Stefan Slaghekke - Stabiliteitswanden voor hoogbouw in hout

Resultaten

ONDERZOEKSRAPPORT

Terhalle B.V.

PROJECT: WOODCORE

Hoogbouw in hout via prefab en industrialisatie

30 juni 2026

Terhalle GROEN DUURZAAM BOUWEN
• Ecobouw • Prefab-houtskeletbouw • Sleutelklaar • Casco

Doel van het innovatieproject en beoogt vernieuwing

Het toepasbaar maken en demonstreren van een HSB-woningconcept voor hoogbouw met meer dan 4 bouwlagen.

Gezien het te kort aan woningen en de beperkte omvang van beschikbare bouwgrond is inzetten op hoogbouw met minimaal vijf bouwlagen een belangrijke stap.

Het project WOODCORE doorloopt vier fasen:

1. Kennisbundeling en conceptontwikkeling:

2. Ontwikkeling universele ontwerpregels en realiseren ontwerp:

3. Prototyping en validatie:

4. Opschalingsplan:

Terhalle GROEN DUURZAAM BOUWEN
• Ecobouw • Prefab-houtskeletbouw • Sleutelklaar • Casco

Doel Terhalle B.V.

Terhalle B.V. zal met haar ervaring een realistisch (en representatief) HSB-systeemconcept maken met al basis Woodcore/Treet en alle daarbij behorende constructie eisen.

1. Kennisbundeling : **Inventariseren en analyseren en integreren van bestaande kennis**

Verzamelen en integreren van bestaande kennis van diverse marktpartijen
tot één universeel concept. Bruikbare bewezen oplossingen ("power floor") overnemen.
Treet ("De Boom"), Bergen Noorwegen, één van de eerste hoogbouwprojecten in hout.

2. Ontwikkeling universele ontwerpregels en realiseren ontwerp: *(in samenspraak met onze constructeur)*

Universele ontwerpregels opstellen, door het huidige **Woodcore** ontwerp
en woongebouw **Treet ("De Boom").** tot een realistische ontwerp samen te voegen

Aandachtspunt:

Alleen de nodige verbindingen toepassen. (kostentechnisch)

Bij dit project zullen ook de volgende "uitdagingen" onderzocht dienen te worden.

- Stabiliteit en dynamica / Brandveiligheid / Gevel en bescherming / Akoestiek & Comfort
- Installatie & Energie
- Fundering & Onderbouw: Betonnen plint + Parkeergarage

Er zal ook gekeken moeten worden of het kostentechnisch betaalbaar is en blijft.

3. Prototyping en validatie:

Onderdelen/verbindingen die als prototype gedemonstreerd en getest kunnen worden

4. Opschalingsplan:

1. Inventariseren en analyseren en integreren van bestaande kennis

Algemene gegevens project:

Locatie:	Bergen, Noorwegen
Functie:	appartementen (62 eenheden)
Bouwjaar:	September 2014 – november 2015
Verdiepingen:	**14**

Constructief systeem

Hoofddraagstructuur	Exoskelet
Kolommen:	ca. 405×650 mm en 495×495 mm
Diagonaal:	ca. 405×405 mm
Werken als	**vakwerk 'korset' rondom het gebouw**

Verticale belastingomvormer via dit extern frame

"Power floors" (verzekerde niveaus)

Op verdieping 5 en 10 (Extra vakwerken en vloeren koppelen)

Functie:

- Stabiliteit tegenwind
- Massabedeeld
- Draagvlak

Modulair systeem, per 4 lagen stabiel

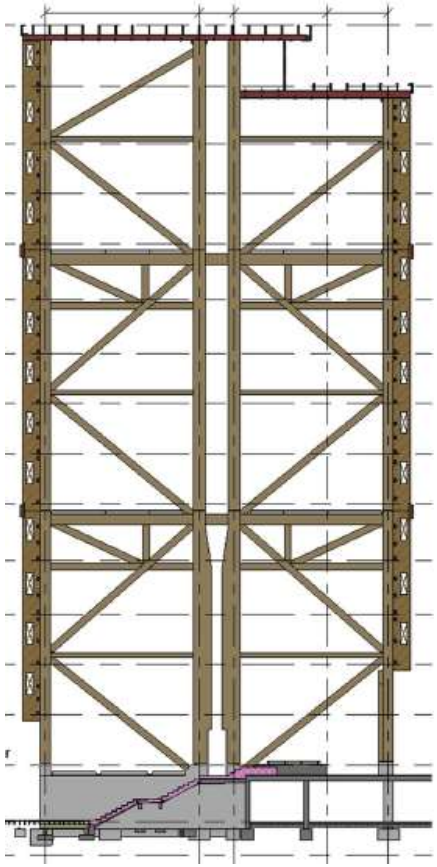
Stabiliteit & dynamica

Windbelasting cruciaal (hoog en licht gebouw)

Oplossing:

- Stijve vakwerken
- "Power floors"
- Modulair systeem dat per 4 lagen stabiel is

Geen progressieve instorting bij uitval van vakwerk



Terhalle GROEN DUURZAAM BOUWEN
• Ecobouw • Prefab-houtskeletbouw • Sleutelklaar • Casco

Korset

Bij Treet zijn de woningmodules gevat in een Korset van gelamineerde vakwerken die de verticale lasten afdragen.
De vakwerkconstructie van houten bruggen was hier het voorbeeld.
De afmetingen van de kolommen bedragen 405 x 650 en 495 x 495 mm; die van de diagonale spantbenen zijn 405 x 405 mm.
Samen geven ze het gebouw de benodigde stijfheid.

Onderzoek wijst uit dat er geen voortschrijdende bezwijking optreedt, mocht één vakwerk uitvallen.
Ertussen zijn de prefab modules ingepast

Krachtverdiepingen (“Power floors”)

Om de massa van het lichte houten gebouw te vergroten, zijn de enkele etages 5 en 10 zogenaamde krachtverdiepingen, bestaande uit een extra plafond en een extra vakwerkconstructie die aan de buitenconstructie vastzit.
Ze rusten dus niet op de onderliggende klomp modules.

Ook op het dak is voor verzwaring gezorgd met de installatieruimte.

Modules

Door de appartementen in als modules in houtskeletbouw te prefabriceren, (op passiefhuisniveau), inclusief keuken en overige afwerkingen, duurde de bouwtijd slechts vijftien maanden. Ook waren de productiekosten lager en is de modulaire houtskeletbouw één prachtig voorbeeld van milieuvriendelijkheid. De woningeenheden zijn door één enkele kraan op hun plaats gehesen. De liftschacht is opgebouwd uit drie delen.

Was de plattegrond van Treet veel groter geweest dan 23 x 21 m, dan hadden er met gemak nog tien verdiepingen op gepast.

De Boom had dus tot in de hemel kunnen groeien.

