

Memo

Aan BJZ.nu
 Van ir. P.M. Boon
 Telefoon 06 10 03 94 54
 Kenmerk D79-PBO-KA-1800104
 Projectnummer RM006081
 Onderwerp Analyse trillingen en maatregelen Gemeenteweg 163 te Staphorst
 Datum 1 juni 2018

Inleiding

In opdracht van initiatiefnemer heeft BJZ.nu een bestemmingsplan opgesteld voor het realiseren van twee woningen (dubbele woning) aan de Gemeenteweg 163 te Staphorst. Het bestemmingsplan heeft gedurende 6 weken als ontwerp ter inzage gelegen. ProRail heeft tijdens deze periode een zienswijze ingediend op het plan omdat er onvoldoende rekening is gehouden met trillinghinder.

Alcedo heeft een trillingsonderzoek uitgevoerd ter plaatse van de Gemeenteweg 163 [1]. Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat niet aan de streefwaarden voor nieuwbouw uit de SBR richtlijn deel B *Hinder voor personen in gebouwen* wordt voldaan. Hiertoe dient nader onderzoek uitgevoerd te worden (met mogelijk maatregelen aan de bouw van de woningen).

In dit memo wordt, aan de hand van de meetresultaten van Alcedo, onderzocht of, en zo ja met welke maatregelen, er kan worden voldaan aan de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn, of in ieder geval dat er een acceptabel woon- en leefklimaat resteert.

Situatiebeschrijving

De locatie van de geplande nieuwbouw is weergegeven in Figuur 1. De kortste afstand tot de spoorlijn Zwolle-Meppel is ongeveer 50 meter. In het spoor ligt een spoorwegovergang, deze zorgt doorgaans voor hogere trillingen omdat er sprake is van verschillen in stijfheid van de baan.

De spoorlijn wordt gebruikt door reizigers- en goederenverkeer. De rijksnelheden van het treinverkeer zijn weergegeven in Tabel 1, en gebaseerd op gegevens uit het *Geluidregister Spoor*.

Tabel 1 *Rijksnelheden treinverkeer*

Corridor	Type trein	Snelheid
Sprinter Zwolle – Groningen v.v.	DDM/ICM	140 km/h
Intercity Zwolle – Groningen/Leeuwarden v.v.	DDM/ICM/VIRM	140 km/h
Goederentrein Zwolle – Groningen v.v.	Goederen divers	90 km/h

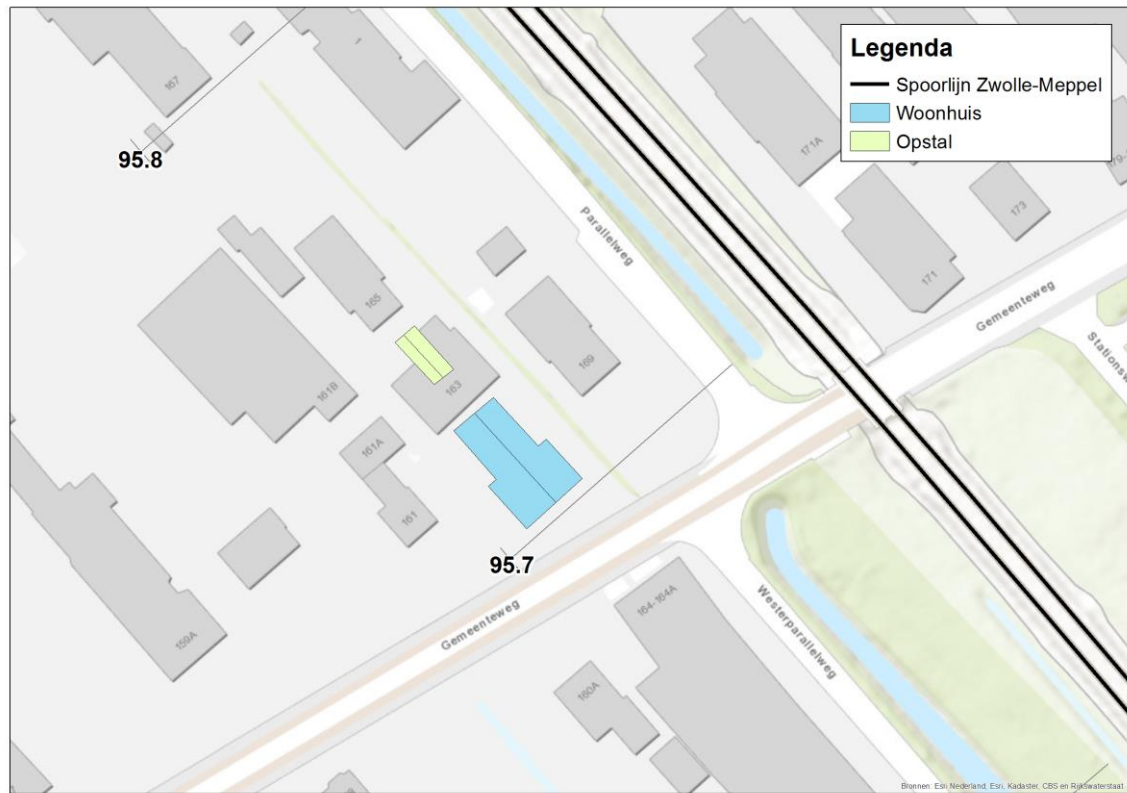
Het aantal treinen gedurende dag, avond en nacht is weergegeven in Tabel 2. De gegevens zijn eveneens afkomstig uit het *Geluidregister Spoor*. Er rijden 6 tot 7 goederentreinen per dag.

