

“Er ligt een opgave voor de bouw van één miljoen nieuwe woningen, verduurzaming van de woningvoorraad en vernieuwing van infrastructuur”

HOOGBOUW IN HOUT DE TOEKOMST?

Een onderzoek naar mogelijke
houtbouwsystemen voor een nieuw
hoogbouw bouwconcept

Hoogbouw in hout de toekomst?

“Welk houtbouwsysteem is het meest efficiënt in het verminderen van de stikstofdepositie ten opzichte van traditionele bouwsystemen?”

Auteur:

Nico Bakker
Ravelstraat 6
3906 CN, Veenendaal
Tel: +31 6 31053267
Studentnr: 1703429
Email: nico.bakker@student.hu.nl
Email: nico_bakker@live.nl

**Onderwijsinstelling:**

Hogeschool Utrecht
Faculteit Natuur & Techniek
Padualaan 99
3584 CH, Utrecht
Postbus 182
3500 AD, Utrecht
Tel: 088 481 81 81

**1^e
Begeleider:**

Jan Verdonk
Onderzoeker
Instituut voor Gebouwde
Omgeving

**2^e
Begeleider:**

Wim Makken
Docent Civiele Techniek
Faculteit Natuur &
Techniek
Instituut voor Gebouwde
Omgeving

Praktijkbedrijf:

Ingenious
Turbinestraat 8C
3903 LW Veenendaal
Postbus 711
3900 AS Veenendaal
Tel: 0318 – 55 19 60
Email: info@ingenious.nl

Begeleider: Johan van den Essenburg

Eigenaar Ingenious
+31 628901926

johan@ingenious.nl



ingenious

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeeronderzoek naar “Hoogbouw in hout de toekomst?”. Het afstudeeronderzoek is geschreven door Nico Bakker, Student BBE aan de Hogeschool van Utrecht.

Bijna vier jaar geleden heb ik de keuze gemaakt om Built Environment te gaan studeren aan de Hogeschool Utrecht en dit is al bijna weer ten einde. Ik had voor de opleiding geen ervaring met de bouw en was dan ook afgestudeerd op het MBO als onderwijsassistent. Ik heb vanaf het begin altijd hard mijn best gedaan om zo goed mogelijk door de opleiding heen te gaan, en nu terugkijkend op dit proces kan ik met trots zeggen dat het mij aardig goed gelukt is!

Het zijn vier bijzondere leerjaren geweest waarin ik heel veel geleerd heb en zeker veel ervaring heb opgedaan. Ik ben meer te weten gekomen over het vakgebied, maar ik heb ook veel geleerd over mijzelf. Deze ervaring zal ik dan ook altijd bij mij dragen!

Ik heb in mijn studietijd ook veel nieuwe mensen leren kennen. Via deze weg wil ik iedereen bedanken die mij door de studie jaren heen gesteund heeft.

Mijn afstuderen is wat moeizaam opgestart, omdat het erg lastig was om een goed onderwerp te vinden voor mijn scriptie. Uiteindelijk door de hulp van Barbara Meijer, Jan Verdonk en Johan van den Essenburg heb ik een mooi onderwerp gekozen waarin ik nu ga afstuderen. Tijdens deze 5 maanden ben ik heel veel te weten gekomen over het onderwerp. Het waren bijzondere maanden met hele lange dagen. Hierbij was het ook een bijzondere tijd, omdat dit jaar de Corona crisis hard om zich heen greep en het afstudeertraject een zeer bijzondere wending heeft gegeven. Ondanks alles heb ik hard mijn best gedaan en door de hulp van iedereen om mij heen heb ik nu een mooi product opgeleverd. Daarom wil ik op deze manier een aantal mensen bedanken:

- Johan van den Essenburg
Bedrijfsbegeleider Ingenious
- Jan Verdonk
Docentbegeleider Hogeschool Utrecht
- Barbara Meijer
Hoofddocent afstuderen Hogeschool Utrecht

Naast de goede begeleiding wil ik ook de volgende mensen in het bijzonder bedanken voor de ondersteuning die ik in de afgelopen tijd heb mogen ontvangen:

Allereerst mijn vriendin, voor alle liefde en mentale steun de afgelopen tijd; Dit heeft mij zeker door wat moeilijke momenten heen geholpen. Mijn ouders, omdat zij altijd in mij hebben geloofd en mij de kans hebben gegeven om te studeren! En tot slot ook mijn schoonouders voor alle moeite, ruimte en vrijheid die zij mij hebben aangeboden in dit afstudeertraject.

Heel erg bedankt voor jullie hulp en begeleiding tijdens mijn onderzoek. Ik wens u heel veel leesplezier toe in het aankomende rapport.

Ik ben er erg trots op en ik wens u hetzelfde plezier tijdens het lezen!

Samenvatting

Op 29 mei 2019 heeft de Raad van State, de hoogste rechter, geoordeeld dat de stikstofaankpak niet meer voldoet aan de Europese natuurwetgeving. Dit heeft onder andere als gevolg dat bij het ontwikkelen van toekomstige bouwprojecten een ecologische beoordeling noodzakelijk is om aan te tonen dat er geen sprake is van bijdrage aan de stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden.

Bij traditioneel bouwen is de stikstofdepositie relatief hoog door het gebruik van zware bouwmaterialen. Bedrijven lopen hierdoor een groter risico dat het plan niet goedgekeurd wordt door een te hoge stikstofdepositie. Uit voorgaand onderzoek komt naar voren dat het bouwen met hout een oplossing zou kunnen bieden.

Het doel van dit onderzoek is vaststellen welk houtbouwsysteem het meest efficiënt is in de vermindering van stikstofdepositie ten opzichte van traditionele bouwsystemen, om zo het afbreukrisico van toekomstige hoogbouwprojecten te beperken.

Het houtbouwsysteem wordt in dit onderzoek getoetst op stikstofuitstoot ten opzichte van een gemiddeld traditioneel bouwsysteem in de casus 'Entreegebouw'. Deze casus is aangeleverd door architecten bureau Common Affairs, in opdracht van Ingenious.

Welk houtbouwsysteem is het meest efficiënt in het verminderen van de stikstofdepositie ten opzichte van traditionele bouwsystemen?

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is gebruik gemaakt van een combinatie van kwalitatief- en kwantitatief onderzoek. Hiervoor is literatuuronderzoek gedaan, zijn interviews afgenomen met

verschillende houtbouwexperts en zijn stikstofberekeningen uitgevoerd door een onafhankelijk adviesbureau.

De totale stikstofdepositie bij het toepassen van het CLT-houtbouwsysteem ligt lager dan bij traditionele bouwmethoden. Daarom kan bij toekomstige bouwprojecten het afbreukrisico als gevolg van stikstofdepositie worden verminderd door gebruik te maken van het CLT-houtbouwsysteem.

Op basis van dit onderzoek, waarbij gebruik is gemaakt van de casus 'Entreegebouw', wordt Ingenious aanbevolen om bij de uitvoering van toekomstige bouwprojecten vooraf grondig onderzoek te doen naar de bouweisen van de betrokken gemeente, alternatieve mogelijkheden voor het ontwerp en de bouwlocatie.

Abstract

On May 29th 2019 the Council of State, our Supreme Court, ruled that the nitrogen approach no longer complies with European nature legislation. One of the consequences of this is that, when developing future construction projects, an ecological assessment is necessary to demonstrate that there is no contribution to the nitrogen deposition in Natura 2000 areas.

In traditional construction, the nitrogen deposition is relatively high due to the use of heavy building materials. As a result, companies run a greater risk that the plan will not be approved due to too high nitrogen deposition. Previous research has shown that building with wood could offer a solution.

The aim of this research is to determine which timber construction system is most efficient in reducing nitrogen deposition compared to traditional construction systems, in order to limit the risk of failure of future high-rise projects.

In this study, the timber construction system is tested for nitrogen emissions compared to an average traditional construction system in the 'Entrance building' case. This case was supplied by architects Common Affairs, commissioned by Ingenious.

Which timber construction system is most efficient in reducing nitrogen deposition compared to traditional construction systems?

A combination of qualitative and quantitative research was used to answer the research question. Literature research was conducted for this purpose, interviews were conducted with various timber construction experts and nitrogen calculations were carried out by an independent consultancy-bureau.

The total nitrogen deposition when using the CLT timber construction system is lower than with traditional construction methods. Therefore, in future construction projects, the risk of failure due to nitrogen deposition can be reduced by using the CLT timber construction system.

Based on this research, which made use of the 'Entrance building' case, Ingenious is recommended to carry out a thorough investigation in advance of the construction requirements of the municipality concerned, alternative design options and the construction location when carrying out future construction projects.