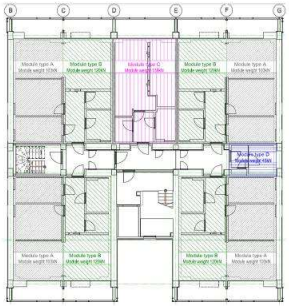
Terhalle GROEN DUURZAAM BOUWEN
• Ecobouw • Prefab-houtskeletbouw • Sleutelklaar • Casco

2. Ontwikkeling universele ontwerpregels

Plattegronden:

Woodcore **20.960 x 22.960m**

Treet ca. **21 x 23 m**



Universele ontwerpregels

Het gehele gebouw (zoveel mogelijk) in hout uit te voeren

- Aantal verbindingen WOODCORE reduceren (kostentechnisch)
- Alternatieve verbindingen onderzoeken (welke trekkrachten kunnen opnemen)
- Bruikbare bewezen oplossingen in "Treet" zoals "power floor" overnemen.
- Voor alle "uitdagingen" dient een mogelijke oplossing aangeven te worden:
    - *Stabiliteit en dynamica, brandveiligheid, gevelbescherming,akoestiek & Comfort*
    - *Installatie & Energie*
    - *Fundering & Onderbouw: Betonnen plint + Parkeergarage*

Kijken om het huidige ontwerp te verbeteren/aan te passen. (optimaliseren) waarbij het gebouw **"Treet"** in Bergen Noorwegen, als basis, een goede denkrichting aangeeft

om een realistisch (en representatief) HSB-systeemconcept te ontwikkelen.

PRINCIPE van een **"LADENKAST"** met 3D-modules

Terhalle GROEN DUURZAAM BOUWEN
• Ecobouw • Prefab-houtskeletbouw • Sleutelklaar • Casco

Hoe kan HSB worden opgeschaald naar gebouwen van tien tot veertien lagen ?

ONDERZOEKSRAPPORT

Praktijkgericht onderzoek

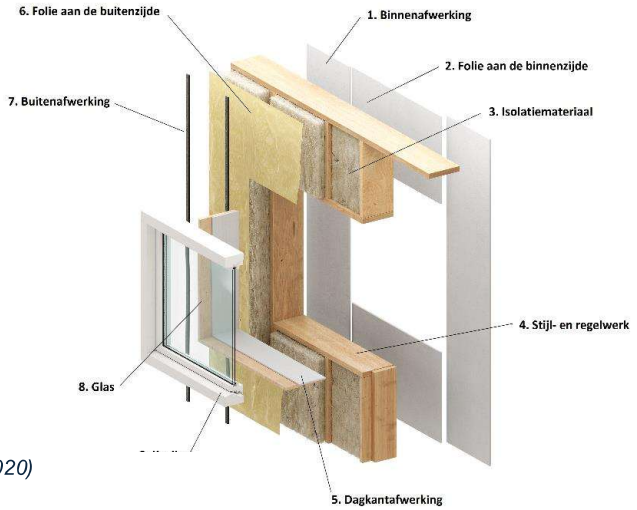
WOODCORE

SAXION UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

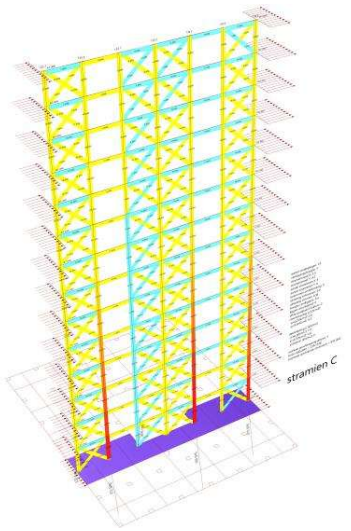
HSB wordt in hoogbouw nog nauwelijks toegepast, vooral vanwege onzekerheden over constructieve stabiliteit en verbindingen.

Dit onderzoek richt zich daarom op de vraag welke constructieve concepten en verbindingen het mogelijk maken om hoogbouw in HSB te realiseren, binnen de geldende wet- en regelgeving en gericht op emissiereductie.

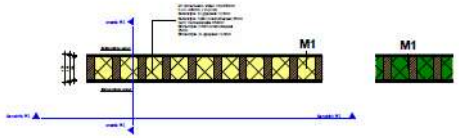
Bron: **Ir. Erik Beeren**
Onderzoeker Lectoraat Sustainable Building Technology (SBT)

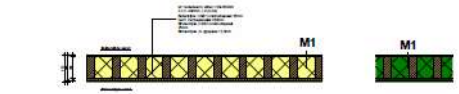


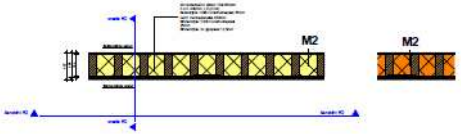
Figuur 1.1 Generieke opbouw van een HSB (ISSO, 2020)

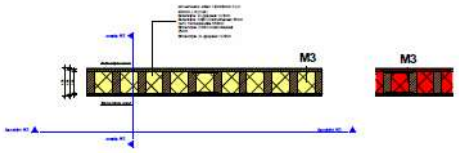


2. Realiseren ontwerp:

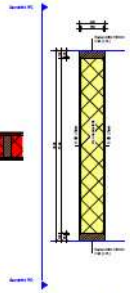




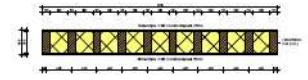




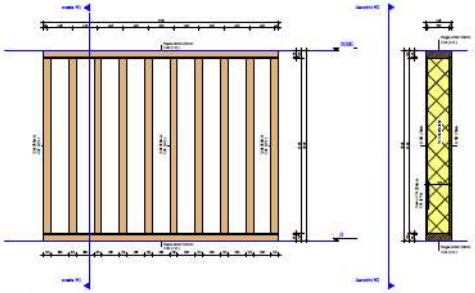
Wandopbouw per type



snede M1

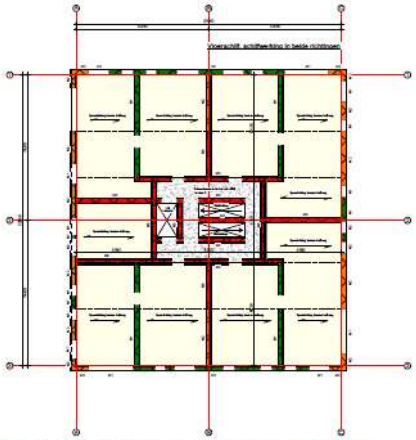


Doorsnede M1

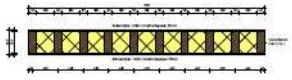


Aanzicht M1

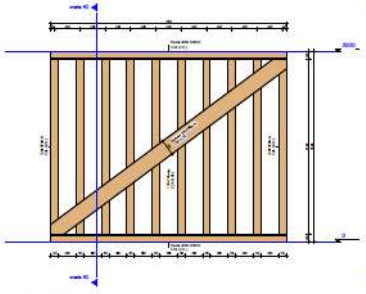
snede M2



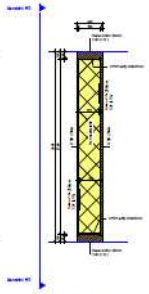
Constructie gebouwen met houtenkern met maximaal 12 lagen



