DE TOEKOMST AAN HOUTHOOGBOUW

HOUT. NATUURLIJK VAN NU.

INLEIDING

FOTO: Hotel Jakarta | Amsterdam, Nederland
Architect: SeARCH, Amsterdam

AUTEUR: Hans de Groot | *Taalkwadratuur Amsterdam*

Wereldwijd wordt energiek aan houthoogbouw gewerkt. De vreesachtige houding van bangbouwers dat het nog lang onderworpen moet zijn aan voorzichtig experiment, is allang door de feiten achterhaald. Houthoogbouw, dat de grenzen van het constructief mogelijke opzoekt, heeft vanzelf een gunstige invloed op laag- en middelhoogbouw in hout.

In het (nog niet uitgegeven) 'Overzicht Houthoogbouw Wereldwijd' (OHW) zijn door schrijver dezes 172 projecten vanaf zeven verdiepingen verzameld uit 23 landen. Wekelijks komen er nieuwe bij. Hieraan ligt een krachtige impuls ten grondslag van ontwikkelaars, architecten en aannemers met een avontuurlijke én maatschappelijk verantwoorde instelling. Want wij zijn de laatste generatie die de aarde nog voor een catastrofale ineenstorting kan behoeden.

TOP VIJF

De top vijf van het overzicht is:

1 **Frankrijk**
26 projecten

2 **Canada**
25 projecten

3 **Verenigde Staten**
23 projecten

4 **Nederland**
22 projecten

5 **Zweden**
15 projecten

Enkele dingen vallen op. Zo verplicht de Franse overheid dat vanaf 2022 haar nieuwe eigen gebouwen voor minimaal 50% uit hout of andere biobasismaterialen moeten bestaan. Voor de Olympische Spelen van Parijs 2024 geldt dat alle benodigde gebouwen tot 8 verdiepingen in hout moeten worden opgetrokken. De eerste positie op de lijst bewijst dat de markt het overheidsstokje overneemt.

De Verenigde Staten en Canada hebben de traditionele faalkostenweg van bouwen-op-locatie verlaten en kiezen, naar voorbeeld van Europa, voor vergaand prefab bouwen.

FOTO: La Tour Commune[II] | Parijs, Frankrijk
Architect: Atelier Nadau-Laverne, Parijs en Atelier Woa, Parijs

Het Amerikaanse wereldconcern Katerra, verbonden aan Google, heeft bijvoorbeeld een volledig geautomatiseerde fabriek neergezet in Spokane Valley, Washington. Daar wordt jaarlijks 185.000 m^3 kruislaaghout (KLH) voor wanden en vloeren gefabriceerd: 30% van de huidige Noord-Amerikaanse capaciteit voor hout(hoog)bouw. Bovendien heeft het Michael Green Architecture Vancouver overgenomen. De eminente houtarchitect Green staat aan de wieg van de 21ste-eeuwse houtbouwdoorbraak[1].

Nederland mag als gidsland natuurlijk niet ontbreken in de top vijf en scoort als mini-natie hoog. Vooral na de Tegenlicht-uitzending over Houtbouwers (18 oktober 2019) is een stevig bruggenhoofd geslagen, zodat de fase van incidentele houtprojecten is afgesloten.

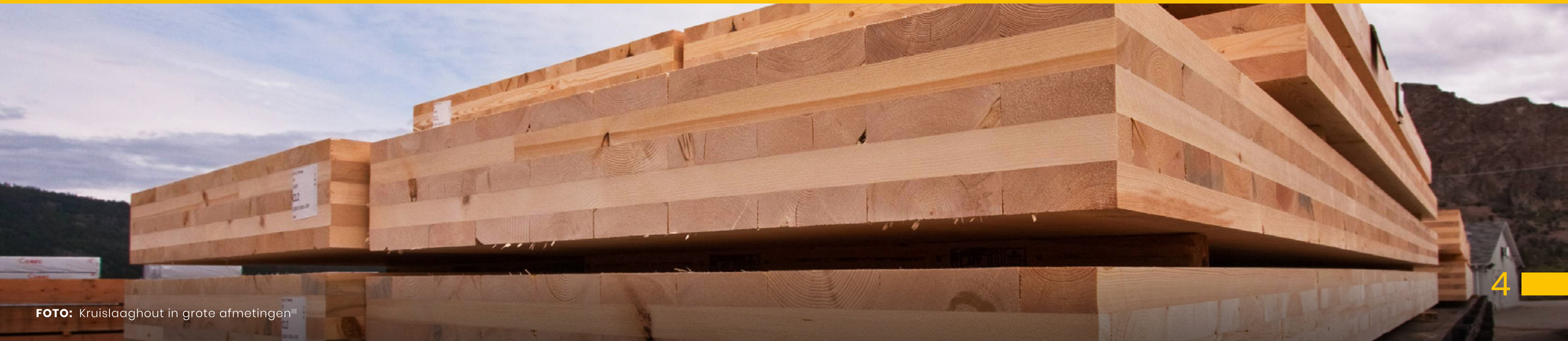

FOTO: Kruislaaghout in grote afmetingen[iii]

FOTO: Tō-ji Pagoda[IV] | Kyoto, Japan

LAAIENDE HOUTHUIVER

Al in het verre verleden verrezen hoge houten gebouwen, zoals de grootste staafkerk ter wereld in het Noorse Heddal (begin 13e eeuw; 20 x 16 x 26 m) en de Tō-ji pagode in Kyoto (± 1640; 54,8 m). Met name enorme stadsbranden door opeengepakte kurkdrooghuizen, houten schoorstenen, gemors met woonvuur, broze brandvoorschriften en een slangloze brandweer veroorzaakten een laaiende houthuiver. Baksteen bracht uitkomst, later staal en beton.

