024, februari). Bouwen binnen planetaire grenzen: CO₂-impact van de Nederlandse bouw. In Bouwen binnen planetaire grenzen. <https://www.copper8.com/wp-content/uploads/2024/03/CO2-impact-van-de-Nederlandse-Bouw.pdf>

De Jonge, H., Heijnen, V., Adema, P., Jetten, R., & Adriaansens, M. (2023). Nationale Aanpak Biobased Bouwen. Rijksoverheid.

VOORUITBLIK

Architecten En-En. (n.d.). Salix. Retrieved February 25, 2025, from <https://architecten-en-en.nl/project/salix/>

ASP architecture. (2024, October 1). Carbon stories – Learning from Paris [Lecture by Antoine Pagnoux]. IABR, Rotterdam.

Dupont, F. (2024, October 1). Bezoekersprogramma Learning from Paris [Lecture]. IABR, Het Nieuwe Instituut, Rotterdam.

ETC Bygg. (n.d.). Elva våningar byggda – snart läggs taket i Malmö. Retrieved March 10, 2025, from <https://etcbygg.se/bygg/elva-vaningar-byggda-snart-laggs-taket-i-malmo/>

Heutink Groep. (n.d.). SILO Deventer. Retrieved February 25, 2025, from <https://www.heutinkgroep.nl/silo-deventer>

Paris et Métropole Aménagement. (2025, February 14). Chapelle Charbon (Publication No. 250214 128-47). Retrieved from https://www.paris-et-metropole-amenagement.fr/sites/default/files/2025-02/250214%20128-47%20Chapelle%20Charbon%20EN_BD.pdf

OVER DE AUTEURS



Wouter de Haas van lab03 architecten en Christina Eickmeier en Thomas van Nus van CHRITH Architects zijn de initiatiefnemers van het onderzoek. Binnen het traject “Bouwen aan Talent” van het Stimuleringsfonds Creatieve Industrie (SCI) zijn zij als ervaren ontwerpers gekoppeld aan Studio Inscape: het startende bureau van Eileen Stornebrink en Willie Vogel. Een verdere subsidie van de EFL Stichting heeft het vervolgens mogelijk gemaakt om de publicatie vorm te geven en daadwerkelijk te laten drukken.

Het maken van een dergelijke publicatie vergt enorm veel tijd en inzet van alle betrokken partijen. Graag willen we iedereen die zich, op welke manier dan ook, heeft ingezet voor deze publicatie hartelijk danken. Zonder hen zou deze publicatie niet mogelijk geweest zijn.

CHRITH ARCHITECTS

Christina Eickmeier en Thomas van Nus zijn partner en oprichters van CHRITH Architects. Het bureau heeft zich de afgelopen tien jaar gespecialiseerd in circulaire en ecologische bouwmethodes met hout, stro, kalkhennep en leem. In de laatste jaren is hier naast de bouwpraktijk ook onderzoek naar biobased bouwen in andere EU-landen en het opschalen ervan bijgekomen. Ze delen hun kennis als gastdocent voor architectuur en circulaire materialen aan de Academie van Bouwkunst in Amsterdam, Arnhem en Rotterdam.

LAB03 ARCHITECTEN

Wouter de Haas is oprichter van lab03 architecten. De afgelopen twaalf jaar werkte hij aan zeer diverse projecten, van een ambachtelijk gebouwd bezoekerscentrum op een historische locatie tot een circulair houten woongebouw op IJburg. Naast gestapeld bouwen heeft hij ook ervaring met het optoppen van bestaande bouwwerken. Hij hoopt dit onderzoek naar de opschaling van biobased materialen een vervolg te geven en op deze manier een bijdrage te leveren aan de transitie van de Nederlandse bouwpraktijk.

STUDIO INSCAPE

Eileen Stornebrink en Willie Vogel zijn partner en oprichters van Studio Inscape. Een collaboratieve onderzoek- en ontwerppraktijk met een interesse in architectuur, landschapsarchitectuur, filosofie en ecologie. Sinds een aantal jaar doet Inscape onderzoek naar landschapsverandering, circulair materiaalgebruik en een bioregionale aanpak. Middels publicaties, installaties en educatie proberen zij regeneratief ontwerpen binnen en buiten het vakgebied een stap verder te brengen.

COLOFON

TEAM

LAB03 ARCHITECTEN

Wouter de Haas
Nieuwpoortkade 2a
1055RX Amsterdam
www.lab03.nl
wouter@lab03.nl

CHRITH ARCHITECTS

Christina Eickmeier & Thomas Van Nus
Maakgemeenschap De Hoop
Barndegat 6-8
1505 HN Zaandam
www.chrith.com
info@chrith.com

STUDIO INSCAPE

Eileen Stornebrink & Willie Vogel
Leeuwenstraat 9-11
3011AL Rotterdam
www.studioinscape.nl
info@studioinscape.nl

MET DANK AAN DE ARCHITECTEN- EN INGENIEURSBUREAUS

Deltagrün Architektur (1)
Zusammenarbeiter (2)
ASP Architecture (3)
NZI Architectes (4)
Atelier Schmidt (5)
North by Northwest Architectes (6)
Badia Berger Architectes (7)
Barrault Pressacco (8)
Scharabi Architekten (9)
Anne Raupach (9)
ZRS Architekten Ingenieure (10)
LA Architectures (11)
CS-Architektur (12)
Nagels Architects (12)
Baumberger Stegmeier Architektur AG (13)
KilgaPopp Architekten AG (13)
Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG (13)

MET SPECIALE DANK AAN

Saskia Hegeman – Nieman Raadgevende Ingenieurs
Harm Valk – Nieman Raadgevende Ingenieurs
Menno Schokker – Merosch
Sven 't Hart – Merosch
Bas Horsting – stedenbouwkundige
Francesco Veenstra - Rijksbouwmeester
Fokke van Dijk – Rijksvastgoedbedrijf
Peter Fraanje – Built by Nature
Femke Nagel
Marita de Haas
Imme Groet – Convenant houtbouw MRA
Mees Eringa – Convenant houtbouw MRA
Steve Reid – JoustraReid architecten
Nynke Joustra – JoustraReid architecten
Bart de Vries - Eco groothandel
ISOCELL GmbH via Eco groothandel
Darko Ivancevic - Groene Bouwmaterialen
EXIE CaNaDry via Groene Bouwmaterialen
Gutex via Groene Bouwmaterialen
Lian Blok – CRA
Michel Post – Orio Architecten
Jarrik Ouburg – HOH architecten
Daniël Bakker – Space&Matter
Joost Verbeek – Architecten|en|en
Tim Vermeend – Urban Climate Architects
Rebecka Bohlin – ETC-företagen
Paul Lynch – EcoCocon
Cathrine Centlivre – P&Ma
Meijer Holland - Bale Handling Systems

en alle fotografen

ONDERSTEUND DOOR

Stimuleringsfonds Creatieve Industrie
Van Eesteren-Fluck en Van Lohuizen Stichting

ARTDIRECTION, ONTWERP

Ermin de Koning – PUUR ONTWERP
info@puurontwerp.nl

Website www.laagvoorlaag.eu

Fred van Panhuis – Design your Page

© 2025 lab03 architecten, CHRITH Architects, Studio Inscape

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de samenstellers.



studio Inscape

ondersteund door:

stimuleringsfonds
creatieve industrie





LAAG VOOR LAAG



studio Inscape

ondersteund door:

**stimuleringsfonds
creatieve industrie**