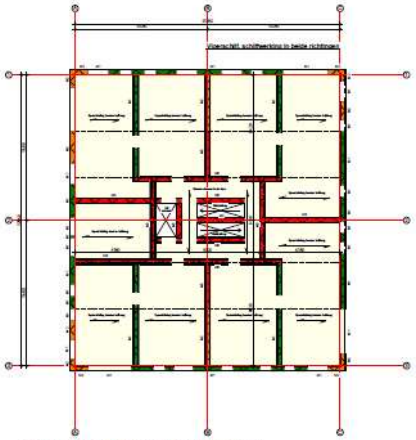
Doorsnede M2



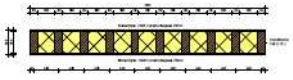
Aanzicht M2



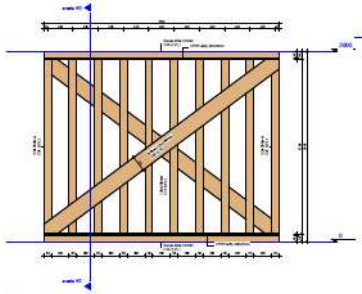
snede M3



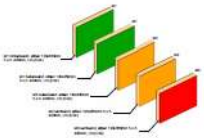
Constructie gebouwen met houten kern



Doorsnede M3



Aanzicht M3

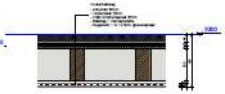


3D wanddtypes

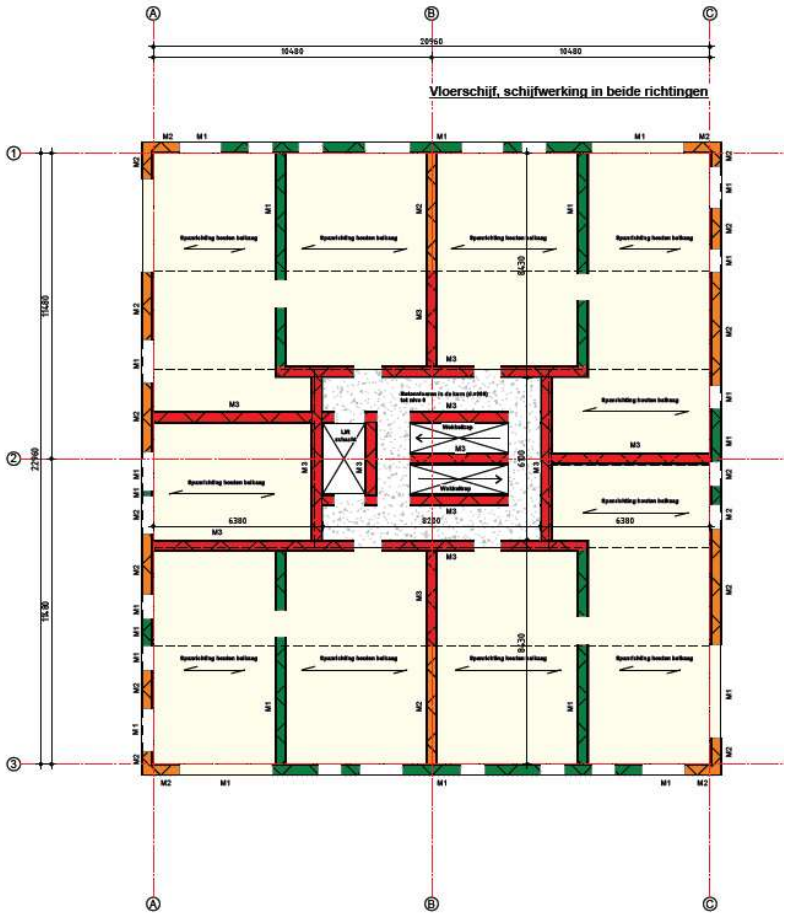
Wand M1 - 3D

Wand M2 - 3D

Wand M3 - 3D

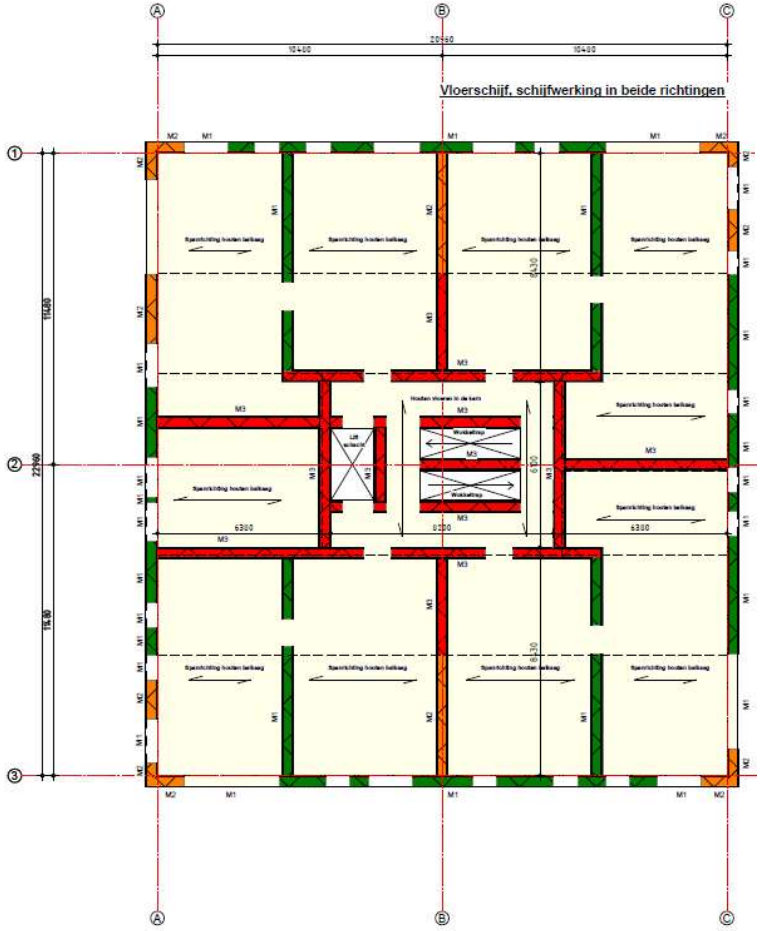


Vloeropbouw



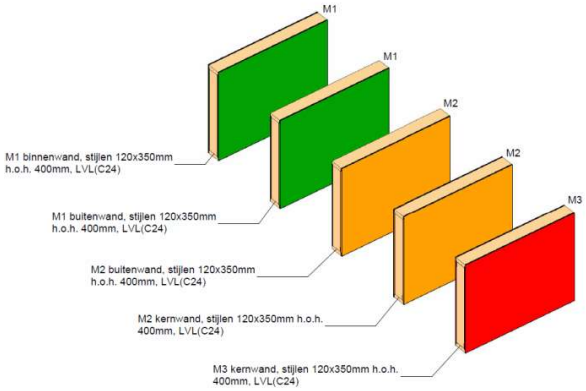
Constructie gebouwen met houtenkern met maximaal 12 lagen