De ontwikkelingen in brandveilig bouwen, óók met hout, hebben echter geenszins stilgestaan, al blijven de ketenen van vooroordeel hinderlijk rinkelen. Nog slechts circa vijftien jaar geleden is de ban op niet hoger houtbouwen dan vijf à zes verdiepingen opgeheven. Het hek ging eindelijk van de dam. Dat wil zeggen, het Rijke Westen heeft nakoloniaal een straatlengte voorsprong genomen met volgens het OHW 164 projecten: Europa 108, Noord-Amerika 48, Australië/Nieuw-Zeeland 8.

FOTO: Heddal Stave Church[V] | Heddal, Noorwegen

WIJDE RIVIER

De eerste twee moderne houthoogbouwprojecten stammen uit 2008. e3 in Berlijn (23 m), ontworpen door Kaden Klingbeil Architekten, telt nog zeven woningen over zeven verdiepingen. Limnologen in het Zweedse Växjö van Arkitektbolaget Kronoberg Växjö omvat meteen vier achtlaagse gebouwen van 25 m hoog met 134 appartementen. 2009 is programmatisch, omdat toen in Londen Stadthaus (29 m, 9-laags, 29 appartementen) werd gerealiseerd. Architect Andrew Waugh (Waugh Thistleton Architects Londen), ontwikkelde zich daarna tot dé Europese pleitbezorger van hout(hoog)bouw, als tegenhanger van de Noord-Amerikaanse houtadvocaat Michael Green. In het daaropvolgende decennium voegden de losse waterloopjes zich samen tot een stroom, die vanaf 2020 zal aanwassen tot een wijde rivier. Het ontwerp- en bouwproces wordt steeds creatiever door de toenemende ervaring, waarbij constructieve kennis en regelgeving de ankers zijn[2]. Ook verder wordt de weg geplaveid met beleidsvoornemens, Green Deals en programma's van overheden, bedrijfsorganisaties, ontwikkelaars, bouwpartijen en woningbouwverenigingen[3]. Bovendien bieden organisaties cursussen aan[4].

FOTO: e3[VI] | Berlijn, Duitsland
Architect: Kaden Klingbeil Architekten, Berlijn

FOTO: HAUT[VII] | Amsterdam, Nederland
Architect: Team V Architectuur, Amsterdam

RONDUIT SPECTACULAIR

Nederland haakt vanaf 2016 aan met drie projecten in Amsterdam van drie hoofdstedelijke architectenbureaus. De eerste is het veelgelauwerde Patch 22 van Frantzen et al architecten: 30 m, 7 verdiepingen, 26 wooneenheden. Het tweede project is eveneens veel onderscheiden: Hotel Jakarta (2018; 32 m, 4/8 verdiepingen; 200 kamers), ontworpen door SeARCH. In 2020 plaatste Frantzen naast het stoere Patch 22 een elegante 'echtgenote': Top-Up (30 m, 8 lagen, 28 appartementen, drie commerciële ruimtes). Intussen zijn veertien andere gebouwen in ontwerp of uitvoering. Bijna voltooid (2021) zijn HAUT (73 m, 21 verdiepingen, 50 appartementen/2 penthouses) van Team V Architectuur en Stories (45 m, 13-laags, 29 woningen, 6 commerciële ruimtes, dakterras voor stadsboeren) van Olaf Gipser Architects. Gebouwen en architectenbureaus alle in Amsterdam.

FOTO: Hotel Jakarta[VIII] | Amsterdam, Nederland
Architect: SeARCH, Amsterdam

Wel zo spectaculair worden drie volgende projecten. SAWA in Rotterdam (50 m; Mei architects and planners Rotterdam) is een weelderige groencascade, nog voor gereedkoming in 2023 met de ARC20 Innovation Award bekroond. The Dutch Mountains in Eindhoven van Studio Marco Vermeulen Rotterdam is een U-achtig gebouw met sterk gestileerde poten van 150 en 110 m hoog (2024). En Treehouse van PLP Architecture Londen terrast naast station Rotterdam-Centraal 140 m de lucht in (2024).

FOTO: SAWA[IX] | Rotterdam, Nederland
Architect: Mei architects and planners, Rotterdam

FOTO: The Dutch Mountains[X] | Eindhoven, Nederland
Architect: Studio Marco Vermeulen, Rotterdam

FOTO: Treehouse[XI] | Rotterdam, Nederland
Architect: PLP Architecture, Londen

VIJF UITVOERINGSVARIANTEN

Alle OHW-projecten bewijzen dat houthoogbouw qua vorm en invulling voluit variatie toestaat. Grosso modo zijn er twee categorieën te onderscheiden: compleet in hout of een hybride van hout, beton en/of staal. Het aandeel van elk der materialen verschilt per project. Vaak is als stevig fundament de begane grond in beton, evenals de eventuele parkeergarage eronder. De gevelbekleding is in vele materialen realiseerbaar.