Tabel 2 *Intensiteiten treinverkeer (aantal treinen per uur per richting, gemiddeld over beide richtingen)*

Type trein	Dag	Avond	Nacht
Reizigerstreinen	4.00	4.00	0.75
Goederentreinen	0.18	0.37	0.39

Memo

Kenmerk D79-PBO-KA-1800104



Figuur 1 Geplande situatie rond Gemeenteweg 163 te Staphorst

In het plangebied wordt een dubbele grondgebonden woning gerealiseerd met een maximale bouwhoogte van ca. 8.8 meter (drie verdiepingen), zie Bijlage I. Gezien de bodemopbouw (zie Bijlage II) worden de woningen op staal gefundeerd. Verdere relevante bouwkenmerken zijn:

1. Woningen zijn opgebouwd uit metselwerk (buitenblad) en kalkzandsteen (binnenblad) en gefundeerd op een 200 mm dikke betonstrook.
2. De woningen beschikken over de volgende vloeren:
 - a. Een PS-isolatievloer met 170 mm betonliggers op de begane grond, een druklaag van 40 mm en een afwerklaag van 70 mm. In het voorste deel van de woning bedraagt de overspanning ca. 3.0 meter, in het achterste deel ca. 4.4 meter
 - b. Een 250 mm breedplaatvloer op de verdieping (met 50 mm afwerklaag) met een overspanning van ca. 6.0 meter voor het voorstel deel van de woning, en ca. 4.4 meter voor het achterste deel.
 - c. Een houten balklaag (onbekende afmetingen) voor de tweede verdieping met een maximale overspanning van ca. 5.3 meter. Deze is nu niet voorzien als woonruimte.

Relevant is verder nog dat er een aantal (oudere) woningen dichterbij het spoor staan dan de huidige geplande woningen. Gezien de ouderdom van deze woningen beschikken deze woningen over houten vloeren en dunnere constructieve wanden, zodat deze gevoeliger zijn voor trillingen. De geplande nieuwbouw staat verder van het spoor, en heeft ten aanzien van trillingen gunstigere constructieve eigenschappen (betonnen vloeren, constructieve wanden met een grotere stijfheid) dan de huidige bebouwing. Op basis van bovenstaande gegevens kan al worden aangegeven dat

Memo

Kenmerk D79-PBO-KA-1800104

hier op voorhand geen onaanvaardbare situatie ontstaat (in relatie tot de overige woningen) als gevolg van trillingen door treinverkeer.

Verder ligt de woning minder dan 10 meter van de Gemeenteweg vandaan. Dit is een klinkerweg met een oneffen profiel die ook door zwaar verkeer (vracht- en landbouwverkeer) wordt bereden. In de huidige situatie zijn er geen klachten bekend over trillingen als gevolg van de passage van zwaar verkeer, ook niet in woningen met houten vloeren die dichtbij de lokale wegen staan. Omdat de nieuwbouw op vergelijkbare afstanden tot de lokale wegen komt te staan en het gebruik van de wegen door zwaar verkeer niet toeneemt, is de verwachting dat er ook geen klachten over trillingen zullen ontstaan in de nieuwe woningen. Gezien het feit dat de woningen betonnen vloeren krijgen die minder gevoelig zijn voor trillingen, zullen de trillingen als gevolg van zwaar verkeer in de nieuwe woningen lager zijn dan in de bestaande bebouwing.

Beoordelingskader trillingen

Tot op heden zijn richtlijnen voor trillingshinder nog niet vastgelegd in wetgeving, zoals dat bijvoorbeeld voor geluidhinder wel het geval is. Bij het beoordelen van trillingen in het kader van ruimtelijke procedures wordt in Nederland doorgaans de SBR-richtlijn gebruikt, zeker als het gaat om nieuwbouwprojecten langs het spoor. Deze richtlijn bestaat uit drie delen:

- Deel A: schade aan gebouwen
- Deel B: hinder voor personen in gebouwen
- Deel C: verstoring van apparatuur

De delen A (schade aan gebouwen) en C (verstoring van apparatuur) zijn niet relevant, omdat treinverkeer op deze afstanden niet leidt tot schade aan bebouwing, en er geen sprake is van verstoring van apparatuur in het onderzoeksgebied. Hinder voor personen in gebouwen is echter niet op voorhand uit te sluiten (deel B). Dit memo gaat dan ook specifiek in (het voorkomen van) trillingshinder.