1 : 100



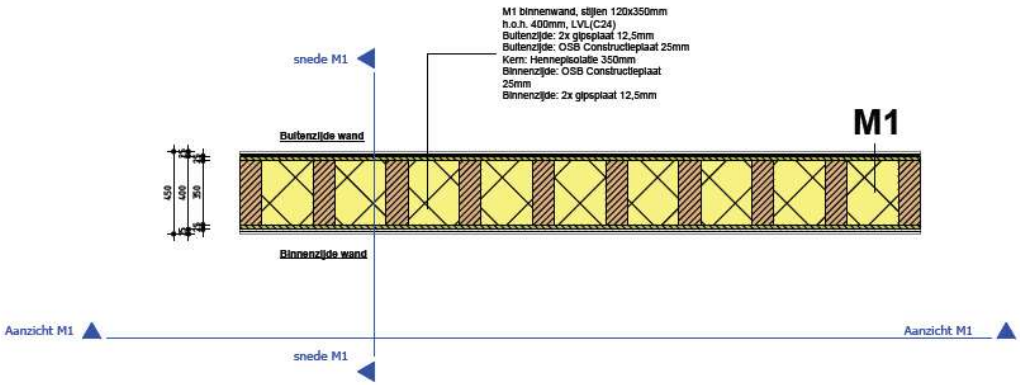
Constructie gebouwen met houten kern

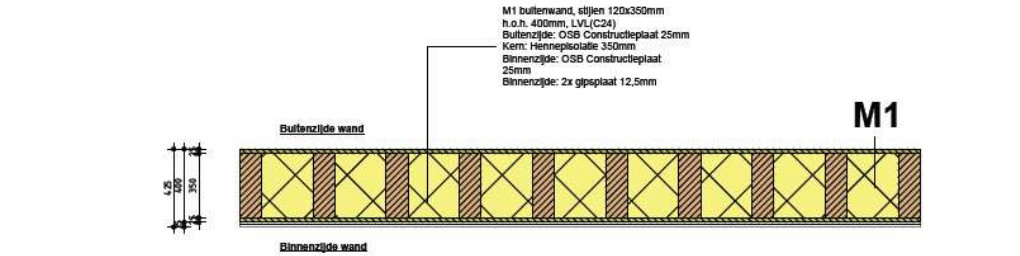
1 : 100

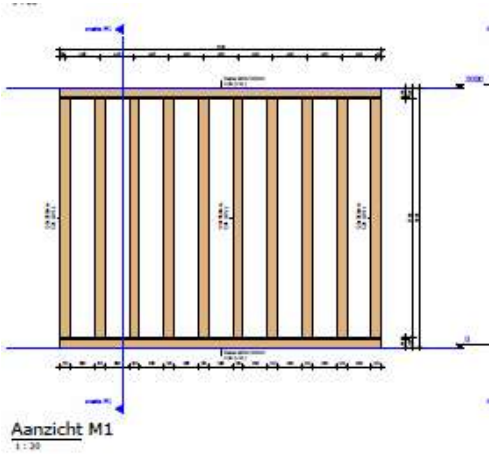


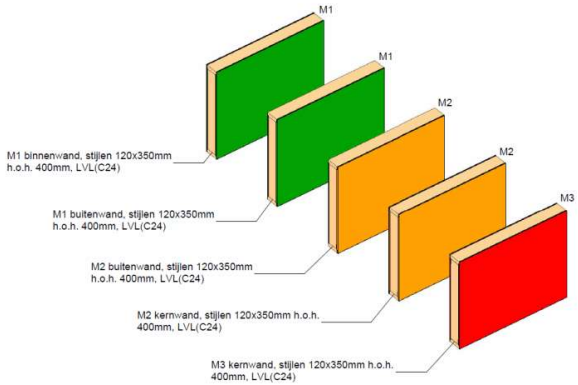
Terhalle GROEN DUURZAAM BOUWEN

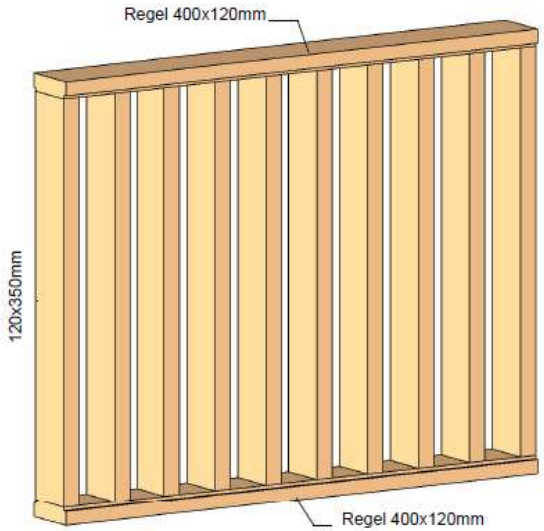
• Ecobouw • Prefab-houtskeletbouw • Sleutelklaar • Casco





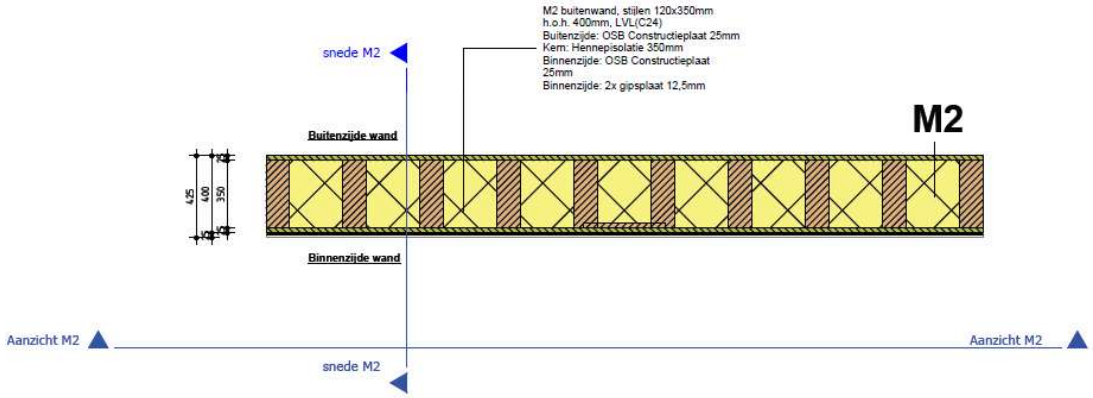


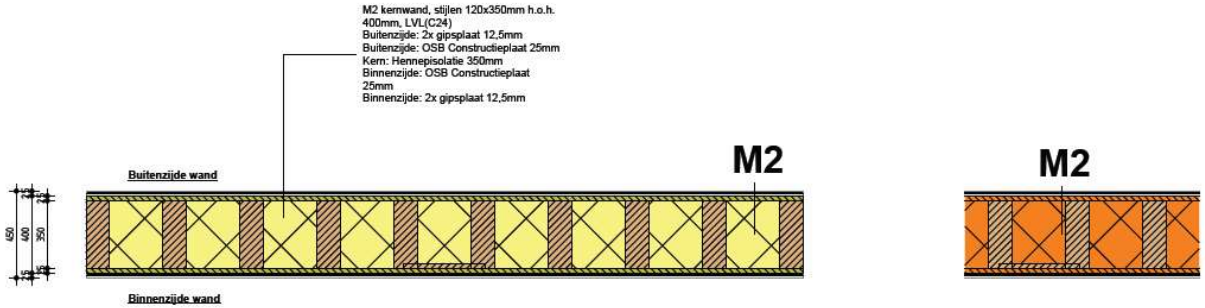


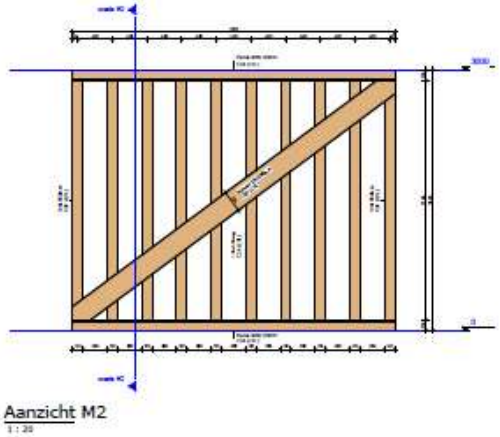


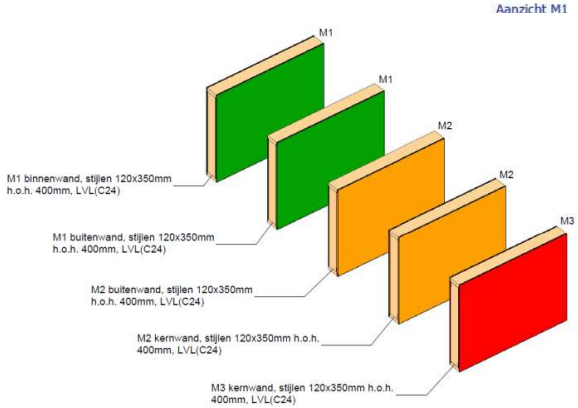
Wand M1 - 3D

Terhalle
GROEN
DUURZAAM
BOUWEN
• Ecobouw • Prefab-houtskeletbouw • Sleutelklaar • Casco