Iets dieper gekeken, zijn er vijf uitvoeringsvarianten, in allerlei materiaalverhoudingen[5]:

1. **Constructie van kruislaaghouten wanden en vloeren.**
2. **Constructie van gelamineerde kolommen en liggers met kruislaaghouten wanden en vloeren. Als varianten kunnen ook gelamineerde gevelkolommen, hsb-elementen en gelamineerd fineerhout dienen.**
3. **Modulaire opzet in een stapeling van houten modules, al of niet met hout-betonvloeren. Verschillende fabrikanten leveren modulesystemen, ook voor laag- en middelhoogbouw[6].**
4. **Constructie van een of meer betonnen kernen (trappenhuis/liftschacht), waaromheen de kruislaaghouten elementen zijn geordend. En mogelijk gelamineerde kolommen/liggers.**
5. **Exoskelet met invullingen van kruislaaghout, eventueel in modulaire opzet. 10% van de OHW-projecten heeft deze opbouw.**

FOTO: CLT[XII]
Koninklijke Dekker

FOTO: Het Epos^{XIII} | Rotterdam, Nederland
Architect: SeARCH Amsterdam

HOUTSOORTEN, HOUTPRODUCTEN

Landen bouwen meestal met de materialen, waarvan de grondstoffen binnen de grenzen voorkomen of groeien. Europa past vuren toe in kruislaaghout, het belangrijkste product voor houthoogbouw: Dit supertriplex is opgebouwd uit kruiselings gelijmde lamellen in drie, vijf, zeven, negen of elf lagen. Voor een mooie zichtkwaliteit kunnen de buitenste lamellen uit bijvoorbeeld zilverdennen of lariks bestaan. De maximale afmetingen zijn 18,50 x 3,50 x 0,50 m; daarmee zijn wanden en vloeren in één keer te overspannen. Deuren, kozijnen en leidingdoorvoeren worden meteen uitgefreesd. Door het grote formaat, de geweldige schijfwerking en de uitstekende statische belastbaarheid is er vrij mee te ontwerpen. Het lichte gewicht (480 kg/m^3), ook gunstig voor aardbevingsgebieden, maakt de bouwtijd snel. Andere KLH-soorten zijn grenen, lariks en radiata pine. In Noord-Amerika zijn de gebruikelijke KLH-soorten: douglas en spruce-pine-fir. Ook is er verschil in overige toegepaste houtproducten.

In Noord-Amerika benut men naast KLH tevens *deuvellaaghout - DLH* (dowel-laminated timber - DLT) en *nagellaaghout - NLH* (nail-laminated timber - NLT), waarbij gelamineerde planken met loofhoutdeuvels c.q. nagels of schroeven aan elkaar worden bevestigd.

Daarnaast zijn er Parallal-strand lumber (PSL of Parallam; kolommen en liggers van aan elkaar gelijmde douglas of southern yellow pine fineren), Laminated-strand lumber (LSL; ongeveer als PSL maar in plaats van fineren worden spaanders verlijmd en iets minder sterk) en Structural Insulated Panel (SIP; isolerende schuimkern tussen twee OSB-lagen). Een Europees product is BauBuche (gelamineerd fineerbeuken).

Het zijn alle houtsoorten/-producten van meestal naaldbomen die royaal op het noordelijk halfrond groeien. Ze zijn dus redelijk lokaal, een milieupluspunt. De duurdere loofhoutsoorten met hun grandioze tekening of zware eigenschappen zijn voor meestal esthetische of waterbouwkundige doeleinden. Ze kunnen echter evengoed dienen in kruislaaghout. Er zijn onderzoeken en experimenten uitgevoerd met loofhoutsoorten als beuken, berken, populieren[7], iroko, Maleisisch sesenduk en Amerikaans tulpenboomhout.

EXOSKELET VAN KRUISLAAGTULPENBOOMHOUT

Een exoskelet is een korset van gelamineerde kolommen, liggers en diagonale spanten oftewel een vakwerkconstructie. Een bekend voorbeeld is het hoogste houthoogbouwproject ter wereld Mjøstårnet in Brumunddal, Noorwegen (85,4 m; 18 verdiepingen)[8]. De vier hoekkolommen hebben formidabele afmetingen van 1.485 x 625 mm. De overige kolommen zijn gemiddeld 725 x 810 en 625 x 630 mm. De diagonale spanten zijn eveneens fors: 625 x 990 c.q. 625 x 495 mm. De enorme spanten belemmeren het uitzicht en geven claustrofobie, omdat ze voor de ramen langslopen. In project Treet in Bergen, Noorwegen (51 m, 14 verdiepingen)[9] steken zelfs exemplaren in de woning, wat de leefruimte verkrapt.