Inhoud

VOORWOORD	1
SAMENVATTING	2
ABSTRACT	3
INLEIDING	1
METHODOLOGIE	4
RESULTATEN EN ANALYSE.....	6
HOE IS DE ONTWIKKELING VAN HOOGBOUW WOONGEBOUWEN IN NEDERLAND?.....	6
WELKE HOUTBOUW SYSTEMEN ZIJN ER IN NEDERLAND?	10
WAT HOUDT DE BOUWMETHODE IN?.....	11
WELK HOUTBOUWSYSTEEM ZOU TOEGEPAST KUNNEN WORDEN IN DE CASUS ‘ENTREEGEBOUW’	15
TOELICHTING CASUS ‘ENTREEGEBOUW’	15
WELKE CRITERIA VINDT INGENIOUS BELANGRIJK IN HET NIEUWE HOUTBOUW CONCEPT?	16
WELK HOUTBOUWSYSTEEM IS GESCHIKT VOOR DE CASUS?	16
WELK HOUTBOUWSYSTEEM ZOU VOLGENS HET MCA HET HOOGSTE SCOREN?.....	18
WAT HOUDT HET STIKSTOFBELEID IN VOOR DE BOUWWERELD?	18
HOE WORDT DE STIKSTOF UITSTOOT TEGENWOORDIG DAN WEL BEREKEND VOOR TOEKOMSTIGE PROJECTEN?.....	19
WAT VOOR EFFECT ZOU HET TOEPASSEN VAN HET HOUTBOUWSYSTEEM UIT HET MCA HEBBEN OP DE STIKSTOFDEPOSITIE IN DE CASUS ‘ENTREEGEBOUW’?	20
CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	22
DISCUSSIE	23
BIBLIOGRAFIE.....	24
BEGRIPPEN- & AFKORTINGENLIJST	28

Inleiding

Aanleiding

Op 29 mei 2019 heeft de Raad van State, de hoogste rechter, geoordeeld dat de stikstofaankpak niet meer voldoet aan de Europese natuurwetgeving. Dit heeft onder andere als gevolg dat bij het ontwikkelen van toekomstige bouwprojecten een ecologische beoordeling noodzakelijk is om aan te tonen dat er geen sprake is van bijdrage aan de stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden.

Bij traditioneel bouwen is de stikstofdepositie relatief hoog door het gebruik van zware bouwmaterialen. Bedrijven lopen hierdoor een groter risico dat het plan niet goedgekeurd wordt door een te hoge stikstofdepositie. Bouwen met hout zou een oplossing kunnen bieden. Experts zeggen hierover het volgende: “Met houten constructies kun je van stikstofnegatief naar stikstofpositief gaan.” (Cobouw, 2019)

Het Programma Aanpak Stikstof (PAS) mag niet als basis voor toestemming voor activiteiten worden gebruikt (Raad van State, 2019). Met dit besluit heeft de hoogste rechter een streep gezet door het stikstofbeleid. Het probleem waar alle bedrijven nu mee te maken hebben is dat zowel plannen met een lopende vergunningaanvraag als plannen die eerst geen natuurvergunning nodig hadden nu moeten aantonen dat er geen stikstofdepositie plaatsvindt door het realiseren van het plan. (Aanpakstikstof, z.d.)

Het gevolg van deze stikstofproblematiek is dat in 2019 en 2020 slechts voor 47.000 woningen een vergunning verleend zal worden. (NRC, 2019)

Ingenious - opdrachtgever

Ingenious Living, onderdeel van Ingenious Group, houdt zich bezig met het ontwikkelen van woningen en gebouwen. Ingenious loopt een hoger risico met toekomstige ontwikkelingen wanneer niet volledig zeker is of het plan uitgevoerd kan worden in traditionele bouwstijl omdat hierbij een kans bestaat op een te hoge stikstofdepositie.

Doelstelling

De interne doelstelling is het opleveren van een adviesrapport met een poster voor de casus ‘Entreegebouw’ met daarin een aanbeveling voor een houtbouwsysteem dat toegepast kan worden in een nieuw hoogbouw bouwconcept.

Het externe doel van dit onderzoek is het vaststellen welk houtbouwsysteem het meest efficiënt is in de vermindering van stikstofdepositie ten opzichte van traditionele bouwsystemen, om zo het afbreukrisico van toekomstige hoogbouwprojecten te beperken.

Het houtbouwsysteem wordt in dit onderzoek getoetst op stikstofdepositie ten opzichte van een traditioneel bouwsysteem in de casus ‘Entreegebouw’.

Hierbij heeft de opdrachtgever een voorkeur voor een houtbouwsysteem omdat bouwen met hout een duurzame manier van bouwen is.

Hoofdonderzoeksvraag

Om te kijken welk houtbouwsysteem mogelijk toegepast kan worden is de volgende onderzoeksvraag opgesteld:

“Welk houtbouwsysteem is het meest efficiënt in het verminderen van de stikstofdepositie ten opzichte van traditionele bouwsystemen?”

De onderzoeksvraag zal beantwoord worden aan de hand van de volgende deelvragen:

1. Hoe is de ontwikkeling van hoogbouw woongebouwen in Nederland?
2. Welke houtbouwsystemen zijn er in Nederland?
 - a. Wat houdt de bouwmethode in?
3. Welk houtbouwsysteem zou toegepast kunnen worden in de casus ‘Entreegebouw’
 - a. Toelichting casus ‘Entreegebouw’
 - b. Welke criteria vindt Ingenious belangrijk in het nieuwe houtbouw concept?
 - c. Welk houtbouwsysteem is geschikt voor de casus?
 - d. Welk houtbouwsysteem zou volgens het MCA het hoogste scoren?
4. Wat houdt het stikstofbeleid in voor de bouwwereld?
 - a. Hoe wordt de stikstofdepositie berekend voor toekomstige projecten?
5. Wat voor effect zou het toepassen van het houtbouwsysteem uit het MCA hebben op de stikstofdepositie in de casus ‘Entreegebouw’?

Het beantwoorden van de onderzoeksvraag zal een bijdrage leveren aan de kennisvraag:

“Wat is de invloed van verschillende bouwtechnische alternatieven (zoals prefab, in situ, industrieel bouwen) op de bouwlogistiek van specifieke projecten?”

Leeswijzer**Hoofdstuk 1 Inleiding**

In de inleiding wordt er ingegaan op de aanleiding van het praktijkonderzoek, de probleemstelling en de doelstelling. Op basis hiervan is de praktijkvraag, de kennisvraag en de relevantie van het onderzoek tot stand gekomen.

Hoofdstuk 2 Methodologie

In dit hoofdstuk wordt de werkwijze van het onderzoek verantwoord. Hierin zullen de deelvragen geformuleerd worden die uiteindelijk een antwoord moeten gaan geven op de hoofdvraag. Verder worden de verschillende methodes van data verzamelen en verwerken beschreven en onderbouwd door middel van achterliggende theorie.

Hoofdstuk 3 Resultaten en analyse

In dit hoofdstuk wordt de literatuurstudie beschreven die voorafgaand aan dit praktijkonderzoek is uitgevoerd. De resultaten van de verzamelde en geanalyseerde data zullen door middel van theoretische onderbouwingen en illustraties weergegeven worden. Daarnaast zal in dit hoofdstuk antwoord gegeven worden op de deelvragen.

Hoofdstuk 4 Conclusie en discussie

De resultaten van de deelvragen zullen leiden tot een uiteindelijke conclusie die antwoord zal geven op de hoofdvraag. Hierdoor zullen er ook discussiepunten tot stand komen. Na de analyse van de verschillen en overeenkomsten in de discussie zullen aanbevelingen gedaan worden richting Ingenious en mogelijk andere bouwbedrijven die te maken hebben met de genoemde probleemstelling.

Methodologie

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is gebruik gemaakt van een combinatie van kwalitatief- en kwantitatief onderzoek. Allereerst is een houtbouwsysteem geselecteerd aan de hand van de uitgangspunten van de casus 'Entreegebouw'. De stikstofdepositie van dit systeem is vervolgens vergeleken met de stikstofdepositie van een gemiddelde traditionele bouwmethode.

Verzamelen data onderzoek

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van deskresearch en fieldresearch. Er is eerst een literatuuronderzoek uitgevoerd om data te verzamelen over de hoogbouw ontwikkelingen in Nederland en de verschillende houtbouwsystemen die in Nederland worden toegepast. Hiervoor is gebruik gemaakt van Data-triangulatie.

Data-triangulatie is een vorm van onderzoek waarbij verschillende databronnen worden geraadpleegd (onder andere interviews, observaties, beleidsstukken, rapporten) of waarbij tijdig meerdere onderzoekers worden ingeschakeld bij het verzamelen van data en het analyseren ervan. (Ensie, 2017)

Interviews

Om de informatie van de literatuurbronnen te bevestigen, zijn er semigestructureerde interviews afgenomen bij verschillende experts. Er is gebruik gemaakt van semigestructureerde interviews om gestructureerd antwoord op bepaalde vragen te krijgen en daarnaast is er ook nog de ruimte om dieper op antwoorden in te gaan voor nog meer informatie.

De geïnterviewden zijn allemaal één voor één telefonisch geïnterviewd.

De uitwerking bevat de samengevatte antwoorden van de interviews. Hierbij is andere extra informatie die niet relevant was voor dit onderzoek buiten de analyse gelaten.

Analyseren data onderzoek

De opzet is om eerst een beeld te krijgen van de hoogbouw ontwikkelingen in Nederland en daarbij een inventarisatie te maken van de verschillende houtbouwsystemen die in Nederland toegepast worden. De inventarisatie is gedaan door literatuuronderzoek uit te voeren en de informatie te valideren door semigestructureerd interviews te houden met experts uit het vakgebied.

Om vooroordelen te vermijden en kritisch te blijven is er gekozen om de informatie van het literatuuronderzoek te toetsen aan 2 interviews met verschillende houtbouw experts, en de data te bevestigen door een onafhankelijke houtconstructeur.

Na de inventarisatie van de houtbouwsystemen is er een voorselectie uitgevoerd van de houtbouwsystemen die mogelijk toegepast zouden kunnen worden voor het pilotproject 'Entreegebouw'. Door de voorselectie zijn 2 systemen overgebleven die verwerkt zijn in 2 ontwerpvarianten. Deze varianten zijn d.m.v. een Multi criteria analyse getoetst op criteria die opgesteld zijn door de opdrachtgever.

De variant die het beste uit het MCA naar voren komt, is daarna getoetst op de stikstofdepositie.