De SBR B-richtlijn kent streefwaarden voor de trillingsniveaus in gebouwen, gericht op het zoveel mogelijk voorkomen van hinder voor personen in gebouwen. De streefwaarden zijn afhankelijk van de situatie (voor nieuwbouw gelden strengere streefwaarden dan voor bestaande situaties, waar wordt uitgegaan van een zekere mate van gewenning), de periode gedurende de dag (streefwaarden zijn strenger voor de nacht (23:00 tot 7:00) omdat mensen in rust meer hinder van trillingen ervaren) en van de gebouwfunctie (streefwaarden zijn strenger voor bijvoorbeeld woningen en ziekenhuizen dan voor kantoren). In de SBR B-richtlijn worden twee grootheden getoetst, de zogenaamde maximaal optredende trillingssterkte (V_{max} , wordt veroorzaakt door de trein met de hoogste trillingen) en de trillingsintensiteit (V_{per} , een maat voor het tijdsgemiddelde van de trillingen). Beide moeten voldoen aan de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn, tenzij de waarde van V_{max} lager is dan 0.1 (dan is een toetsing van de trillingsintensiteit V_{per} niet nodig). Voor nieuwbouwwoningen zijn deze streefwaarden weergegeven in Tabel 3 voor de nachtelijke situatie. Omdat het hier gaat om treinverkeer, waarbij geen significante verschillen zijn gemeten tussen de dag en de nacht, worden alleen de (strengere) streefwaarden voor de nacht getoond. Overdag en 's avonds is de streefwaarde voor V_{max} hoger, namelijk 0.4, de streefwaarde voor V_{per} is identiek aan die voor de nacht.

Tabel 3 Streefwaarden voor nieuwbouw (SBR B-richtlijn)

	Trillingssterkte V_{max}	Trillingsintensiteit V_{per}
Streefwaarde	0.2	0.05

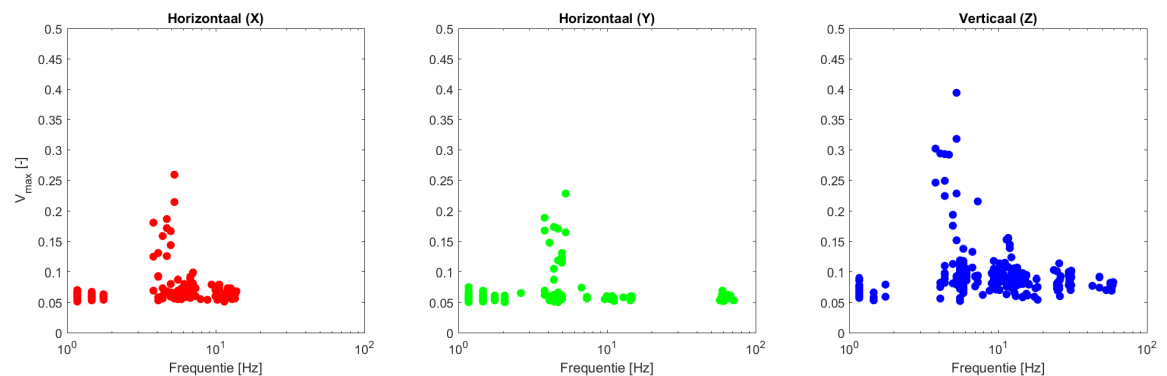
Memo

Kenmerk D79-PBO-KA-1800104

Analyse

De resultaten van de trillingsmetingen zijn opgenomen in [1]. Alcedo heeft metingen uitgevoerd op een groot aantal punten rondom het pand, en concludeert dat de trillingen op de begane grond niet voldoen aan de streefwaarden voor de nacht, en dat de trillingen op de verdieping van het huidige pand ook niet voldoen aan de streefwaarden voor overdag. Het gaat om een beperkt aantal overschrijdingen, veroorzaakt door de passage van goederentreinen. De trillingen van reizigerstreinen zijn laag en ruim onder de streefwaarden.

Om vast te stellen welke maatregelen mogelijk effectief zijn, is nader onderzoek gedaan naar de trillingsfrequentie van de passerende treinen. Alcedo noemt een dominante frequentie van 4 tot 5 Hz bij de overschrijdingen, deze zijn terug te zien in Figuur 2. De trillingen zijn het hoogste in verticale richting. De trillingen van goederentreinen treden op bij lagere frequenties dan die van reizigerstreinen (goederentreinen vooral rond 4 tot 6 Hz, reizigerstreinen van 8 tot 20 Hz), en zijn meer dan een factor 3 hoger.