Nu kan men dit exoskelet ook in dun staal uitvoeren, zoals in Palazzo Méridia Nice (2020; 35 m, 10 verdiepingen; Architecture-Studio Parijs), maar óók loofhout is een optie. Met kruislaagtulpenboomhout (KLT) bestaat al ervaring in projecten van Engelse toparchitecten: Endless Stair van Alex de Rijke (2013)[10], The Smile van Alison Brooks (2017)[12] en Multiply van Andrew Waugh (2018)[11]. Waren dit nog tentoonstellingsexperimenten, blijvend was Maggie's Oldham van dezelfde Alex de Rijke[13].

FOTO: Mjøstårnet[XIV] | Brumunddal, Noorwegen
Architect: Voll Arkitekter, Noorwegen

De projecten werden flankerend onderzocht door de American Hardwood Export Council (AHEC) samen met Arup, Construction Scotland Innovation Centre en Centre for Offsite Construction + Innovative Structures Edinburgh Napier University. Alle resultaten zijn neergelegd in *Tulipwood CLT Properties and Manufacturing Requirements*[14]. Enkele cijfers: KLT is driemaal sterker dan naaldhout, heeft een 8% hogere stijfheid dan naaldhoutsterkteklasse C24 (vergelijkbaar met loofhoutsterkteklasse D35), een 47% hogere buigsterkte en een circa 72% betere rolschuifsterkte. Er zijn dus aanmerkelijk slankere exoskeletten mee te construeren, wat het uitzicht en de beleving ten goede komt, óók door de mooie tekening van KLT. Verder kan het uitstekend dienen voor stabiliteitswanden, trappenhuizen en liftschachten. In 2021 vindt nieuw vervolgonderzoek plaats in Duitsland.

FOTO: Maggie's Oldham[xv] in Oldham, Engeland
Architect: dRMM, Londen | *Foto: Alex de Rijke*

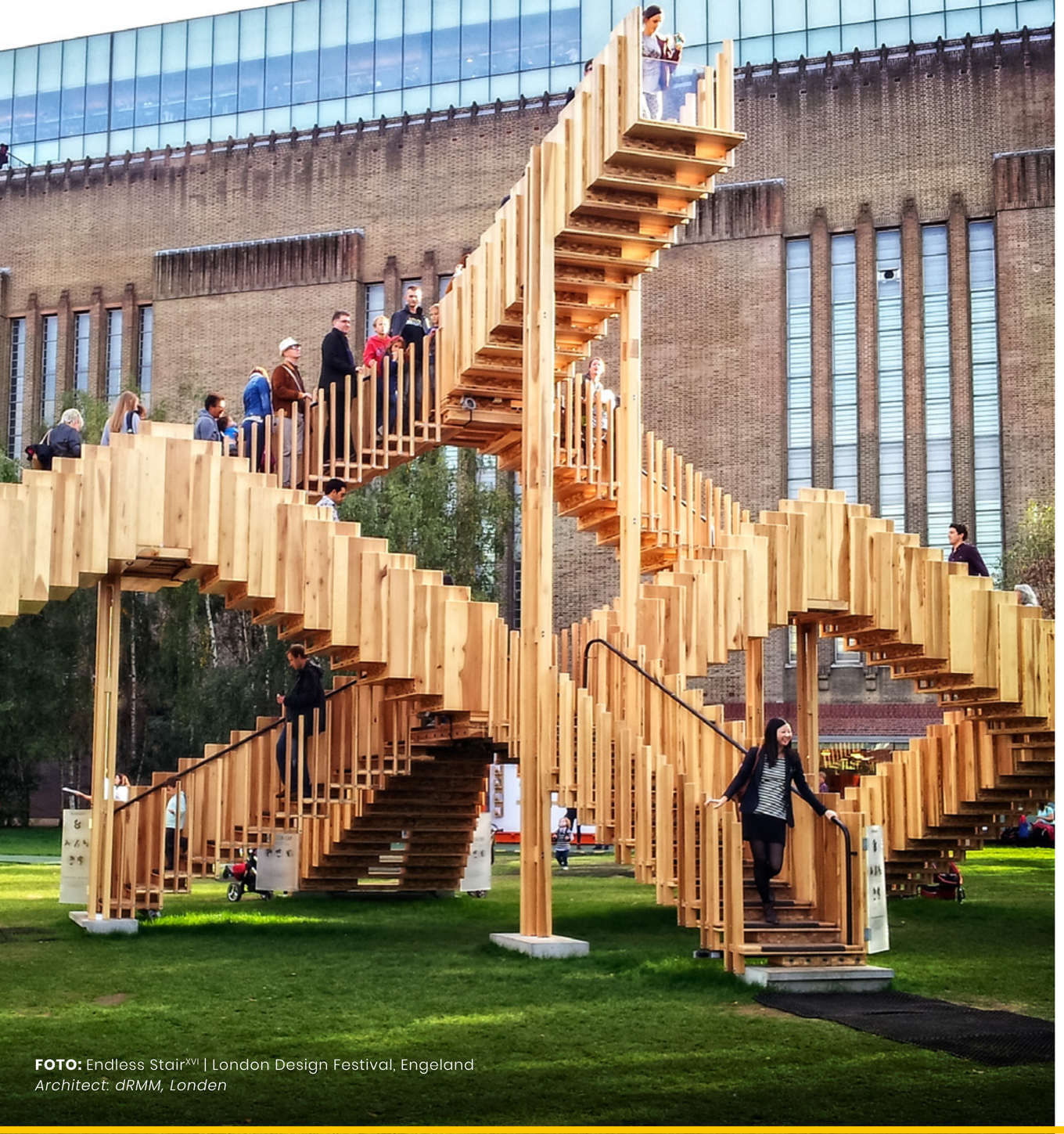

FOTO: Endless Stair[XVI] | London Design Festival, Engeland
Architect: dRMM, Londen