Het resultaat van de stikstofberekening in hout is vergeleken met het resultaat van de stikstofberekening van het pilotproject wanneer deze uitgevoerd zou worden in een traditionele bouwmethode. De resultaten van het literatuuronderzoek zijn gevalideerd door experts uit het vakgebied door middel van datatriangulatie. De resultaten van de stikstofberekening zijn uitgevoerd door een officieel adviesbureau. Hierdoor kan met zekerheid gezegd worden dat de berekeningen betrouwbaar zijn.

Resultaten en analyse

Hoe is de ontwikkeling van hoogbouw woongebouwen in Nederland?

Inleiding

Het hoofdonderwerp van dit onderzoek is een houtbouwsysteem dat mogelijk toegepast kan worden in een nieuw hoogbouw bouwconcept. Het is daarom van belang om het onderzoek te starten met de ontwikkeling van hoogbouw woongebouwen in Nederland en de relevantie van dit onderwerp.

Geschiedenis

De eerste woontoren in Nederland is het 12-verdiepingenhuis, bijgenaamd de Wolkenkrabber, zie Figuur 1 - 12 verdiepingenhuis Figuur 1. De woontoren is in 1932 gebouwd in Amsterdam. Na de tweede wereldoorlog raakten de “flats” steeds meer in trek als woningtypes. Dit is relatief rustig gebleven tot 1986 toen in Rotterdam de WTC-toren gerealiseerd werd. (Droogh, 1988) Dit is het startpunt geworden voor een hoogbouw golf die voornamelijk in grote steden voorkwam, maar later ook in kleinere steden begon. De laatste paar jaren zijn er veel verschillende woontorens bijgekomen. De hoogste woontoren is momenteel de New Orleans in Rotterdam met een hoogte van 158 meter. In 2019 is begonnen met de bouw van het gebouw: De Zalmhaven. Deze woontoren wordt maar liefst 215 meter hoog en wordt daarmee de hoogste flat van de Benelux. (Dekker, 2009)



Figuur 1 - 12 verdiepingenhuis (eva0794, 2012)

Toegepaste bouwmethodieken in Nederlandse woongebouwen

Wereldwijd wordt de traditionele bouwmethodiek met beton het meest toegepast als methode voor hoogbouw. Dit blijkt uit gegevens van Betoniek, een kennisplatform over de technologie en uitvoering van beton. Bij woontorens wereldwijd blijken 43 van de 66 torens een hoofddraagconstructie geheel van beton te hebben. In 17 gevallen was er voor een composiet constructie gekozen en 5 torens zijn gebouwd in een mengvorm van stalen en betonnen onderdelen. Slechts 1 toren had een geheel stalen hoofddraagconstructie. (Betoniek, 2013)

Bouwen met beton is de traditionele manier in Nederland, dus daarom wordt beton het meest gebruikt voor de constructie van hoogbouw. Dit komt omdat dit een bekende bouwmethode is, waar al veel informatie over beschikbaar is. Dit blijkt ook uit de interviews met de experts (zie bijlage 1 – interviews experts).

Omdat dit onderzoek zich voornamelijk richt op houtbouw, wordt verdere toelichting van andere bouwmethodieken buiten beschouwing gelaten.

Waarom hoogbouw?

Hoogbouw is niet alleen noodzakelijk voor binnenstedelijke ontwikkelingen, maar het levert ook veel geld op. Er is veel onderzoek gedaan naar de logistiek voor binnenstedelijke ontwikkelingen en hierbij is het volgende beschreven:

Ongeveer 50 procent van de bouwomzet wordt behaald in de grote steden. Dat groeit het komende decennium naar 80 procent. Er ligt een opgave voor de bouw van één miljoen nieuwe woningen, verduurzaming van de woningvoorraad en vernieuwing van infrastructuur. Nu al is 30 procent van het zakelijke verkeer in steden toe te rekenen aan de bouw: dagelijks meer dan 200.000 bestelbusjes en 20.000 vrachtwagens. Dit leidt tot ergernis en kosten van files, problemen met luchtkwaliteit (CO₂, fijnstof) geluid en verkeersveiligheid. (TNO Innovation for life, 2018)

Er liggen dus nog veel kansen voor bedrijven in de binnenstedelijke projectontwikkeling.

Waarom hoogbouw in hout?

Zoals aangegeven wordt in Nederland beton en staal nog steeds het meest toegepast in de hoogbouw en valt er nog veel omzet mee te behalen. Volgens experts is het toepassen van beton en staal bij veel aannemers bekend en overstappen op nieuwe bouwsystemen is vaak duur en moeilijk omdat er geen tot weinig ervaring is met de nieuwe systemen. Zo bleek ook uit een interview met Johan van den Essenburg, projectontwikkelaar, bijlage 1 – interviews experts:

“NB: Jullie zijn een projectontwikkelaar die de uitvoering uitbesteden aan een aannemer. In dit geval willen jullie het ‘Entreegebouw’ realiseren in een houtbouw methode, hebben jullie hier al ervaring mee?

JE: Nee, wij hebben nog geen ervaring met houtbouw methodes. Wij hebben er al wel veel over gelezen en al voorbeelden van bekeken, en het is meer ingegeven, gelet op de huidige situatie met de milieuproblematiek op diverse vlakken, dat we naar een ander bouwsysteem willen dan traditioneel met beton en staal en vandaar dat wij gekozen hebben om een pilotproject ‘Entreegebouw’ in hout te willen ontwikkelen”.

Toch komen er in Nederland steeds meer projecten die gebouwd worden met hout. Een belangrijk aandachtspunt is namelijk de logistiek. Zo zegt dhr. van Hoek, directeur van het Economisch instituut voor de bouw, het volgende:

“Provincies als Noord- en Zuid-Holland willen 80 tot 90 procent bouwen in stedelijk gebied, maar daar is het druk. De infrastructuur moet worden omgelegd, omwonenden kunnen bezwaar maken. Ik hoorde ooit van een wethouder: Ik heb acht binnenstedelijke projecten en zeven liggen er onder bezwaar.”
(Trouw, 2020)

Het overstappen op houtbouw zorgt ervoor dat er een stuk minder logistieke bewegingen nodig zijn, zeker van zwaar transport omdat hout een licht bouw materiaal is. Hierdoor is er ook minder stikstofdepositie en bouwen met hout is een duurzame bouw methode.

Houten woontorens

Amsterdam krijgt de hoogste houten woontoren van Europa genaamd: HAUT. Het gebouw wordt 73 meter hoog en zal in 2020 opgeleverd worden. De draagconstructie wordt opgetrokken uit hout. Hierbij wordt kruislings verlijmd gelamineerd hout (CLT) toegepast. In Rotterdam wordt gewerkt aan het gebouw “Sawa”, zie Figuur 2. Een woongebouw van 50 meter hoogte, dat ook volledig in CLT-hout gebouwd wordt. (Het Houtblad, 2020)

Volgens expert Jaap Kok (bijlage I – interviews experts) is het Sawa een mooi voorbeeld van houtbouw.



Figuur 2 - Het Sawa (Paling, 2020)

Populariteit van hoogbouw woongebouwen

Hoogbouw wordt steeds populairder in Nederland en dat is goed te zien in grotere steden. Hier is de woningnood hoog en wordt hoogbouw ingezet om de vraag te beantwoorden. De uitbreiding van steden en gemeentes is in de breedte steeds moeilijker, en daarom wordt er sneller gekozen om de hoogte in te gaan of buiten de stad te bouwen. Hierbij vormt zich wel het volgende obstakel: De makkelijkere binnenstedelijke woningbouwlocaties beginnen op te raken. Hierdoor blijven de complexere locaties met een langere doorlooptijd over. Dit zorgt ervoor dat er een langere bouwtijd benodigd is. Ton Hillen, bestuursvoorzitter van Heijmans zegt daarover het volgende: “Wil je vaart maken met woningbouw, zul je dus ook buiten de stad moeten bouwen.” (Cobouw, 2018)

Hoogbouwbeleid

Toch wordt hoogbouw nog niet in alle gemeente op grote schaal toegepast. De beperkende factor bij het realiseren van hoogbouw is vaak de gemeente. De gemeente bepaalt namelijk de voorwaarden voor nieuwbouw door het vaststellen van de bestemmingsplannen en aanbestedingsvoorwaarden.

Om grote hoogtes van gebouwen te beperken is het hoogbouwbeleid opgesteld waarin de maximale hoogte van gebouwen vaststaat per gemeente. Gemeentes zijn namelijk tot op heden niet enthousiast over hoogbouw en dit komt vaak door veel weerstand van de inwoners, met als argument: horizonvervuiling. (ABNAMRO, 2020)

Conclusie ontwikkeling van hoogbouw woongebouwen in Nederland?

Geconcludeerd kan worden dat hoogbouw in Nederland steeds meer groeit. Binnenstedelijke hoogbouw wordt tegenwoordig vaker toegestaan om de woningnood te verminderen. Toch wordt hiervoor doorgaans een beperkt aantal specifieke locaties aangewezen door de gemeente en vaak zijn deze buiten de historische binnenstad. Ook het bouwen van woningen buiten de stad komt steeds meer voor.

De binnenstedelijke gebieden waar wel ontwikkelingen plaats kunnen vinden worden steeds complexer wat zorgt voor een langere doorlooptijd in de uitvoering. Dit zorgt voor meer risico voor projectontwikkelaars en/of aannemers.

Bedrijven zijn bereid om te werken met andere bouwsystemen omdat binnenstedelijke projecten vaak te maken hebben met complexere infrastructuren. Hierdoor is logistiek een belangrijk aandachtspunt bij binnenstedelijke ontwikkelingen. Bij het toepassen van traditionele bouwmethodes is zwaar transport nodig wat zorgt voor meer uitstoot van CO₂ en stikstof. Het overstappen op andere bouwsystemen wordt hierdoor interessanter voor partijen om sneller te voldoen aan de steeds strengere eisen omtrent de depositie van stikstof.