Figuur 2 Gemeten trillingen op begane grond, als functie van de frequentie

Om te bepalen wat de trillingen in het nieuwe gebouw zullen zijn, wordt in deze analyse gebruik gemaakt van het rekenmodel *VibraDyna*¹. Dit rekenmodel berekent op basis van de gebouwkenmerken en metingen in vergelijkbare woningen de trillingen in een woning, in dit geval op basis van de gemeten trillingen op de begane grond, op basis van de volgende noties:

1. De versterking van de verticale trillingen van de begane grond naar andere punten in het gebouw is afhankelijk van het type vloer en de eigenfrequentie van de vloer. Deze eigenfrequenties kunnen door de constructeur worden bepaald voor de verschillende types vloeren in deze specifieke woning. In de huidige analyse wordt aangegeven wat het verwachte effect is van de huidige vloeren, waarbij een aanname is gemaakt dat de verdiepingsvloeren een balklaag krijgen van 71 x 196 mm met een hart-op-hart afstand van 610 mm.
2. De versterking van de horizontale trillingen van de begane grond naar de hoger gelegen verdiepingen (de horizontale trillingen op de begane grond zullen over het gehele oppervlak vergelijkbaar zijn gezien de lage dominante frequenties) is afhankelijk van onder meer de wijze van funderen van het pand (op staal), de breedte van het pand (varieert tussen de 9.5 en 13.5 meter), de hoogte van het pand (max. 8.8 meter), de hoeveelheid dwarsverbanden in de

¹ *VibraDyna* is een door Movares ontwikkeld rekenmodel om de trillingen van spoor- en wegverkeer te berekenen. Het model is een semi-empirisch model, gebaseerd op honderden metingen in geheel Nederland, en is sinds 2010 toegepast in tientallen projecten door heel Nederland. Het model is in een aantal projecten uitvoerig gevalideerd, zie [2], [3] en [4].

Memo

Kenmerk D79-PBO-KA-1800104

woning (doorgaande constructieve wanden van de ene buitengevel tot de andere) en de bodemopbouw (zie Bijlage II).

Op basis daarvan geeft het rekenmodel de overdrachten (als functie van de frequentie) zoals weergegeven in Figuur 3. De bandbreedte geeft de onzekerheidsmarge aan. Het relevante domein (waarin de trillingen op de begane grond hoog zijn, zie Figuur 2) is eveneens weergegeven. In deze figuren is te zien dat de ontworpen woningen een horizontale en verticale eigenfrequentie (piek in de versterking) die ruim hoger ligt dan het domein waarin de trillingen op de begane grond hoog zijn. Daaruit kan worden geconcludeerd dat de woningen al goed zijn ontworpen en de trillingen al zo min mogelijk versterken.



Figuur 3 Bandbreedte van de overdracht (X, Y en Z) voor de geplande bebouwing. De overdracht is de versterking van de trillingen naar de hoogst gelegen verdieping

Uit een combinatie van Figuur 2 en Figuur 3 volgt dat de verwachte trillingen in het gebouw als volgt zijn, zie Tabel 4. Hier is te zien dat de trillingen op de 2^e verdieping (met de houten balklaag) vooral in verticale richting hoger zullen zijn. De trillingen in verticale richting zijn maatgevend, deze zijn op de verdiepingen in ieder geval hoger dan op de begane grond waar al niet wordt voldaan aan het beoordelingskader voor trillingen. Gezien deze overschrijdingen zal hierna worden ingegaan op mogelijke maatregelen.

Tabel 4 Trillingen in de woningen als gevolg van treinverkeer

	Horizontaal (X)	Horizontaal (Y)	Verticaal (Z)
Begane grond	0.3	0.2	0.4
1 ^e verdieping	0.2 – 0.4	0.2 – 0.4	0.4 – 0.5
2 ^e verdieping	0.3 – 0.5	0.2 – 0.4	0.4 – 0.7

De trillingen van reizigerstreinen zullen niet leiden tot overschrijdingen van de streefwaarden. De trillingen van reizigerstreinen zijn op de begane grond dermate laag, dat deze ook op de hoger gelegen verdiepingen niet zullen leiden tot overschrijding van de streefwaarden.