FOTO: Palazzo Méridia[XVII] | Nice, Frankrijk
Architect: Architecture-Studio, Parijs

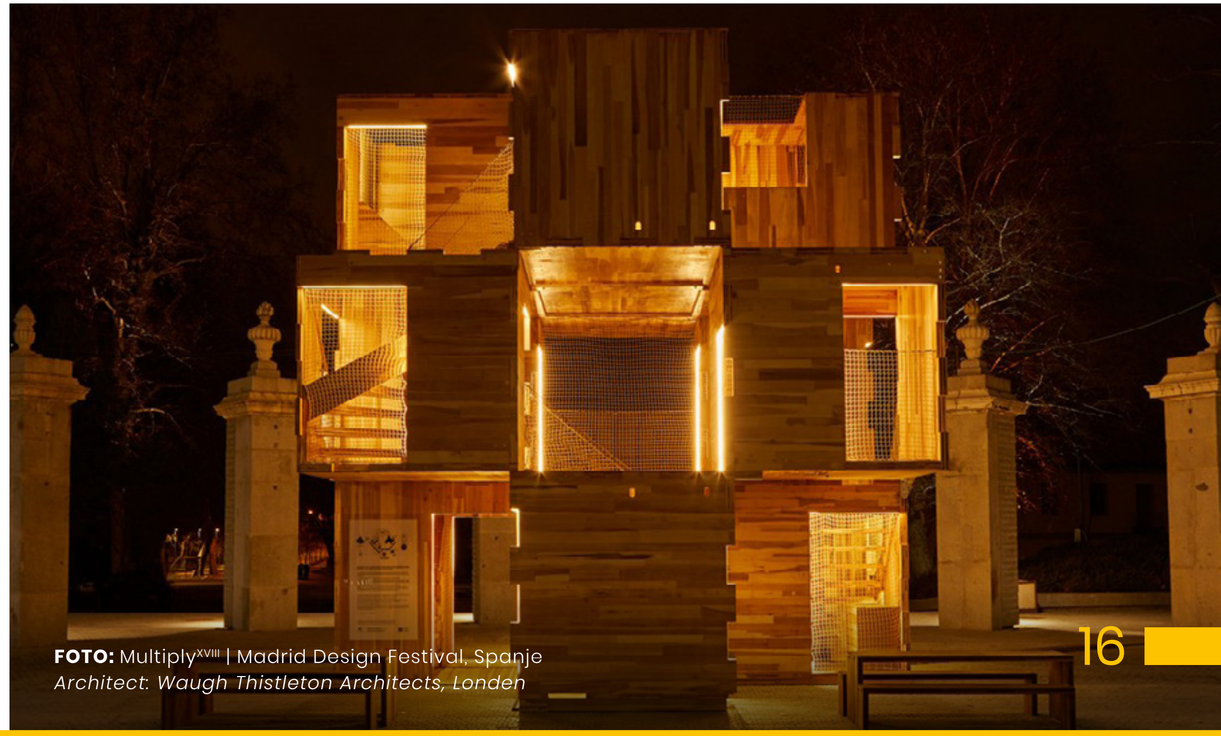

FOTO: Multiply[XVIII] | Madrid Design Festival, Spanje
Architect: Waugh Thistleton Architects, Londen

FOTO: Stories[XIX] | Amsterdam, Nederland
Architect: Olaf Gipser Architects, Amsterdam

BRAND EN GELUID

Ten slotte enkele opmerkingen over de belangrijkste 'knelpunten': brand en geluid. Al naar de plaatdikte en opbouw (overdimensionering) is een brandwerendheid van 30, 60, 90 of 120 minuten haalbaar. Extra maatregelen zijn sprinkleren en/of de houtvlakken met gipsplaat bedekken. De laatste maatregel frustreert wel de esthetische en gezondheidsbeleving[15]. Qua geluidswering, de wanden zijn af te gipsen. Onderling zijn de bouwdelen geluidsmatig te ontkoppelen door vilt of kunststof ertussen. De vloeren zijn te voorzien van een betonlaagje of zwevende vloer of aan de onderzijde van een verlaagd plafond. Ribpaneelvloeren zijn te vullen met bijvoorbeeld zand.

Geluidsisolatie is een heel kunst- en doofwerk. Zo is bij Stories in Amsterdam druk akoestisch geëxperimenteerd met de vloeren[16]. Er kon 10 cm dik kalksplit op de 16 cm dikke KLH-vloeren worden aangebracht voor afdoende contact- en luchtgeluiddemping. Maar het split was onmogelijk naar 40 m hoogte te pompen. Daarom is schuimbeton plus een akoestisch membraan toegepast: 6 dB beter dan het Bouwbesluit vereist[17].