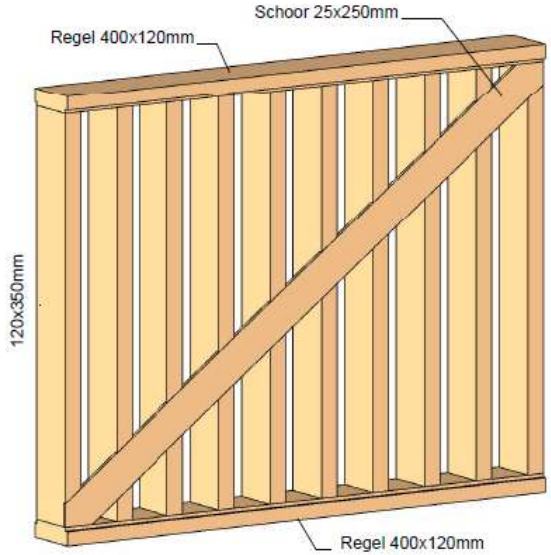






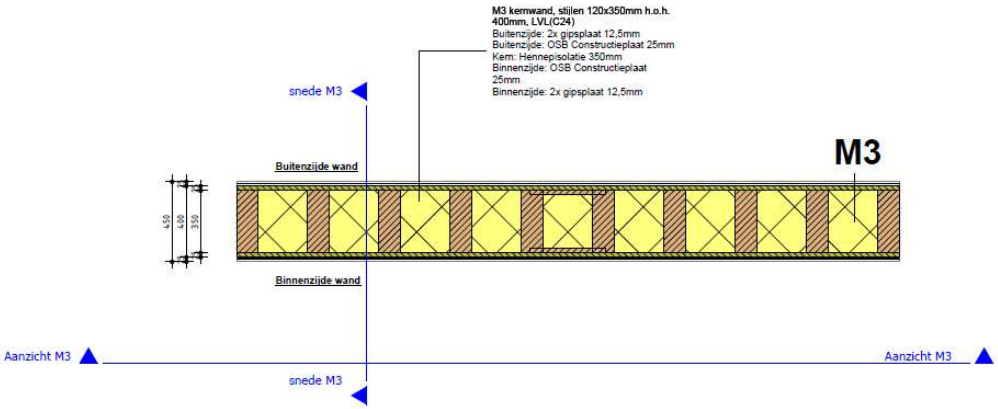


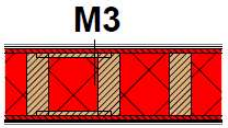
Toepassing:
CFRP-Kous (koolstoflijmstrip)
330 x 5 mm, dikte +/- 1mm



Wand M2 - 3D

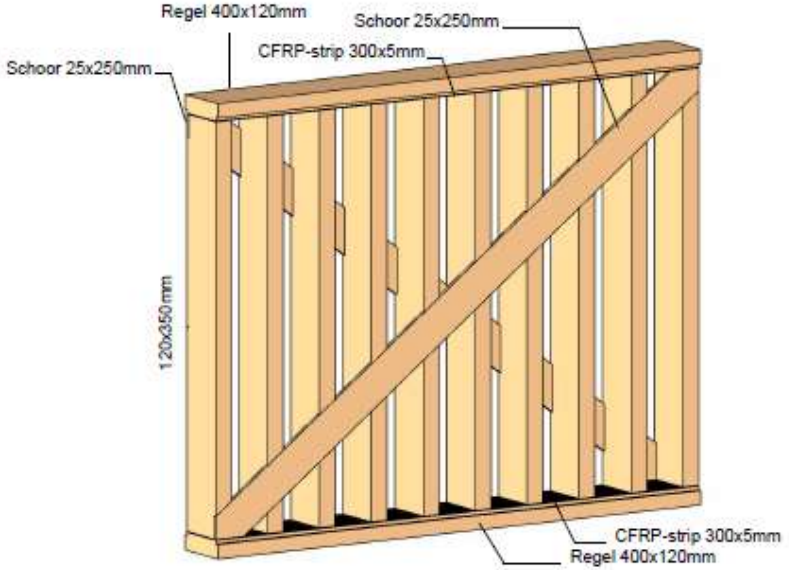
Terhalle GROEN DUURZAAM BOUWEN
• Ecobouw • Prefab-houtskeletbouw • Sleutelklaar • Casco

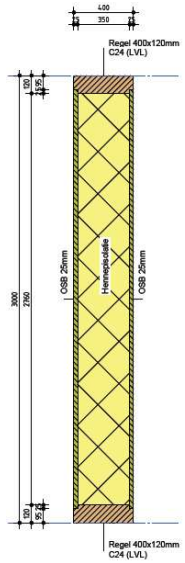




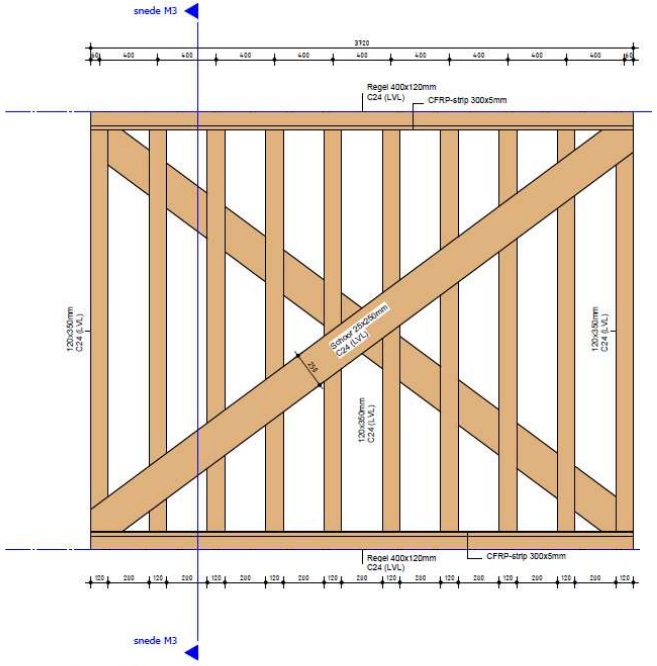
Toepassing:

CFRP-Kous (koolstoflijmstrip)
330 x 5 mm, dikte +/- 1mm

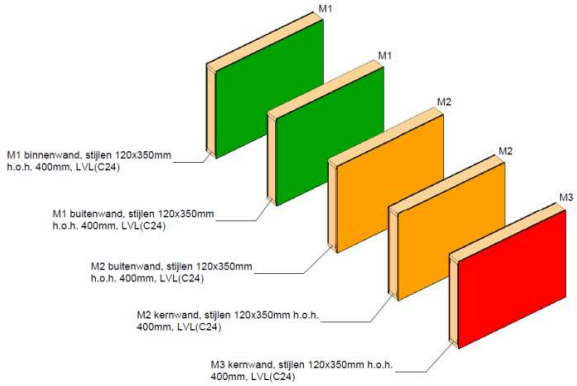




snede M1
1 : 20

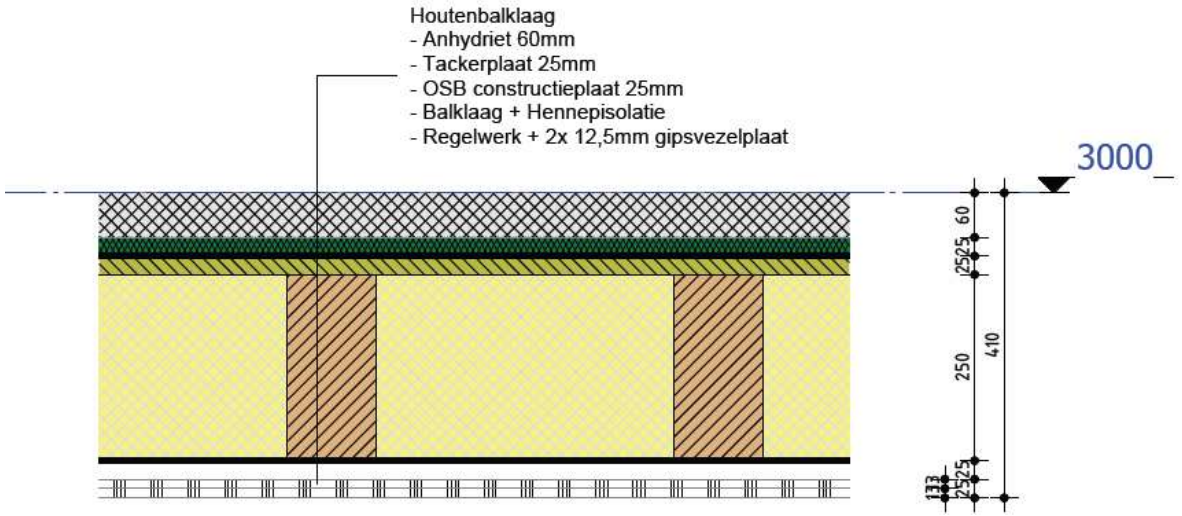


Aanzicht M3
1 : 20



Wand M3 - 3D

Terhalle GROEN DUURZAAM BOUWEN
• Ecobouw • Prefab-houtskeletbouw • Sleutelklaar • Casco



Vloeropbouw

1 : 10

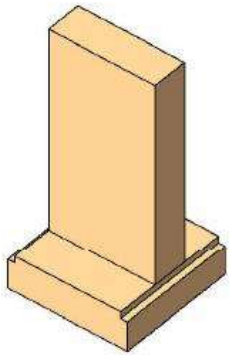
Terhalle GROEN DUURZAAM BOUWEN
• Ecobouw • Prefab-houtskeletbouw • Sleutelklaar • Casco

3. Prototyping en validatie:

A. Stappen om verder uit te werken:

Details uitgetekend, zodat deze als proefstuk gemaakt kunnen worden.

1. Detail proefstuk **1** **(kaal)**
2. Detail proefstuk **2** **(stijl met kous)**
3. Detail proefstuk **3** **(stijl en onderregel kous)**

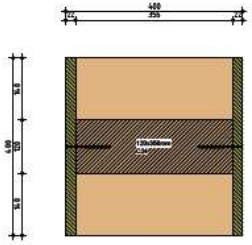


Concepten voor proefmodellen,hiermee kunnen we de capaciteit beproeven.

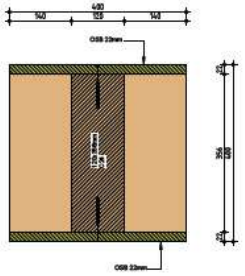
Verwachting:

De verwachting is dat de **bezwijklast tot wel 40% verhoogd** kan worden
Dit zal de beproeving moet uitwijzen.

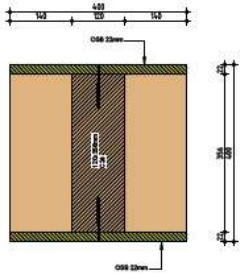
De proefprocedure e.d. zal nog verder uitgewerkt moeten worden



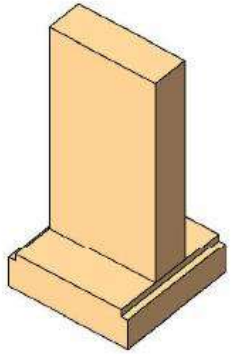
Bovenaanzicht
1 : 5

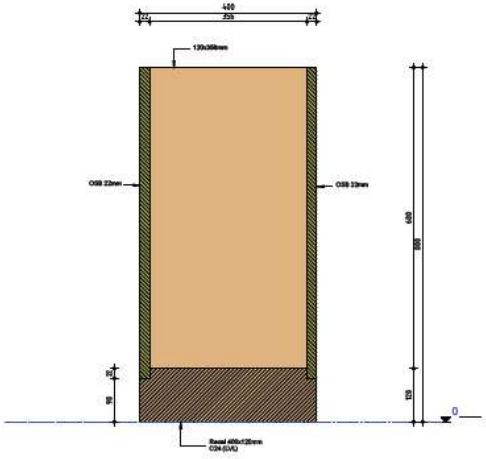


Bovenaanzicht
1 : 5

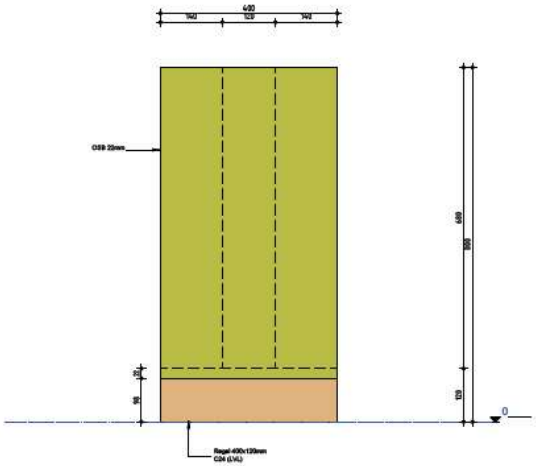


Bovenaanzicht
1 : 5

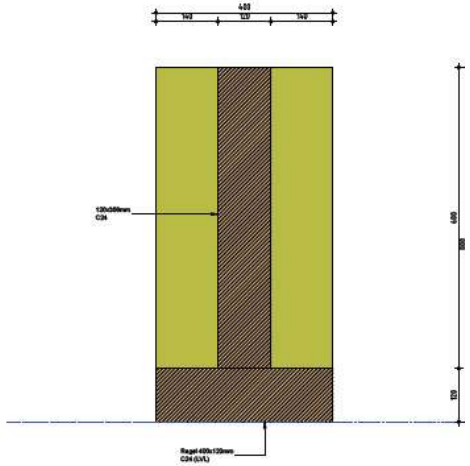




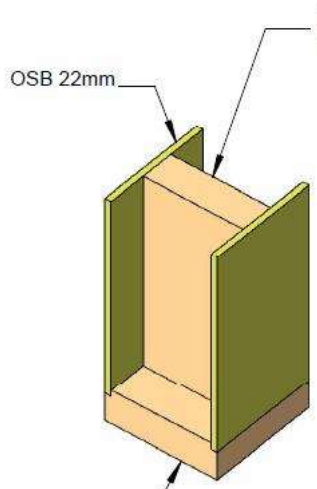
Doorsnede wand
1 : 5

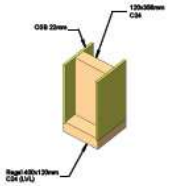


Buitenaanzicht
1 : 5



Inwendig
1 : 5





3D isometrie

3D isometrie

Algemeen

- Afmetingen proefstuk 400mm lang, 800mm hoog
- OSB plaat heeft een geschroefde verbinging (nader te bepalen)
- Stijl: 120x356mm
- Onderregel: 400x120mm, spanningen 22x22mm
- OSB plaat: 22mm