Waar vroeger veelal beton en staal werd toegepast voor de constructie van hoogbouw, wordt er tegenwoordig langzamerhand steeds meer gekeken naar andere bouwsystemen zoals houtbouw om gebouwen te realiseren. In het volgende hoofdstuk van dit onderzoek wordt er gekeken welke houtbouwsystemen er zijn in Nederland.

Welke houtbouw systemen zijn er in Nederland?

Er zijn in Nederland verschillende houtbouw methodes en een aantal alternatieve bouwsystemen. De volgende houtbouw methodes worden het meeste toegepast en zijn te verdelen in twee hoofdgroepen namelijk de bekende traditionele skeletbouw methode en de wat minder bekende massieve houtbouw methode. (woneninhout, `z.d.)

1. Skeletbouw methode

Deze is onder te verdelen in:

- Traditionele houtskeletbouw (HSB)
- Paal&balk systeem

2. Massieve houtbouw

Deze is onder te verdelen in:

- Logbouw
- Cross Laminated Timber (CLT)

3. Houtstructuurbouw

De houtbouw methodes worden in dit hoofdstuk algemeen beschreven en bij ieder bouwsysteem worden 2 voordelen en één aandachtspunt opgeschreven. In bijlage 2 worden de houtbouw systemen verder toegelicht op de onderdelen: constructieve opbouw, materiaal, verwerking, constructiehoogte, voordelen en aandachtspunten.

In dit hoofdstuk worden bij enkele bouwsystemen houten woningen als referentie gebruikt om bepaalde onderdelen toe te lichten. Voor dit onderzoek zijn houtexperts en ingenieurs van houtconstructies

benaderd met vragen over de bouwmethodes. De interviews met de experts zijn te vinden in bijlage 1.

Naast de twee hoofdgroepen is er ook nog een alternatief bouwsysteem, namelijk houtstructuur bouw.

Houtstructuur bouw is een combinatie van twee bouwsystemen en wordt ook wel een hybride bouwsysteem genoemd. In de toelichting van het hybride bouwsysteem kan er verwezen worden naar eerdere informatie die gegeven is bij de uitwerking van de houtbouw systemen.

Wat houdt de bouwmethode in?

Skeletbouw

Skeletbouw is een bouwmethode waarbij de draagconstructie bestaat uit een vorm van een skelet (geraamte). Dit onderzoek richt zich op houtskeletbouw systemen, dus hierbij is het skelet in alle gevallen van een houtmateriaal en hebben de muren geen dragende functie. Het gewicht van het gebouw wordt door het skelet volledig gedragen. Dit zorgt voor een geconcentreerde krachtenafdracht. (Filip, z.d.)

In het hoofdstuk skeletbouw wordt er gekeken naar de traditionele houtskeletbouw (HSB) en het paal&balk systeem. Hierbij worden van elk bouwsysteem 2 voordelen en 1 aandachtspunt beschreven.

Traditionele houtskeletbouw (HSB)

Houtskeletbouw (afgekort HSB) is een bouwsysteem dat tegenwoordig in Nederland steeds meer de “normale” manier van bouwen wordt genoemd. Houtskeletbouw wordt ook wereldwijd het meest toegepast en vaak in gebieden waar er veel hout beschikbaar is, of in gebieden waar steenachtige materialen minder voorkomen. In Figuur 3 is in een voorbeeld te zien van een houtskeletbouw woning.

Houtskeletbouw komt al uit de tijd van middeleeuwen en wordt in de Verenigde Staten en Canada het meest toegepast in de woonhuizen. In Scandinavië en Midden-Europa is ook veel hout beschikbaar en daarom wordt er ook hier meer gebouwd met houtskeletbouw.

Voordelen:

- Snel bouwsysteem, zeker wanneer prefab wordt toegepast
- Goedkoop bouwsysteem

Aandachtspunt:

- Architectuur met grote overspanningen is niet mogelijk; Voor grotere openingen zijn vaak enkele gelamelleerde houten of staalkolommen of -liggers nodig

(Viveen, 2020)



Figuur 3 Houtskeletbouw (Forte-hsb, z.d.)

Paal&balk systeem

Bij het paal&balk bouwsysteem worden grote forse houten kolommen (palen) en liggers (balken) toegepast, zie Figuur 4. Hierdoor ontstaat een zeer stevige en zelfdragende houten constructie. De palen in deze constructie bestaan vaak uit één stuk en lopen in veel gevallen van de grond tot en met het dak. Er wordt in dit bouwsysteem vaak gelamineerd hout toegepast omdat dit sterker en goedkoper is. Gelamineerd hout zorgt ook voor meer stabiliteit. (Goto, 2018)

Voordelen:

- Grote overspanningen en open gevels mogelijk.
- Meer verdiepingen mogelijk dan bij houtskeletbouw.

Aandachtspunt:

- Vooral gebruikt voor grotere commerciële gebouwen, minder voor gezinswoningen.

(een-huis-bouwen, z.d.)



Figuur 4 Paal&balk (hoffmann-trade, z.d.)

Massieve houtbouw

Massieve houtbouw is een andere variant van bouwen met hout. Bij massieve houtbouw wordt er onderscheid gemaakt tussen massieve houtbouw met balken of met platen. In het hoofdstuk massieve houtbouw wordt er gekeken naar het logbouw systeem en het Cross Laminated Timber (CLT) systeem.

Logbouw

De massieve houtbouw met logs, ook wel logbouw genoemd, is een eeuwenoud systeem dat vroeger veel gebruikt werd. In Figuur 5 is een voorbeeld te zien van een massieve houtbouw woning. In de bergen in Oostenrijk en Zwitserland zie je dat dit systeem nog veel wordt toegepast in berghutten. De esthetische uitstraling van deze huizen wordt ook vaak geassocieerd hiermee.

Voordelen

- Mooie esthetische uitstraling
- Gezond binnenklimaat

Aandachtspunt

- Niet geschikt voor hoogbouw



Figuur 5 Logbouw (jeeigenhuisontwerpjezelf, z.d.)

Cross Laminated Timber (CLT)

Meerlagige massieve houten platen, kruislaaghout (KLH) of cross Laminated Timber (CLT) kent veel verschillende namen. De techniek is in principe overal hetzelfde, maar de eigenschappen en de benaming van het product is afhankelijk van de fabrikant en het land. Vanaf nu zal er worden gesproken over Cross Laminated Timber (CLT), zie Figuur 6. De massieve houten platen lijken op een uitvergroete versie van een multiplexplaat. CLT is een houtbouw product dat opgebouwd wordt uit kruislings verlijmde éénlaagsplaten. (Bradner, Flatscher, Ringhofer, Schickhofer, & Thiel, 2016)

Voordelen:

- CLT kan als hoofdconstructie worden toegepast maar ook als een onderdeel van een constructie
- Zeer snelle montagetijden

Aandachtspunt:

- Is over het algemeen wat duurder dan houtskeletbouw.



Figuur 6 Cross laminated timber (multicomfort, 2013)

Hybride bouwsystemen

Wanneer er twee of meerdere bouwsystemen gecombineerd worden toegepast om een gebouw te realiseren spreekt men van hybride bouwen. Hybride bouwen wordt eigenlijk overal toegepast.

Volgens expert Jules Smit (bijlage I – interviews experts) is het niet noodzakelijk om een hybride bouwmethodiek te gebruiken om hoge gebouwen volledig in hout te realiseren, zolang er maar goed nagedacht wordt over de stabiliteit van het gebouw. Zeker bij grotere hoogtes.

Houtstructuur bouw

Houtstructuur bouw is een combinatie van het paal&balk systeem samen met het traditionele houtskeletbouw systeem. De kracht van dit systeem ligt in het feit dat het skelet wordt opgetrokken uit gelamineerde liggers en balken. De niet dragende delen worden gerealiseerd in houtskeletbouw. Het voordeel in dit bouwsysteem is dat het relatief eenvoudig is en erg snel gerealiseerd kan worden.

Voordelen:

- De voordelen van bouwsystemen worden in dit systeem gecombineerd.
- Mogelijk gebouwen te realiseren die met een enkel bouwsysteem niet mogelijk zijn

Aandachtspunt:

- Meer expertise nodig van verschillende experts

Conclusie houtbouwsystemen

Er is onderzoek gedaan naar de verschillende houtbouwsystemen. De systemen zijn geïnventariseerd en toegelicht op verschillende onderdelen om inzicht te geven. De volgende houtbouwsystemen zijn geïnventariseerd voor dit onderzoek en worden in Nederland het meeste toegepast:

- Traditionele houtskeletbouw (HSB)
- Paal&balk systeem
- Logbouw
- Cross Laminated Timber (CLT)

Voor dit onderzoek zijn houtbouwexperts en ingenieursbureaus benaderd met vragen over de bouwsystemen. Houtbouw wordt tegenwoordig steeds meer toegepast in de hoogbouw, en er zijn al verschillende voorbeelden te vinden hiervan.

Geconcludeerd kan worden dat de meeste projecten worden aangeboden als houtbouw gebouwen, maar dit zijn in veel gevallen gebouwen die gebouwd zijn door middel van een hybride bouwsysteem. Een hybride bouwsysteem combineert de verschillende bouwsystemen tot één geheel waardoor grote hoogtes bereikt kunnen worden.

Het is niet noodzakelijk om een hybride bouwmethodiek te gebruiken om hoogbouw volledig in hout te realiseren, zolang de stabiliteit in het ontwerp maar goed geregeld is. Er is ook hoogbouw die volledig in CLT-elementen is gerealiseerd, maar hierbij is het van belang dat er van tevoren goed over nagedacht wordt en dat het constructieve ontwerp van het gebouw hierop gebaseerd wordt.