KOSTEN

Vooralsnog is hout(hoog)bouw ongeveer 10% duurder, al zijn er onderzoeken die dat lager stellen of weerspreken. Onderzoek in Zweden, Noorwegen en Engeland geeft aan dat houthoogbouw vergeleken bij traditionele hoogbouw 16% minder kost, 20% sneller te bouwen is, 40% minder afval veroorzaakt en onder werknemers 50% minder ziekteverzuim geeft[18]. Alleen al op ziektekosten is dus véél te verdienen. En dan, twee factoren zullen de prijs aanzienlijk omlaag brengen: een forse groei in houtbouw en de invoering van de CO_2-belasting op materialen.

Hieraan zijn drie belangrijke vuistregels toe te voegen, die de kosten extra verlagen:

1. **Begin in hout, eindig in hout. Tussentijds overspringen naar hout geeft kostbare problemen met de aansluitingen.**
2. **Betrek houtbouw er vanaf de eerste besprekingen bij. In een later stadium laat men het vaak vallen doordat het zo'n andere manier van bouwen is.**
3. **Werk samen met een houtconstructeur, dé expert ter zake.**

GEDUCHTE SIMSONSTATUUR

Gezien de vele houthoogbouwprojecten is een groot onderzoek gewenst, waarin alle constructieve oplossingen worden geordend. Hieruit kan men de beste uitwegen destilleren. Zo krijgt houthoogbouw de vereiste slagkracht, ja de geduchte simsonstatuur die nodig is.

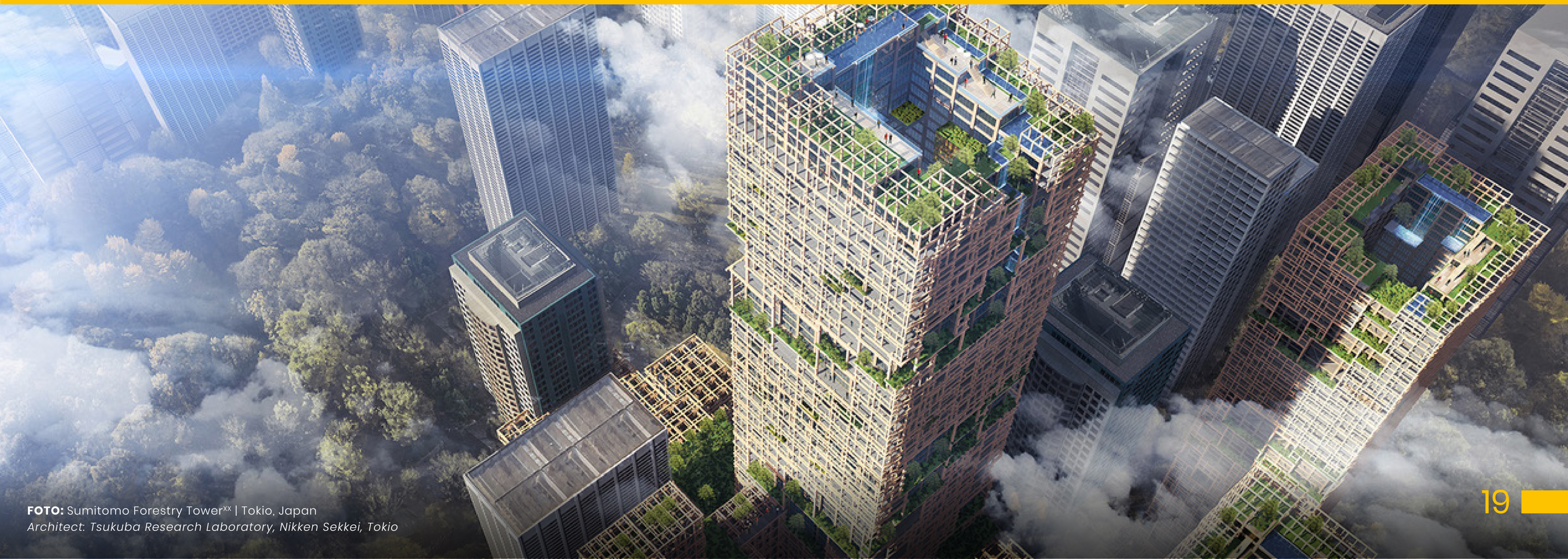

FOTO: Sumitomo Forestry Tower[xx] | Tokio, Japan
Architect: Tsukuba Research Laboratory, Nikken Sekkei, Tokio

BRONNEN

1. Behalve dat Michael Green in hout ontwerpt, heeft hij ook een belangrijk rapport ter zake geschreven: *The Case for Tall Wood Buildings. How Mass Timber Offers a Safe, Economical, and Environmentally Friendly Alternative for Tall Building Structures.* [Door] Michael Green Architecture, Equilibirum Consulting, LMDG Ltd. en BTY Group, Vancouver 2012; 20172, 27[2] pp