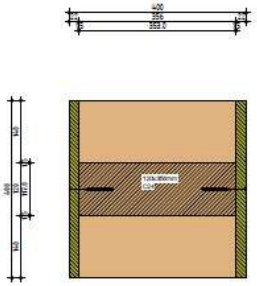
OLDE HANTER
BOUWCONSTRUCTIES

werk:	Ontwikkeling Woodcore HSB systeem
onderdeel:	Detail proefstuk 1 (kaal)
opdrachtgever:	Terhalle B.V.
tekenaar:	P.K.
constructeur:	JOH
schaal:	als aangegeven
controle:	JOH
format:	A1
datum:	29-05-2026
project status:	Pitch
tekening:	PR-01
revisie:	rev. 0

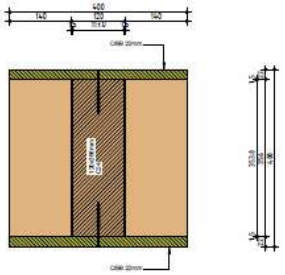
Concept voorstel

Schapenkamp 3
7511 JX Enschede
t. 053-3030180
E: info@oldehanter.nl
W: www.oldehanter.nl

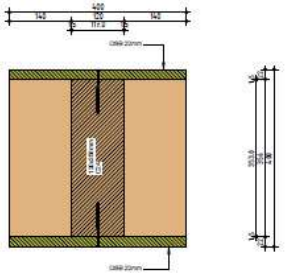
werknr:
26-104



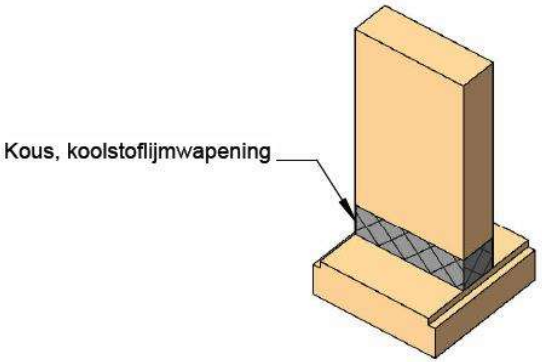
Bovenaanzicht
1 : 5

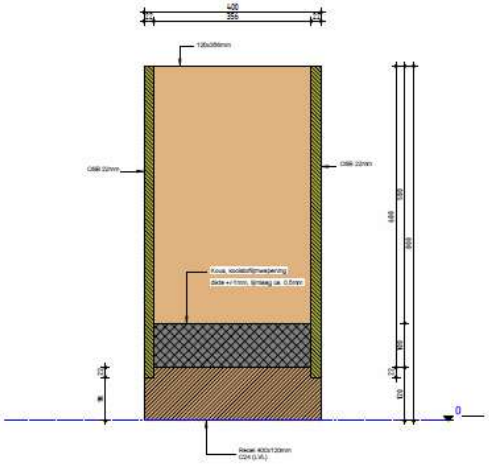


Bovenaanzicht
1 : 5

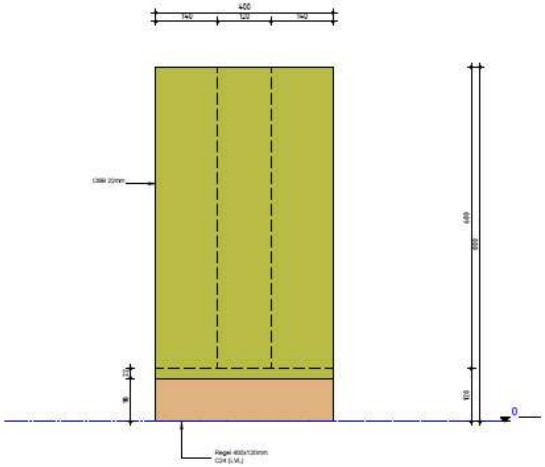


Bovenaanzicht
1 : 5

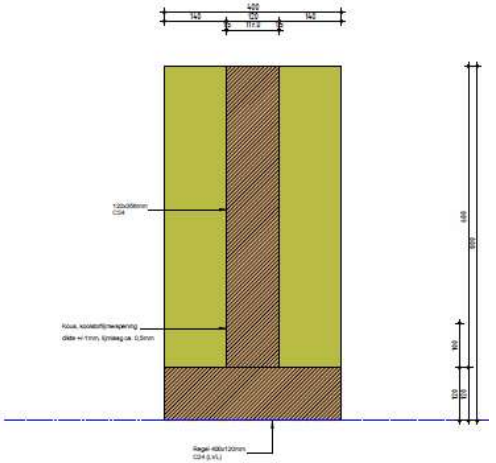




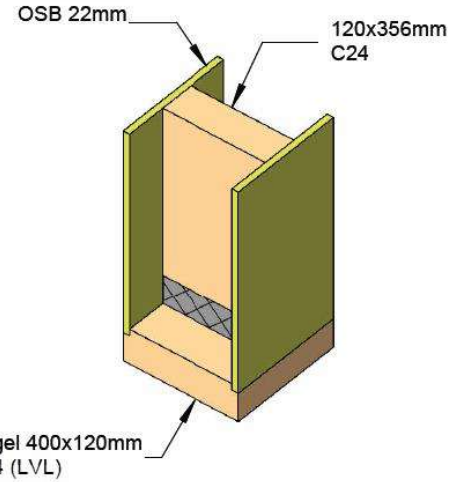
Doorsnede wand
1 : 5

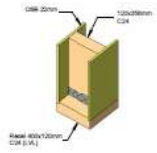


Buitenaanzicht
1 : 5

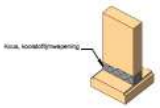


Inwendig
1 : 5





3D isometrie



3D isometrie

Algemeen

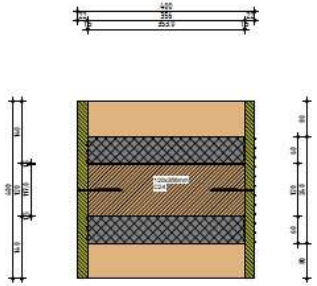
- Afmetingen proefstuk 400mm lang, 800mm hoog
- OSB plaat heeft een geschroefde verbinging (nader te bepalen)
- Stijl: 120x356mm
- Onderregel: 400x120mm, sponningen 22x22mm
- OSB plaat: 22mm
- Stijl wordt aan de onderzijde voorzien van een CFRP-kous (koolstofjmstrip), dikte +/- 1mm