Om hoogbouw in hout te realiseren is dus afhankelijk van de opdrachtgever omdat hij bereid moet zijn om het risico te nemen om met een voor hem onbekende bouwmethode te werken.

Uit het interview met de opdrachtgever (bijlage I - interviews experts) komt naar voren dat Ingenious dit risico wil nemen en het 'Entreegebouw' wil gebruiken als pilotproject om te kijken welk houtbouwsysteem toegepast kan worden in mogelijke nieuwe hoogbouw projecten.

Om te bepalen welk houtbouwsysteem toegepast kan worden in de casus 'Entreegebouw' worden in het volgende hoofdstuk de uitgangspunten van het ontwerp inzichtelijk gemaakt.

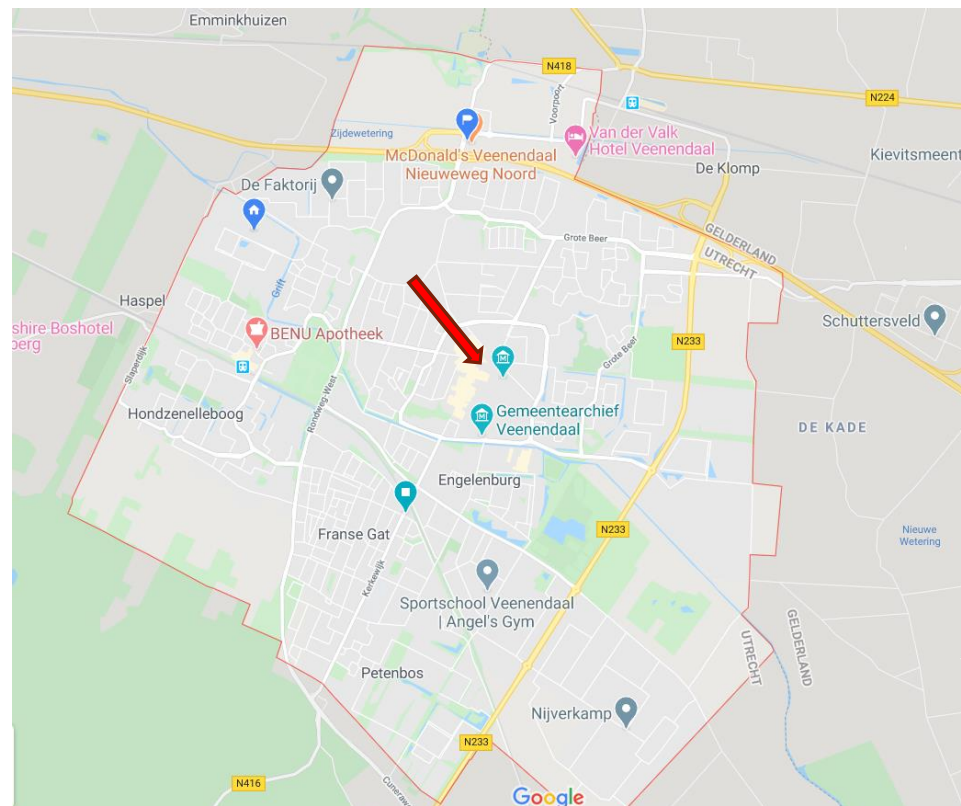
Welk houtbouwsysteem zou toegepast kunnen worden in de casus 'Entreegebouw'?

Zoals al aangegeven is bij de conclusie van de houtbouwsystemen, is het van belang om inzichtelijk te hebben wat de uitgangspunten van de casus zijn. Deze casus 'Entreegebouw' is een pilotproject voor Ingenious om te kijken of het mogelijk is om een houtbouw methodiek toe passen in de hoogbouw. Voordat de uitgangspunten van het ontwerp toegelicht worden, wordt er eerst een toelichting gegeven over de casus 'Entreegebouw'.

Toelichting casus 'Entreegebouw'

De casus bevindt zich in Veenendaal, een dorp in de gemeente Utrecht. In de binnenstad van Veenendaal worden veel nieuwbouwcomplexen gerealiseerd. Het project genaamd Brouwerspoort is een gezamenlijk initiatief van de Gemeente Veenendaal en AM Wonen. Voor brouwerspoort is door Jos van Eldonk, van Common Affairs, een stedenbouwkundig ontwerp gerealiseerd. In Figuur 7 is bij de rode pijl de locatie aangeven waar het 'Entreegebouw' gerealiseerd gaat worden rond 2021. Dit is in het centrumgebied van Veenendaal.

Het adres van het project is:
Brouwergracht, Veenendaal



Figuur 7 Kaart Veenendaal (Google Maps, 2020)

Het 'Entreegebouw'

De casus 'Entreegebouw' is een van de ontwikkelingen van Ingenious die gepland staan in het project Brouwerspoort. Het 'Entreegebouw' wordt een gebouwencomplex met 48 woonstudio's. Het gebouw heeft een hoogte van 29,70 meter. In Figuur 8 is een impressie te zien van het (mogelijk) toekomstige gebouw. De uitgangspunten van het ontwerp zijn naar aanleiding van de documenten die beschikbaar zijn gesteld door de opdrachtgever.

Uitgangspunten ontwerp:

- Begane grondvloer uit beton
- Eerste verdieping uit beton
- Hoogte: 29,70 meter
- Breedte: 18,00 meter
- Diepte: 16,50 meter
- Oppervlakte: 1.014m²



Figuur 8 impressie 'Entreegebouw' (Common Affairs, 2019)

Welke criteria vindt Ingenious belangrijk in het nieuwe houtbouw concept?

Zoals eerder al aangegeven is, wil de opdrachtgever graag een houtbouwsysteem toepassen in het nieuwe 'Entreegebouw'. In een interview met Johan van den Essenburg (bijlage 1 – interviews experts) is naar voren gekomen dat het ontwerp al wel gemaakt is door een architect, maar dat de bouwmethode nog niet bekend is.

Hierbij heeft de opdrachtgever aangegeven dat duurzaamheid en economische haalbaarheid belangrijke onderdelen zijn om te bepalen of het gebouw in houtbouw gerealiseerd wordt. De criteria zijn opgenomen in het MCA in bijlage 4 – Multicriteria analyse, en toegelicht in bijlage 5 - Toelichting criteria.

Welk houtbouwsysteem is geschikt voor de casus?

Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat in Nederland de hoogbouw voornamelijk uit een CLT of een hybride constructie bestaat. Hierbij wordt ook geconcludeerd dat het wel mogelijk is om hoogbouw te realiseren met een andere houtbouwmethodiek zoals bijvoorbeeld het paal&balk systeem, maar dan moet het gebouw hier vooraf wel volledig op ontworpen worden.

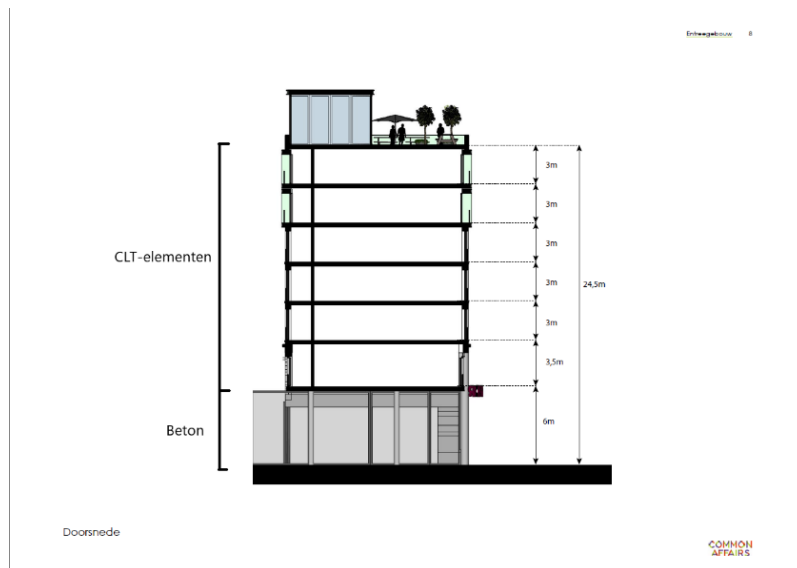
Voor de casus is het ontwerp van het gebouw al uitgevoerd door een architect en hierbij zijn een aantal uitgangspunten al vastgezet. Daarom zijn er voor dit onderzoek twee varianten uitgewerkt met verschillende houtbouw methodieken die mogelijk wel toegepast kunnen worden in de casus. Dit onderzoek zal zich verder ook alleen op deze twee varianten richten.

Op de volgende pagina staan de varianten beschreven:

Ontwerp variant 1 – CLT-uitvoering

De begane grondvloer en de eerste verdiepingvloer worden in deze variant uitgevoerd in beton. De bovenste 5 lagen daarboven op worden volledig uitgevoerd in CLT-elementen van Holz100.

In Figuur 9 Variant 1, is een voorbeeld te zien van de constructieve opbouw.