2. Er is al veel gepubliceerd over houthoogbouw, door organisaties, bedrijven e.a.
   • Een bloemlezing op jaartal:
   CLT Handbook: cross-laminated timber. U.S. Edition. Onder redactie van Erol Karabacebeyli, FPInnovations Point-Claire, QC, Brad Douglas, American Wood Council Leesburg, VA, USA. Uitgegeven door U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory en Binational Softwood Lumber Council (BSLC) Surrey, BC, Canada 2013, 572 pp.
   Summary Report: Survey of International Tall Wood Buildings. [Door Perkins + Will Vancouver, Rapport van Forestry Innovation Initiative (FII) Vancouver en Binational Softwood Lumber Council (BSLC) Surrey, BC], Vancouver/Surrey 2014, 153 pp.
   Modern Tall Wood Buildings: Opportunities for Innovation. [Door] Dr. Jim Bowyer et al., Dovetail Partners Minneapolis 2016, 17 pp. 100 Projects UK CLT. Produced by Waugh Thistleton Architects on behalf of the Softwood Lumber Board [Westlinn, Oregon, USA] & Forestry Innovation Investment [Vancouver], 2018, 324 pp.
   Rethinking Timber Buildings. Seven perspectives on the use of timber in building design and construction. [Door Richard Hough] ARUP, Londen 2019, 100 pp.
   Mass Timber in North America. Expanding the possibilities of wood building design. Sponsored by reThink Wood, z.j., 11 pp.

• Zéér veel informatie is te vinden in de Think Wood Research Library

3. • Ook hiervan een bloemlezing op jaartal:
   Nederland circulair in 2050. Rijksbreed programma Circulaire Economie. Publicatie van het ministerie van Infrastructuur en Milieu en het ministerie van Economische Zaken, mede namens het ministerie van Buitenlandse Zaken en het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Den Haag 2016, 72 pp.
   Hout. Bouwen aan de biobased circulaire economie. Redacteur Mike Jeffree. Uitgave van CEI-Bois [European Confederation of Woodworking Industries], Brussel 2019, 56 pp.
   Aan de slag met circulaire woningbouw. Vuistregels voor ontwerp en uitvoering. Tekst Henk Bouwmeester. I.s.m. Themagroep Circulair Bouwen, geïnitieerd door Lente-akkoord Zeer Energiezuinige Nieuwbouw, Voorburg 2019, 30 pp.

BRONNEN

Bouwen met bomen. Zuid-Holland; Naar een circulaire bouweconomie. [Door] Marco Vermeulen et al., Rotterdam 2019, 10 pp.
Tomorrow's Timber. Towards the next building revolution. [Door] Pablo van der Lugt en Atto Harsta. MaterialDistrict Naarden 2020, 192 pp.
Verkenning Nationaal Akkoord Houtbouw. Bevindingen en conclusies van de inventarisatie om te komen tot een Nationaal Akkoord Houtbouw, Den Haag 2020, 40 pp. - Concept op initiatief van de Topsector Creatieve Industrie door 16 instanties, organisaties en bedrijven.
Green Deals Duurzaam uit de crisis. Naar een stevige impuls voor houtbouw in de MRA [Metropoolregio Amsterdam], Amsterdam Economic Board 2020, 7 pp. - Vanaf 2025 20% meer houtbouw.

- En wat praktische voorbeelden:
  Berlijn start in 2022 met 10.000 gestapelde houten woningen in twee wijken (6.000 + 4.000): Gruber, Birgit, 'Berlin Tegel wird zur Stadt aus Holz', op: www.holzbauaustria.at, 2020.
  De stad Helsinki bouwt al vanaf 2014 aan houten woon-, werk- en ontspanwijken: Kuisma, Kimmo, City of Helsinki as a Platform for Wood Construction Development, Helsinki 2017, 8 pp.; www.forum-holzbau.com/pdf/20_EBH2017_Kuisma.pdf.
  Ook Kopenhagen krijgt een houten stadsdeel (Vejland) voor 7.000 bewoners; ontwerp het gerenommeerde architectenbureau Henning Larsen Kopenhagen
  Enkele Nederlandse woningbouwverenigingen die (geheel) voor woninghoutbouw kiezen, zijn: Fien Wonen Meerkerk, Ons Doel Leiden, Wonen Limburg Roermond en acht Brabantse woningbouwverenigingen, verenigd in samenwerkingsverband Lente.

4. Te noemen zijn:
   BNA Academie, 'Bouwen met Hout'
   Ingenieursbureau Evan Buytendijk/Taalkwadratuur, 'Cursus Kruislaaghout'
   PEFC, 'Tomorrow's Timber Talks'
   VHC, 'Construeren in Hout'

5. De technologieonderneming Generate heeft met andere bedrijven Tallhouse uitgedacht: vier houthoogbouwsystemen voor 8-18 verdiepingen: 1. een KLH-staal-constructie; 2. gelamineerde kolommen/liggers en houten panelen; 3. een licht metaal-houtmaatsysteem; 4. volledig KLH in een honingraatstructuur.

BRONNEN

6. • Enkele voorbeelden zijn:
   Binderholz, Hallein/Salzburg
   Katerra Spokane Valley, Washington
   Stora Enso, Helsinki
   • Nederlandse voorbeelden zijn:
   Ferox Bouwsystemen (TEWO/Systimber) Winkel
   Finch Buildings, Amsterdam
   FLETTS, Twello
   Lister Buildings, Den Bosch
   De Meeuw, Oirschot
   Megaplex, Veenendaal
   Nur-Holz, Alblasserdam
   Startblock, Emmeloord
   Sustainer Homes, Utrecht
   TBI WOONlab, Zoetermeer/Vught/Enschede
   Ursem Modulaire Bouwsystemen, Wognum
   WikiHous, Almere

   • Een belangrijk EU-initiatief dat houthoogbouw sterk propageert, is het programma Build-in-Wood (2019-2023).