Maatregelen

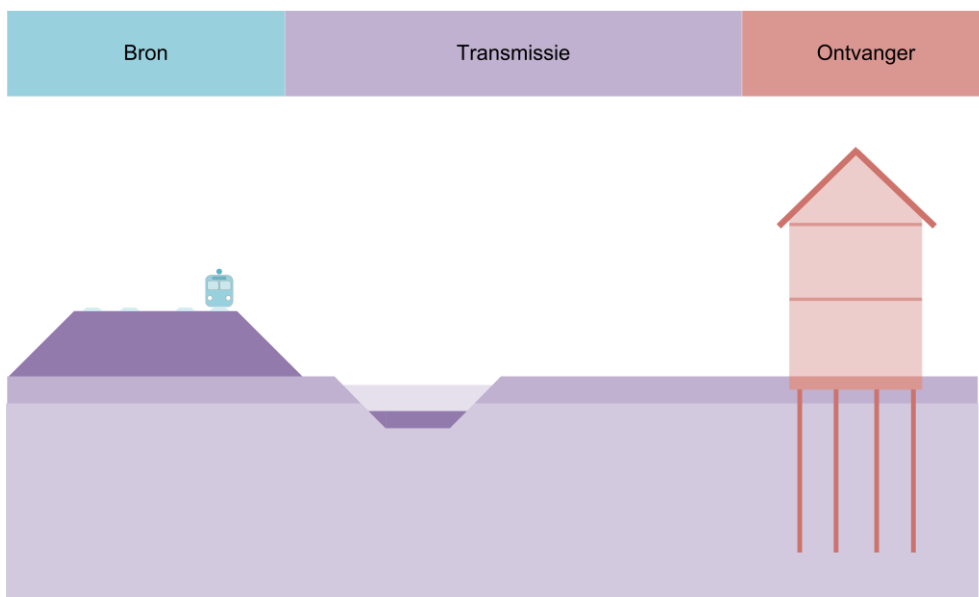
De verwachte trillingen in de woningen kunnen op drie posities worden verminderd, deze drie posities zijn schematisch weergegeven in Figuur 4.

1. Bij de bron (treinen of spoorconstructie). Hiervoor geldt dat deze buiten de scope van deze bestemmingsplanwijziging vallen. Gezien de zeer lage frequenties van de trillingen is de verwachting dat deze vooral worden veroorzaakt door variaties in de spoorligging, bijvoorbeeld rond de spoorwegovergang. De enige effectieve maatregel is het vlakleggen (en

Memo

Kenmerk D79-PBO-KA-1800104

- houden) van het spoor, bijvoorbeeld door dit op een betonplaat te plaatsen. Een dergelijke maatregel heeft, naast zeer hoge kosten (enkele miljoenen euro's) ook een dermate forse impact op de treinloop gedurende enkele maanden, dat deze niet doelmatig is.
2. Maatregelen tussen de bron en de ontvanger (in de bodem). Bij dit soort maatregelen moet gedacht worden aan trillingsschermen (bijvoorbeeld van beton, jet-grout of een damwand) of een sloot. Voor al deze maatregelen geldt dat deze niet effectief zijn voor de lage frequenties van de goederentreinen. Deze maatregelen zijn daarmee niet doelmatig.
 3. Maatregelen aan de ontvanger (in de woning). Dit kan gedaan worden door de stijfheid van het gebouw nog verder te verhogen (bijvoorbeeld door meer doorgaande, constructieve binnenwanden te plaatsen), door de fundering van het gebouw extreem te verzwaren (door de woning volledig te onderkelderen of te onderheien) of door het gebouw af te veren. Voor afveren van het gebouw geldt dat deze maatregel hoge kosten met zich meebrengt en niet effectief is tegen de lage frequenties van de goederentreinen. Gezien de voorgestelde constructiewijze (zie Bijlage I, deze is al stijf in horizontale richting) zal het toevoegen van meer doorgaande constructieve binnenwanden nauwelijks effect op de eigenfrequentie van het gebouw hebben, en zeker de maatgevende verticale trillingen niet verlagen. Ook volledige onderkeldering of onderheien zal niet leiden tot trillingen onder de streefwaarden, maar brengt wel hoge kosten met zich mee.