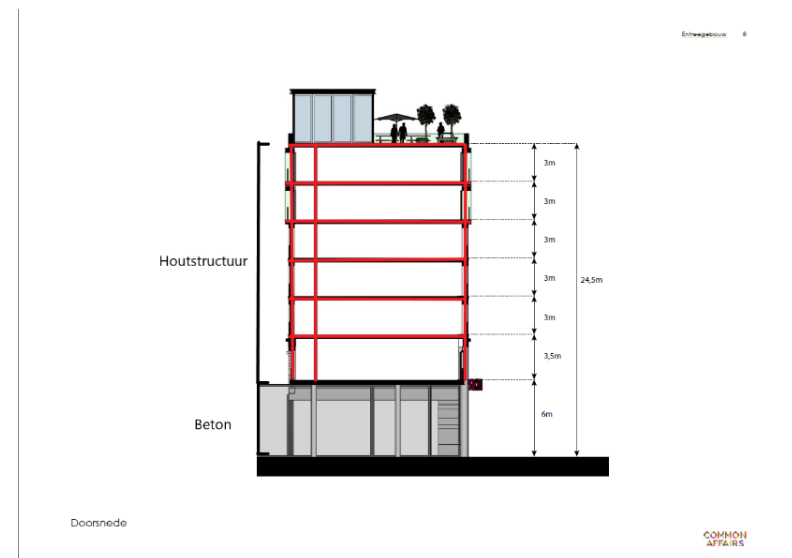


Figuur 9 Variant 1 (Common Affairs, 2019)

Ontwerp variant 2 – Houtstructuur uitvoering

De begane grondvloer en de eerste verdiepingvloer bestaan uit beton en de bovenste 5 verdiepingen bestaan uit houtstructuur bouw, waarbij de constructie wordt opgetrokken uit gelamineerde liggers, de vloeren in beton en de wanden van HSB.

In Figuur 10 Variant 2 is een voorbeeld te zien van de constructieve opbouw.



Figuur 10 Variant 2 (Common Affairs, 2019)

Welk houtbouwsysteem zou volgens het MCA het hoogste scoren?

Om te bekijken welke houtbouw methodiek het beste toegepast kan worden in het gebouw, is er een Multi criteria analyse uitgevoerd. In de Multi criteria analyse zijn meerdere criteria opgesteld aan de hand van gesprekken met de opdrachtgever.

Uit het MCA is naar voren gekomen dat ontwerp variant I – CLT-uitvoering, het beste toegepast kan worden voor de casus 'Entreegebouw'. De volledige Multi criteria analyse is te vinden in bijlage 4 – Multicriteria analyse, waarbij de toelichting van de criteria is opgenomen in bijlage 5 – Toelichting criteria.

Conclusie welk houtbouwsysteem zou toegepast kunnen worden in de casus 'Entreegebouw'

Op basis van de Multi criteria analyse kan geconcludeerd worden dat ontwerp variant I – CLT-uitvoering -- het beste toegepast kan worden voor de casus 'Entreegebouw'. In de variant wordt het CLT-houtbouwsysteem toegepast om de bovenste 5 lagen van het gebouw te realiseren. Dit betekent dat het bouwen met CLT-elementen het meest geschikt is voor de casus 'Entreegebouw' en mogelijk voor andere toekomstige hoogbouw projecten.

Dit bouwsysteem wordt nu verder onderzocht op de mogelijke stikstofdepositie die het toepassen van deze bouwmethodiek heeft. Voordat het effect van de stikstof uitstoot in beeld wordt gebracht is het van belang om inzicht te hebben in het stikstofbeleid in Nederland.

Wat houdt het stikstofbeleid in voor de bouwwereld?

Zoals in de inleiding al beschreven staat, heeft op 29 mei 2019 de Raad van State, de hoogste rechter, geoordeeld dat het Programma Aanpak Stikstof (PAS) niet meer als basis voor toestemming voor activiteiten gebruikt mag worden. (Raad van State, 2019)

Het doel van PAS was het terugdringen van de hoeveelheid stikstof uitstoot, het versterken van de natuur en tegelijkertijd toch nog economische ontwikkelingen mogelijk maken. Het PAS had betrekking op de landbouwsectoren, industrie, verkeer en bouw.

Met het PAS werden dus alsnog vergunningen afgegeven voor (bouw)projecten in de buurt van Natura2000 gebieden, ondanks dat er extra stikstof in de natuur terecht kwam.

Het toepassen van PAS was een goed schoolvoorbeeld van het poldermodel wat in Nederland veel wordt toegepast. Het poldermodel is namelijk gericht op samenwerken en het maken van afspraken tussen beide partijen. Het PAS was hierdoor op lange termijn niet geschikt voor structurele oplossingen op het gebied van stikstof.

Alle sectoren wijzen naar elkaars fouten, zo ook de bouwsector. Maar zo'n 8% van al het wegvervoer is wel bouw gerelateerd. Dit vraagt dus ook van de bouwsector aandacht voor nieuwe oplossingen. (RIVM, z.d.)

Hoe wordt de stikstof uitstoot tegenwoordig dan wel berekend voor toekomstige projecten?

De rijksoverheid is sinds oktober 2019 weer bezig met het op gang brengen van het verlenen van vergunningen. (Rijksoverheid, 2019) Zij vermeld hierbij dat de volgende maatregelen genomen worden door het kabinet:

- Voor kleinschalige bouwprojecten, projecten die alleen tijdelijk stikstof uitstoten of verder weg liggen van een Natura-2000 gebied, mogen overheden weer toestemming gaan geven. Voorwaarde is dat uit een ecologische beoordeling blijkt dat de emissies geen Natura-2000 gebied aantasten.
- Het kabinet komt met drempelwaardes per regio. (Nieuwe) projecten met een stikstofneerslag die onder de drempelwaarde blijft, hebben geen natuurvergunning nodig.
- De zogeheten ADC-toets blijft van kracht. Dit betekent dat een project kan doorgaan als er geen alternatieven zijn (A), er dwingende redenen zijn van groot openbaar belang (D) en compensatiemaatregelen worden getroffen (C).
- De provincies verlenen weer vergunningen als door een project de stikstofuitstoot niet toeneemt. Bijvoorbeeld door met behulp van salderen de uitstoot te compenseren. (kvk, 2020)

Salderen betekent dat je een toename van de uitstoot van stikstof kunt compenseren met een besparing binnen hetzelfde project of elders (intern en extern salderen).

Netto blijft de uitstoot dan hetzelfde; bij extern salderen mag de ontvanger 70% van de overgedragen stikstofruimte benutten

Om plannen een doorgang te geven is het dus van belang om de negatieve effecten ten gevolge van een stikstofdepositie op de natuur uit te sluiten. Alle bouwplannen moeten dus aantonen dat er geen stikstofdepositie is in het plan. Het in kaart brengen van deze depositie wordt gedaan door een ecologische beoordeling uit te voeren. Deze ecologische beoordeling moet dus ook uitgevoerd worden voor het ontwerp die het beste uit de Multi criteria analyse naar voren komt.

Voor het uitvoeren van de ecologische beoordeling wordt de AERIUS Calculator gebruikt. In dit programma wordt de depositie van stikstofverbindingen in de vorm van ammoniak (NH_3) en stikstofoxiden (NO_x) op het oppervlak van de omliggende Natura 2000-gebieden berekend.

Wanneer een depositie kleiner dan of gelijk is aan 0,00 mol/ha/jaar zijn de negatieve effecten uitgesloten, en wordt er doorgang gegeven aan het plan. Als een plan een depositie waarde heeft die hoger is dan 0,00 mol/ha/jaar moet er een vergunning aangevraagd worden. Deze vergunning wordt allen verleend wanneer het zeker is dat de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied niet worden aangetast.

(kvk, 2020)

Conclusie stikstofbeleid voor de bouwwereld

In Nederland is 8% procent van al het verkeer bouw gerelateerd. Geconcludeerd kan worden dat PAS niet meer geldig is en dat er een ecologische beoordeling plaats dient te vinden om nieuwe projecten een doorgang te geven.

Sinds oktober 2019 heeft het kabinet besloten om de vergunningen weer langzamerhand te verlenen aan plannen. Hiervoor dient er wel voldaan te worden aan de gestelde voorwaarden.

Een van de voorwaarden is het uitvoeren van de ecologische beoordeling. Deze beoordeling wordt gedaan door het programma AERIUS Calculator. In dit programma wordt de depositie van stikstofverbindingen in de vorm van ammoniak (NH_3) en stikstofoxiden (NO_x) op het oppervlak van de omliggende Natura 2000-gebieden berekend.

Alle plannen en projecten moeten aantonen dat de stikstof depositie niet hoger is dan 0,00 mol/ha/jaar.

Deze ecologische beoordeling moet dus ook uitgevoerd worden voor het ontwerp: variant I – CLT-uitvoering.

Wat voor effect zou het toepassen van het houtbouwsysteem uit het MCA hebben op de stikstofdepositie in de casus 'Entreegebouw'?

Voor de ecologische beoordeling zijn door Ingenious twee AERIUS-berekeningen aangevraagd bij BURO SRO uit Arnhem. Dit is een middelgroot advies- en ontwerp bureau op het gebied van Stedenbouw, Ruimtelijke ordening en Ontwikkelingsmanagement.

Het doel van dit onderzoek was om te analyseren wat het verschil in stikstofdepositie is tussen traditioneel bouwen in hoogbouw en het bouwen van hoogbouw in hout.

Voor de AERIUS-berekening is input nodig vanuit het bedrijf die de berekening aanvraagt. Voor de AERIUS-berekening is het namelijk van belang om te weten welk materieel toegepast gaat worden, en wat de eigenschappen zijn van dit materieel. Het toegepaste materieel wordt bepaald op basis van schatting, en eventuele eerdere referentie projecten.

Het Overzicht gebouw- en bouwwerkdelen uit (Stichting bouwkwaliteit, 2011) is toegepast als referentie om alle elementen te inventariseren waaruit een gebouw is samengesteld. In de berekening wordt geen rekening gehouden met de stikstofdepositie die vrijkomt in de verwerking van de toegepaste materialen voor een gebouw.

In bijlage 6 – Tabellen input AERIUS-berekening, zijn de gegevens verwerkt die benodigd zijn voor de berekeningen. Deze gegevens zijn doorgestuurd naar BURO SRO om de stikstof berekeningen uit te voeren.