7. Zoals naar populieren en berken in: ***Planar Shear Properties of Hardwood Cross Layer in Hybrid Cross Laminated Timber.*** [Door Meng Gong et al.], in: '5th International Scientific Conference on Hardwood Processing 2015. International Academy of Wood Science - Annual Meeting', Québec City, Canada 2015, p.85-90.

BRONNEN

8. Groot, Hans de, ***'Hout: van weleer en van voortaan. Mjøstårnet Brumunddal, Noorwegen',*** in: Het Houtblad 6/2018, p. 6-11.

9. Groot, Hans de, ***'Een treetje hoger. Appartementengebouw Treet Bergen'***, in: Het Houtblad 1/2016, p.32-37.

10. Groot, Hans de, ***'Onmogelijk is mogelijk. Endless stair, Tate Modern Londen'***, in: Het Houtblad 6/2013, p. 26-31.

11. Groot, Hans de, ***'Driedimensionaal doolhof. Paviljoen Multiply Londen***', in: Het Houtblad 6/2018, p. 20-25.

12. Zie www.alisonbrooksarchitects.com/project/the-smile.

13. Groot, Hans de, ***'Hout geeft hoop. Maggie's Oldham'***, in: Het Houtblad 5/2017, p. 24-29.

14. Diverse auteurs, AHEC Europe Londen 2019, 38 pp.

15. Zie over het onderwerp 'brand' verder o.a. ***Tomorrow's Timber***, p.126-130.

16. Tissink, Ad, ***'De onvoorspelbare ontdekkingstocht naar houten hoogbouw'***, in: Cobouw, 19 juni 2020.

17. Zie over het onderwerp 'geluidswering' ook ***Tomorrow's Timber***, p. 132-135.

18. Jakobsen, Nikolaj, ***'Benefits of timber architecture and sustainably sourced timber, part 1 & 2'***, op: www.archivibe.com, 2020.

Voor Het Houtblad heeft auteur Hans de Groot een serie van 20 artikelen over houthoogbouwprojecten (2008-2018) geschreven. Pdf's zijn op te vragen via: hans@taalkwadratuur.nl.

FOTOCREDITS

Coverfoto	HAUT. Bron: Team V Architectuur. Bron: https://teamv.nl/projecten/haut/
I.	Interieur Hotel Jakarta Amsterdam. Architect: SeARCH Amsterdam. Bron: www.johnlewismarshall.com
II.	La Tour Commune Parijs. Bron: https://vincentlavergne.eu/en
III.	Kruislaaghout. Bron: StructureCraft Penticton, BC, Canada
IV.	"Tō-ji Pagoda" by Adrián Pérez is licensed under CC BY-SA 2.0
V.	"Heddal Stave Churck" by L.C.Nøttaasen is licensed under CC BY 2.0
VI.	"File:Holzhaus Esmarchstraße 3 (schräg aus 1. OG).jpg" by Standardizer is licensed under CC BY-SA 3.0
VII.	HAUT. Bron: Team V Architectuur. Bron: https://teamv.nl/projecten/haut/

FOTOCREDITS

VIII. “Hotel Jakarta, Java-eiland, Amsterdam” by 1000zen is licensed under CC BY 2.0

IX. SAWA. Bron: Mei architects and planners. Bron: https://mei-arch.eu/projecten-archief/sawa/

X. The Dutch Mountains. Bron: Studio Marco Vermeulen. Bron: https://marcovermeulen.eu/nl/projecten/the+dutch+mountains+eindhoven/

XI. Treehouse. Bron: PLP Architecture London. Bron: https://www.treehouserotterdam.nl/

XII. Koninklijke Dekker. Bron: https://www.dekkerhout.nl/

XIII. Het Epos, Rotterdam. De Groot Vroomshoop

XIV. Mjøstårnet. Bron: Moelven. Bron: https://www.moelven.com/mjostarnet/

XV. Maggie’s Oldham. Bron: dRMM architecten. Bron: https://drmm.co.uk/project/maggies-oldham/

FOTOCREDITS

XVI. "Endless Stair" by garryknight is licensed under CC BY 2.0

XVII. Palazzo Méridia. Bron: Architecture Studio. Bron: https://architecturestudio.fr/projet/palazzo-meridia

XVIII. Multiply. Bron: Andrew Waugh. Bron: https://waughthistleton.com/news/20/01/31/multiply-madrid/

XIX. Stories. Bron: Olaf Gipser. Bron: https://olafgipser.com/projects/residential-building-bsh/#3

XX. Sumitomo Forestry Tower (W350; 2041). Architect: Tsukuba Research Laboratory, Nikken Sekkei Tokio. Bron: https://www.nikken.co.jp/en/news/news/2020_03_19.html

HOUT.
NATUURLIJK
VAN NU.

HOUT. NATUURLIJK VAN NU.