OLDE HANTER
BOUWCONSTRUCTIES

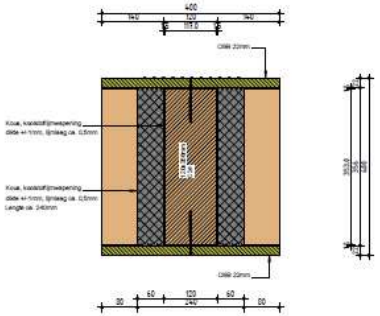
werk:	Ontwikkeling Woodcore HSB systeem
onderdeel:	Detail proefstuk 2 (stijl met kous)
opdrachtgever: Terhalle B.V.	
tekenaar: P.K.	schaal: als aangegeven formaat: A4 (aanzicht)
constructeur: JOH	controle: JOH datum: 29-06-2026

project status: Pitch
PR-02
rev. 0
Concept voorstel
26-104

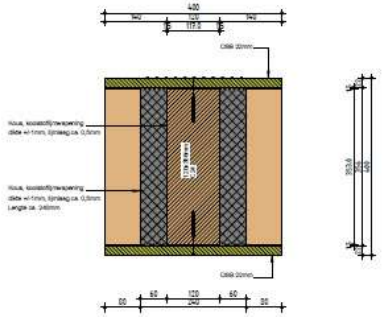
2



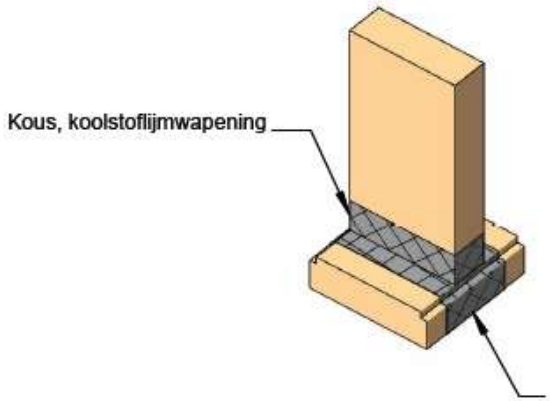
Bovenaanzicht
1 : 5

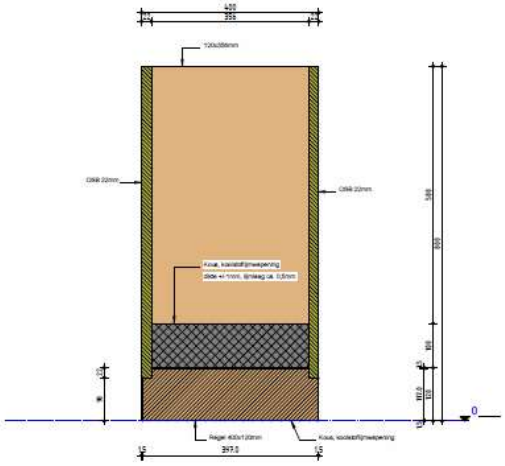


Bovenaanzicht
1 : 5

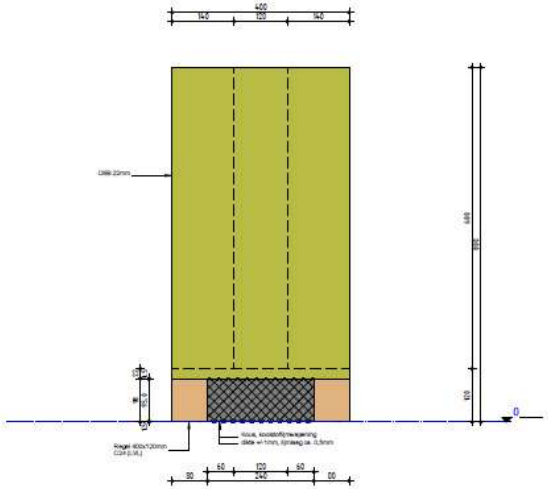


Bovenaanzicht
1 : 5

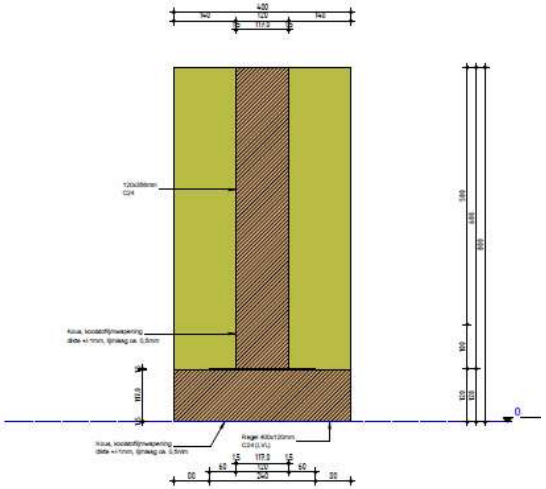




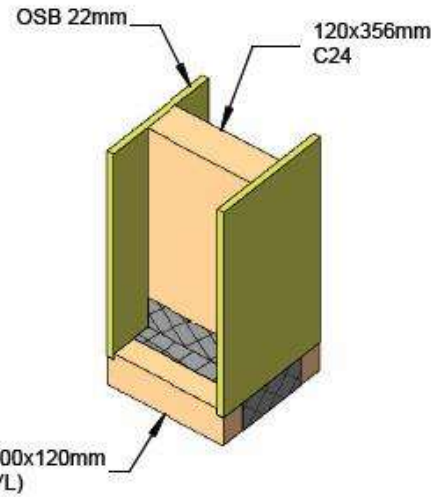
Doorsnede wand
1 : 5

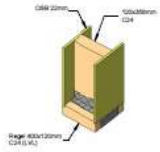


Buitenaanzicht
1 : 5

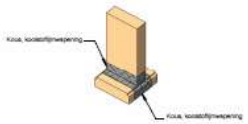


Inwendig
1 : 5





3D isometrie



3D isometrie

Algemeen

- Afmetingen proefstuk 400mm lang, 800mm hoog
- OSB plaat heeft een geschroefde verbinging (nader te bepalen)
- Stijl: 120x356mm
- Onderregel: 400x120mm, sponningen 22x22mm
- OSB plaat: 22mm
- Stijl wordt aan de onderzijde voorzien van een CFRP-kous (koolstofijmstrip), dikte +/- 1mm
- Onderregel wordt voorzien van een CFRP-kous (koolstofijmstrip), dikte +/- 1mm, lg =240mm

OLDE HANTER
BOUWCONSTRUCTIES

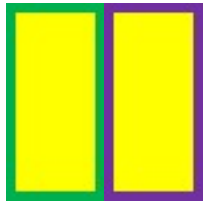
werk:	Ontwikkeling Woodcore HSB systeem
onderdeel:	Detail proefstuk 3 (stijl en onderregel met kous)
opdrachtgever:	Terhole B.V.
tekenaar:	P.K.
schaal:	als aangegeven
formaat:	A3
constructeur:	JOH
controle:	JOH
datum:	24-06-2026

Pitch
PR-03
rev. 0

Concept voorstel

26-104

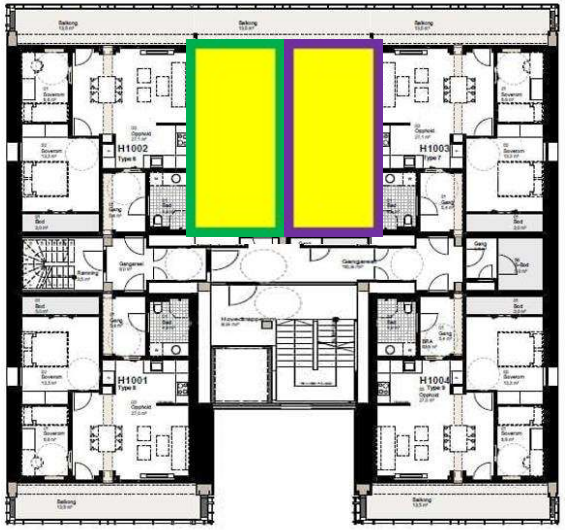
B. Stappen om verder uit te werken:



B. Huidige tekening Woodcore aanpassen

op plattegrond **“Treet”** met **3D-modules** (power floors)
“Kast met laden”

Zodat het mogelijk is **14 verdiepingen** te realiseren in hout.



Terhalle GROEN DUURZAAM BOUWEN
• Ecobouw • Prefab-houtskeletbouw • Sleutelklaar • Casco