De resultaten van de berekening zijn geanalyseerd en tonen aan dat er in beide varianten geen bijdrage aan de stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden is groter dan 0,00 mol/ha/jaar.

Bij de uitvoering in CLT is de totale emissie van stikstof 14,70 kg/j t.o.v. de traditionele uitvoering waarbij de totale emissie 20,53 kg/jaar is. Dit is een positief verschil van bijna 30%

Het verschil in stikstofdepositie is er omdat er bij de CLT uitvoering minder verkeersbewegingen en draaiuren nodig zijn in de aanlegfase.

In bijlage 7 – AERIUS-berekeningen, zijn beide berekeningen opgenomen voor de casus 'Entreegebouw'.

Conclusie stikstofdepositie van houtbouwsysteem in de casus 'Entreegebouw'.

Naar aanleiding van de resultaten uit de berekening kan geconcludeerd worden dat het effect van het toepassen van de houtbouw methode op de casus 'Entreegebouw' ervoor zorgt dat de totale emissie van stikstof bijna 30 procent lager is dan bij een traditionele uitvoering. Dit verschil komt omdat er bij de CLT uitvoering minder verkeersbewegingen en draaiuren benodigd zijn.

In beide varianten is er geen bijdrage aan de stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden groter dan 0,00 mol/ha/jaar. Dit komt omdat de verwerking van de materialen niet meegenomen is in de AERIUS-berekening

Conclusie en aanbevelingen

Naar aanleiding van de uitspraak van de Raad van State, dat het PAS niet meer voldoet aan de Europese natuurwetgeving, richt dit onderzoek zich op een houtbouwsysteem dat toegepast kan worden in nieuwe hoogbouw projecten waarbij er geen stikstofdepositie is in de natuur. Wanneer dit mogelijk blijkt te zijn, kan men dit onderzoek toepassen als advies voor nieuwe hoogbouw bouwconcepten om het afbreukrisico te verminderen.

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek naar dit bouwsysteem besproken en omgezet tot een concrete conclusie. Er worden hierbij aanbevelingen gedaan die men kan meenemen naar toekomstige, vergelijkbare projecten. De tussentijdse deelvragen zijn beantwoord in het onderzoek en de conclusies hebben geleid tot de eindconclusie. Met deze conclusie wordt er antwoord gegeven op de hoofdonderzoeksvraag:

‘Welk houtbouwsysteem is het meest efficiënt in het verminderen van de stikstofdepositie ten opzichte van traditionele bouwsystemen?’

Conclusie

Uit dit onderzoek, dat uitgevoerd is op de casus ‘Entreegebouw’ in Veenendaal, blijkt dat de uitvoering van het CLT-houtbouwsysteem minder verkeerbewegingen en draaiuren nodig heeft dan traditionele bouwmethoden. Hierdoor wordt geconcludeerd dat de totale stikstofdepositie bij dit houtbouwsysteem 30 procent lager ligt dan bij traditionele bouwmethoden. Daarom kan bij toekomstige bouwprojecten het afbreukrisico als gevolg van stikstofdepositie worden verminderd door gebruik te maken van het CLT-houtbouwsysteem.

Aanbeveling

De resultaten van het onderzoek zijn gebaseerd op de casus ‘Entreegebouw’ in Veenendaal. Om deze casus als referentieproject toe te passen voor toekomstige projecten is het aan te bevelen dat:

- Er vooraf door de opdrachtgever grondig onderzoek wordt gedaan naar de bouweisen van een gemeente i.v.m. het hoogbouw beleid omdat iedere gemeente een andere maximale bouwhoogte hanteert.
- Er vooraf wordt geïnventariseerd welke ontwerpen mogelijk zijn wanneer men ervoor kiest om houtbouw toe te passen in hoogbouw. Hiervoor is het verstandig om eerst een houtbouw expert te raadplegen voor dat het ontwerp door een architect gerealiseerd wordt.
- Er onderzoek wordt gedaan naar de locatie, omdat niet alle binnenstedelijke hoogbouw projecten evenveel ruimte bieden om te bouwen. Hier dient met ook in het ontwerp rekening mee te houden.

Wanneer er aan deze aanbevelingen voldaan kan worden, is er een goede basis om een houtbouwsysteem toe passen in nieuwe hoogbouw projecten en een duurzame toekomst te realiseren zonder stikstofdepositie.

Discussie

Voor dit onderzoek zijn wetenschappelijke literatuurbronnen toegepast en interviews afgelegd om te kijken welk houtbouwsysteem het beste toegepast kan worden in de casus 'Entreegebouw'. De interviews zijn afgelegd bij twee houtbouw experts en een houtconstructeur om de informatie te valideren. Op basis hiervan kan gesteld worden dat bij een herhaling van dit onderzoek, de resultaten hetzelfde zouden zijn en dat daarmee de resultaten van dit onderzoek valide zijn.

Uit het onderzoek bleek dat veel hoogbouw projecten aangeboden worden in hout, maar dat dit veelal hybride constructies zijn. Dit resultaat is niet in overeenstemming met de verwachting dat hoogbouw volledig in hout gerealiseerd kan worden.

Een mogelijke verklaring voor dit resultaat biedt het antwoord van expert Jules Smit, bijlage I, dat het niet noodzakelijk is om een hoogbouw project hybride uit te voeren, maar dat dit veelal wordt gedaan om veel knelpunten op te lossen die erbij komen wanneer een hoogbouw project volledig in hout wordt uitgevoerd.

Aan het resultaat ligt mogelijk ook ten grondslag dat het volledig uitvoeren van hoogbouw in hout erg duur is, omdat hout een duurder bouw materiaal is dan bijvoorbeeld beton of staal. Het huidige onderzoek is een aanvulling op de stikstofberekening van Buro SRO op de casus 'Entreegebouw', omdat de berekening verder niet aantoont wat de keuze is om houtbouw toe te passen in het project. Op basis van dit onderzoek kan beter een keuze gemaakt worden om houtbouw toe te passen in toekomstige hoogbouw projecten.

Hierbij moet wel rekening gehouden worden met het feit dat dit onderzoek zich uitsluitend heeft gefocust op de casus 'Entreegebouw' en dat in deze casus het ontwerp en bepaalde uitgangspunten al vastgesteld waren. Het advies voor een vervolgonderzoek is dan ook om een soortgelijk onderzoek uit te voeren om te achterhalen of het houtbouwsysteem ook geschikt is voor het toekomstige project met andere uitgangspunten.

Bibliografie

(sd).

Aanpakstikstof. (z.d.). *Over de stop op het Programma Aanpak Stikstof (PAS)*. Opgeroepen op Februari 20, 2020, van aanpakstikstof:

<https://www.aanpakstikstof.nl/achtergrond/de-stop-op-het-programma-aanpak-stikstof>

ABNAMRO. (2020, Januari 06). *Headlines | Gemeente heeft sleutel tot hoogbouw voor woningtekort*. Opgeroepen op Maart 31, 2020, van insights.abnamro: <https://insights.abnamro.nl/2020/01/gemeente-heeft-sleutel-tot-hoogbouw-voor-woningtekort/>

Betoniek. (2013, juni 06). *Beton favoriete materiaal bij hoogbouw*. Opgeroepen op Maart 31, 2020, van betoniek: <https://www.betoniek.nl/beton-favoriete-materiaal-bij-hoogbouw>

Bradner, R., Flatscher, G., Ringhofer, A., Schickhofer, G., & Thiel, A. (2016, januari 19). Cross laminated timber (CLT): overview and development. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74. Opgeroepen op maart 4, 2020, van <https://link.springer.com/article/10.1007/s00107-015-0999-5#citeas>

Buijs, M. (2019, Oktober 04). *Headlines | Stikstof-uitspraak zet 70.000 banen in de bouw op de tocht*. Opgeroepen op Februari 20, 2020, van insights.abnamro: <https://insights.abnamro.nl/2019/10/headlines-stikstof-uitspraak-zet-70-000-banen-in-de-bouw-op-de-tocht/>

Cobouw. (2018, december 31). *Bouwceos' over 2019 | Ton Hillen (Heijmans) waarschuwt: 'Makkelijke*

binnenstedelijke locaties bijna op'. Opgeroepen op Maart 25, 2020, van Cobouw:

https://www.cobouw.nl/bouwbreed/nieuws/2018/12/bouwceos-over-2019-ton-hillen-heijmans-waarschuwt-makkelijke-binnenstedelijke-locaties-bijna-op-101268206?_ga=2.2217077.43574056.1587027604-946330340.1587027604&vakmedianet-approve-cookies=1

Cobouw. (2019, Oktober 8). *Cobouw*. Opgeroepen op Mei 17, 2020, van Revolutionaire bouwers dolblij met stikstof: 'Dit kan weleens dé motor van verandering zijn': <https://www.cobouw.nl/woningbouw/nieuws/2019/10/an-stikstofnegatief-naar-biobased-en-modulair-dit-kan-weleens-de-motor-van-verduurzaming-zijn-uw-101277340>

Common Affairs. (2019). *Entreegebouw - Veenendaal*. Veenendaal: Common Affairs. Opgeroepen op april 29, 2020, van -

Degrootvroomschoop. (z.d.). *Cross laminated timber*. Opgeroepen op Maart 17, 2020, van gelijmde-houtconstructies: <https://gelijmde-houtconstructies.nl/gelijmde-houtconstructies/producten/clt-wand-vloer-en-dakelementen/>

Dekker, T. (. (2009). *ZICHT OP HOOG WONEN*. Delft: Technische Universiteit Delft. Opgeroepen op februari 29, 2020, van <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:b9ff313c-dd01-4df9-8681-2be07a2886c1/datastream/OBJ/download>