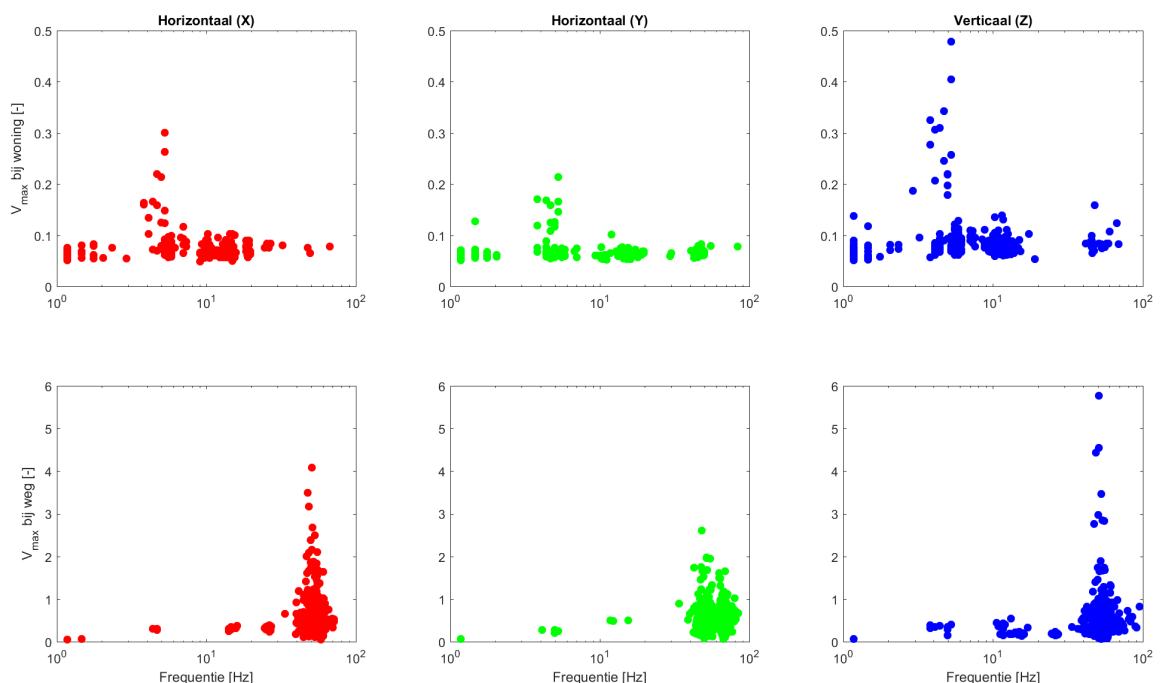
Figuur 4 Schematisch overzicht spoorsysteem

Maatregelen zijn doelmatig als deze de trillingen tot onder de streefwaarden terugbrengen, en de maatregelen gezien de beoogde effectiviteit een aanvaardbaar kostenniveau hebben. Gezien de optredende trillingen zijn er geen maatregelen die de trillingen significant reduceren (afgezien van een betonplaat onder het spoor), en zijn er geen maatregelen met een aanvaardbaar kostenniveau in relatie tot het effect dat deze kunnen sorteren. De enige maatregel met voldoende effect is het aanbrengen van een betonplaat onder het spoor, deze maatregel is echter niet doelmatig gezien de zeer hoge kosten en de impact op het treinverkeer gedurende maanden. Het is, gelet op bovenstaande afweging, daarom niet mogelijk om maatregelen aan deze woning te treffen zodanig dat de trillingen voldoen aan de SBR B-richtlijn. Relevant hierbij zijn nog de volgende overwegingen:

Memo

Kenmerk D79-PBO-KA-1800104

- De geprognosticeerde trillingen in de woningen zijn relatief beperkt. De waarde van de trillingsintensiteit V_{per} voldoet aan de streefwaarden, er is slechts af en toe (enkele malen per dag) sprake van een overschrijding van de streefwaarden van de trillingssterkte V_{max} .
- De woning staat aanzienlijk verder van het spoor vandaan dan een aantal (oudere) woningen. In deze oudere woningen zullen de trillingen aanzienlijk hoger zijn, zeker gezien het feit dat deze dichterbij het spoor staan en houten vloeren hebben. Ook staan de geplande nieuwe woningen niet dichterbij het spoor dan de huidige woning, die gesloopt wordt.
- De trillingen van lokaal wegverkeer over de Gemeenteweg zullen, zeker in het voorste deel van de woning, hoger zijn dan de trillingen van het treinverkeer. Een vergelijking van de trillingen op maaiveld tussen een meetpunt bij de woning en bij de weg is weergegeven in Figuur 5. De trillingen van lokaal verkeer zijn op maaiveld een factor 5 tot 8 hoger dan die van het treinverkeer, in de woning zullen deze nog steeds hoger zijn dan van de treinen.



Figuur 5 Trillingen op maaiveld bij de woning (boven) en bij de weg (onder)

- De trillingen van de (incidentele) goederentreinpassages zijn te classificeren als *matige hinder* conform bijlage 5 van de SBR B-richtlijn. Daarbij wordt aangegeven dat matige hinder kan worden geaccepteerd afhankelijk van het aantal overschrijdingen (dat aantal is laag), de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (andere trillingsbronnen zorgen voor hogere trillingen) en de mogelijkheid tot het treffen van trillingsreducerende maatregelen (die zijn of onvoldoende effectief of extreem kostbaar).

Op basis van bovenstaande afwegingen kan worden geconcludeerd dat er conform de SBR B-richtlijn geen onacceptabele situatie ontstaat ten aanzien van trillingshinder, en dat de trillingen dus niet zullen leiden tot een onacceptabel woon- en leefklimaat in de geplande woningen.

Wel adviseren wij om de hinder zoveel mogelijk te beperken door bij een eventuele verdere detaillering van het ontwerp rekening te houden met de volgende aspecten:

Memo

Kenmerk D79-PBO-KA-1800104

1. Eigenfrequenties van vloeren dienen hoger te zijn dan 10 Hz, dit om versterking van de verticale trillingen te voorkomen. Dit is vooral relevant bij het kiezen van de balkafmetingen van de 2^e verdiepingsvloer.
2. Geen aanpassingen aan het ontwerp te doen waardoor de horizontale eigenfrequentie van de woning lager wordt. Dat betekent dat bij een eventuele nadere detaillering van het ontwerp niet gekozen moet worden voor een lichtere bouwconstructie, een hoger gebouw of minder tussenwanden. Indien op dat vlak aanpassingen worden gedaan, dan adviseren wij om te kijken of dit niet leidt tot een forse verhoging van de trillingen.

Conclusies

In dit memo is onderzoek gedaan naar de trillingen in twee geplande woningen aan de Gemeenteweg 163 in Staphorst. Uit metingen van Alcedo en deze nadere analyse blijkt dat in de toekomstige woningen niet wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn (in ieder geval de streefwaarden voor de nacht, mogelijk ook de streefwaarden voor overdag), maar dat het gaat om een beperkt aantal overschrijdingen (enkele malen per dag) en dat de trillingsintensiteit (V_{per}) wel voldoet aan de streefwaarden.

Vervolgens is gekeken naar maatregelen om de trillingen te reduceren. Omdat de trillingen optreden bij zeer lage frequenties (4 tot 5 Hz) en ook al op de begane grond hoger zijn dan de streefwaarden (op de begane grond treden normaal gesproken de laagste trillingsniveaus op), is het (ook met maatregelen aan het gebouw) niet mogelijk om in het gebouw te voldoen aan het beoordelingskader. Alle mogelijke maatregelen in het gebouw zijn onvoldoende effectief om de laagfrequente trillingen te reduceren tot onder de streefwaarden.

De trillingen worden waarschijnlijk vooral veroorzaakt door een (vanuit trillingsperspectief) niet optimale ligging van het spoor rond de spoorwegovergang bij de Gemeenteweg. Om deze spoorligging te verbeteren (en goed te houden) is alleen een betonplaat onder het spoor een maatregel met mogelijk voldoende effect. De kosten van deze maatregel zijn echter zeer hoog (enkele miljoenen euro's) en bovendien moet het spoor dan gedurende enkele maanden buiten dienst worden genomen. Een dergelijke maatregel is daarom niet doelmatig.

Tenslotte geldt dat de trillingen van lokaal vracht- en landbouwverkeer naar verwachting tot hogere trillingen in de woning zullen leiden dan het treinverkeer, en dat de geplande woningen verder van het spoor vandaan staan dan andere (oudere) woningen die gevoeliger zijn voor trillingen.

In lijn met bijlage 5 van de SBR B-richtlijn kan daarom worden geconcludeerd dat er op basis van het huidige ontwerp geen onacceptabel woon- en leefklimaat ontstaat in de woningen aan de Gemeenteweg 163 te Staphorst, omdat er sprake is van een beperkt aantal overschrijdingen per dag, andere trillingsbronnen (vracht- en landbouwverkeer) die voor hogere trillingen zorgen dan treinverkeer en omdat maatregelen niet effectief of extreem kostbaar zijn.

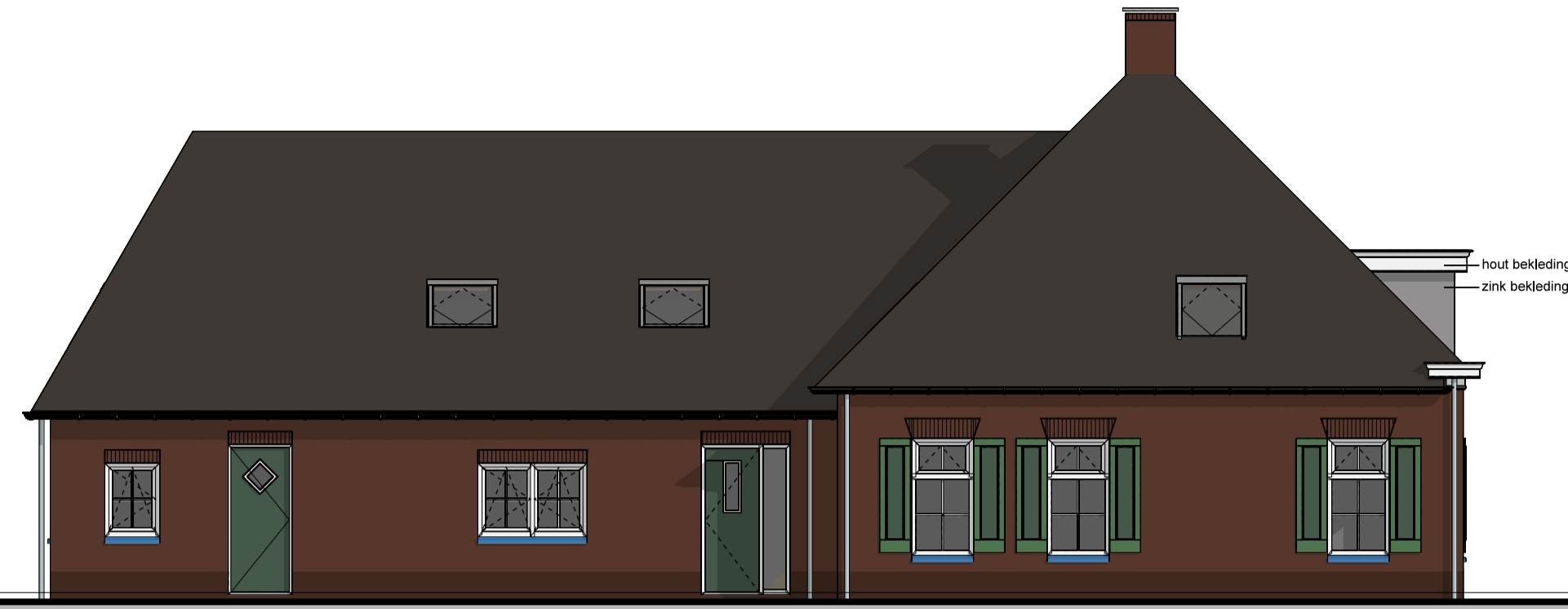
Wel adviseren wij om bij een eventuele nadere detaillering van het ontwerp van de woningen rekening te houden met de aanbevelingen uit dit memo, namelijk om te kiezen voor een forse balkmaat voor de 2^e verdiepingsvloer, en te voorkomen dat de horizontale eigenfrequentie van de woning afneemt.