- Droogh, D. J. (1988, januari). Woontorens: een 'verijking' van de binnenstad. *AGORA Magazine*, p. 3. Opgeroepen op februari 28, 2020, van <https://ojs.ugent.be/agora/article/download/9309/8977>
- een-huis-bouwen. (z.d.). *palen-balken systeem*. Opgeroepen op Maart 30, 2020, van een-huis-bouwen: <https://www.een-huis-bouwen.be/nl/palen-balken-systeem/index.htm>
- Ensie. (2017, Januari 04). *Datatriangulatie*. Opgeroepen op Februari 26, 2020, van Ensie: <https://www.ensie.nl/in-focus/datatriangulatie>
- eva0794. (2012, juni 13). *De Wolkenkrabber*. Opgeroepen op Maart 31, 2020, van hetschip.wordpress: <https://hetschip.wordpress.com/2012/06/13/de-wolkenkrabber-danielwillinkplein/>
- Filip, E. (z.d.). *Wat is houtskeletbouw?* Adviseur technologisch. Opgeroepen op maart 2, 2020, van <http://www.houtinfobois.be/wp-content/uploads/28277%20def.pdf>
- finnhouse. (z.d.). *Paal-en-balk*. Opgeroepen op Maart 30, 2020, van finnhouse: <https://www.finnhouse.nl/paal-en-balk/>
- Forte-hsb. (z.d.). *Welkom bij Forte-hsb*. Opgeroepen op april 29, 2020, van forte-hsb: <https://www.forte-hsb.nl/>
- geheugenplanzuid. (2012, september 08). *wolkenkrabbers*. Opgeroepen op Maart 31, 2020, van zuidelijkewandelweg: <http://www.zuidelijkewandelweg.nl/index.php/prentbrieftkaarten/uit-de-beeldbank-van-het-stadsarchief/116-de-wolkenkrabber-beeldbank-amsterdam>
- Gemeenteveenendaal. (z.d.). *Commerciële kaart*. Opgeroepen op April 20, 2020, van brouwerspoort: https://www.brouwerspoort.nl/fileadmin/Brouwerspoort/Documenten/Documenten_Commerciële_kaat.pdf
- Google Maps. (2020). *Google maps*. Opgeroepen op mei 11, 2020, van Google: <https://www.google.com/maps/place/Veenendaal/@52.0232739,5.5164428,13z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x47c6522a2a3ad32b:0x3fe2f0d7aea3937f!8m2!3d52.0263009!4d5.5544309?hl=nl>
- Goto, Y. &. (2018). Legislative Background and Building Culture for the Design of Timber Structures in Europe and Japan. *Legislative Background and Building Culture for the Design of Timber Structures in Europe and Japan*. Opgeroepen op maart 3, 2020, van https://www.researchgate.net/publication/331563761_Legislative_Background_and_Building_Culture_for_the_Design_of_Timber_Structures_in_Europe_and_Japan
- Het Houtblad. (2020, februari 13). *Sawa, 50 meter hoog houten woongebouw, komt in Rotterdam*. Opgeroepen op april 2, 2020, van houtwereld: <https://www.houtwereld.nl/architectuur/sawa-50-meter-hoog-houten-woongebouw-komt-in-rotterdam/>
- hoffmann-trade. (z.d.). *lijmen*. Opgeroepen op april 29, 2020, van hoffmann-trade: <https://www.hoffmann-trade.be/nl/activiteiten/lijmen.php>
- jeeigenhuisontwerpjzself. (z.d.). *blog 25 - logbouw*. Opgeroepen op april 29, 2020, van jeeigenhuisontwerpjzself: <https://www.jeeigenhuisontwerpjzself.nl/5-keer-hout-als-constructie-voor-je-huis/blog-25-logbouw/>

- kvk. (2020, februari 06). *Stikstof: alles wat je moet weten*.
Opgeroepen op april 29, 2020, van kvk:
<https://www.kvk.nl/advies-en-informatie/innovatie/duurzaam-ondernemen/stikstof-alles-wat-je-moet-weten/#sectoren>
- multicomfort. (2013, april). *New product on the market*.
Opgeroepen op april 29, 2020, van multicomfort:
<http://www.multicomfort.pl/en/prefabricated-houses/technology/>
- natuurmonumenten. (z.d.). *Stikstof*. Opgeroepen op Februari 20, 2020, van natuurmonumenten:
<https://www.natuurmonumenten.nl/standpunten/stikstof>
- NRC. (2019, november 21). *Forse terugloop van bouwvergunningen voor nieuwe woningen*. Opgeroepen op mei 01, 2020, van NRC:
<https://www.nrc.nl/nieuws/2019/11/20/forse-terugloop-van-bouwvergunningen-voor-nieuwe-woningen-a3981089>
- orga-architect. (z.d.). *Emissieloos bouwen doe je met hout*.
Opgeroepen op Februari 20, 2020, van orga-architect:
<https://www.orga-architect.nl/nieuws/emissieloos-bouwen-met-ecologische-houtbouw/>
- Paling, R. (2020, februari 14). *Rotterdam krijgt houten woontoren*. Opgeroepen op Maart 31, 2020, van vastgoedmarkt:
https://www.vastgoedmarkt.nl/projectontwikkeling/nieuws/2020/02/rotterdam-krijgt-houten-woontoren-101151627?_ga=2.191610346.179578605.1585656371-2100058809.1585656371
- Raad van State. (2019, Mei 29). *PAS mag niet als toestemmingsbasis voor activiteiten worden gebruikt*.
Opgeroepen op Februari 20, 2020, van raadvanstate:
<https://www.raadvanstate.nl/@115651/pas-mag/Rijksoverheid>
- Rijksoverheid. (2019, oktober 04). *Kabinet: stikstofprobleem snel en zorgvuldig aanpakken*. Opgeroepen op april 29, 2020, van Rijksoverheid:
<https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2019/10/04/kabinet-stikstofprobleem-snel-en-zorgvuldig-aanpakken>
- RIVM. (z.d.). *Stikstof*. Opgeroepen op mei 13, 2020, van RIVM: <https://www.rivm.nl/stikstof>
- Stichting bouwkwaliteit. (2011). *Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken*. Rijswijk: Stichting bouwkwaliteit. Opgeroepen op april 29, 2020, van https://milieudatabase.nl/wp-content/uploads/2019/05/SBK_Bepalingsmethode_1_1_1_2011.pdf
- TNO Innovation for life. (2018). *Duurzame bouwlogistiek voor binnenstedelijke woning- en utiliteitsbouw*. Den Haag: TNO. Opgeroepen op maart 30, 2020, van <https://repository.tudelft.nl/view/tno/uuid:c5d6ae27-6252-4b86-ac69-a7bdaf62c4b7>
- Trouw. (2020, februari 19). *Aantal bouwvergunningen flink gedaald, maar niet alleen door milieukwesties*. (J. Julen, Redacteur) Opgeroepen op april 2, 2020, van Trouw: <https://www.trouw.nl/economie/aantal-bouwvergunningen-flink-gedaald-maar-niet-alleen-door-milieukwesties~b1354a88/>
- Viveen, P. (2020, Februari 19). *Houtskeletbouw of traditioneel huis*. Opgeroepen op Maart 30, 2020, van verbouwkosten:

<https://www.verbouwkosten.com/nieuw-huis-bouwen/houtskeletbouw/>

Vree, J. d. (z.d.). *Skeletbouw*. Opgeroepen op Maart 27, 2020, van joostdevree:

<https://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/skeletbouw.htm>

Vree, J. (z.d.). *paal-en-balk*. Opgeroepen op Maart 30, 2020, van joostdevree:

<https://www.joostdevree.nl/shtmls/paal-en-balk.shtml>

woneninhout. (z.d.). *(HOUT)bouw methodes*. Opgeroepen op mei 5, 2020, van woneninhout:

<https://www.woneninhout.nl/houtbouw-methodes-2/>

Begrippen- & afkortingenlijst

Begrippen

Depositie	Depositie is het neerslaan van minerale stoffen en gasen op een vaste ondergrond.
In situ	Een Latijnse uitdrukking die in plaats of op zijn plaats betekent.
Afbreukrisico	het risico dat een bedrijf loopt wanneer het imago verlies lijdt
Traditionele- bouwmethoden	Traditionele bouw is een bouwmethode waarbij de buitengevels steen voor steen op de bouwplaats worden opgemetseld. Ook wordt gebruikgemaakt van betonnen verdiepingsvloeren, wat zorgt voor een degelijke en solide fundering van de woning.
Composiet	Een composiet is een materiaal dat is opgebouwd uit verschillende componenten. Vaak worden hiermee vezel versterkte kunststoffen bedoeld.
Pilotproject	project, opgezet om iets uit te proberen

AERIUS

AERIUS berekent de stikstofdepositie als gevolg van projecten en plannen op Natura 2000-gebieden.

Natura 2000

Natura 2000 is een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden. In deze Natura 2000-gebieden worden bepaalde dieren, planten en hun natuurlijke leefomgeving beschermd om de biodiversiteit (soortenrijkdom) te behouden.

Afkortingen

Mol	De mol (meervoud molen) is een van de zeven basiseenheden in het SI, het Internationaal Stelsel van Eenheden. Het is de eenheid voor hoeveelheid stof. Het gehanteerde symbool is eveneens mol.
Ha	Een hectare is een eenheid van oppervlakte van $100\text{ m} \times 100\text{ m} = 10\,000\text{ m}^2$ en wordt als ha afgekort. Een hectare is een afkorting van hecto-are ofwel 100 aren.
d.m.v.	Door middel van
t.o.v.	Ten opzichte van