ir. P.M. Boon
Adviseur

Memo

Kenmerk D79-PBO-KA-1800104

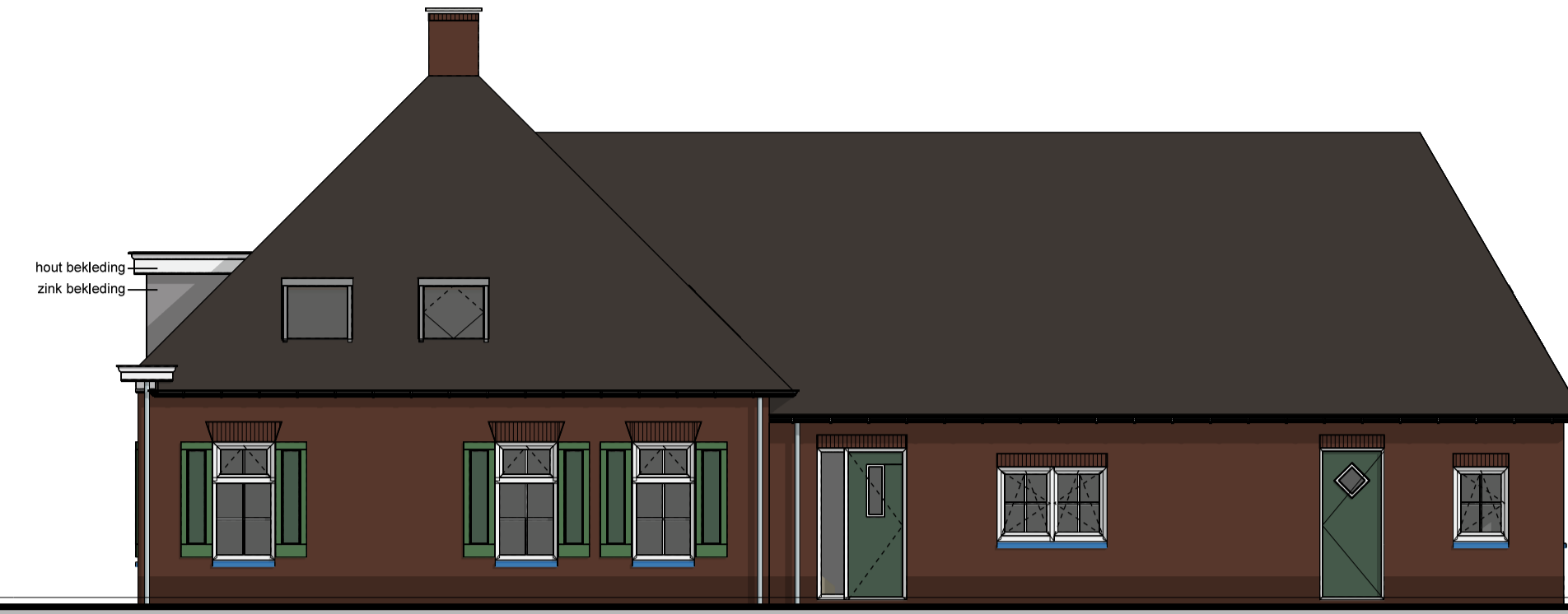
Bijlage I – Tekeningen geplande nieuwbouw



Linker aanzicht



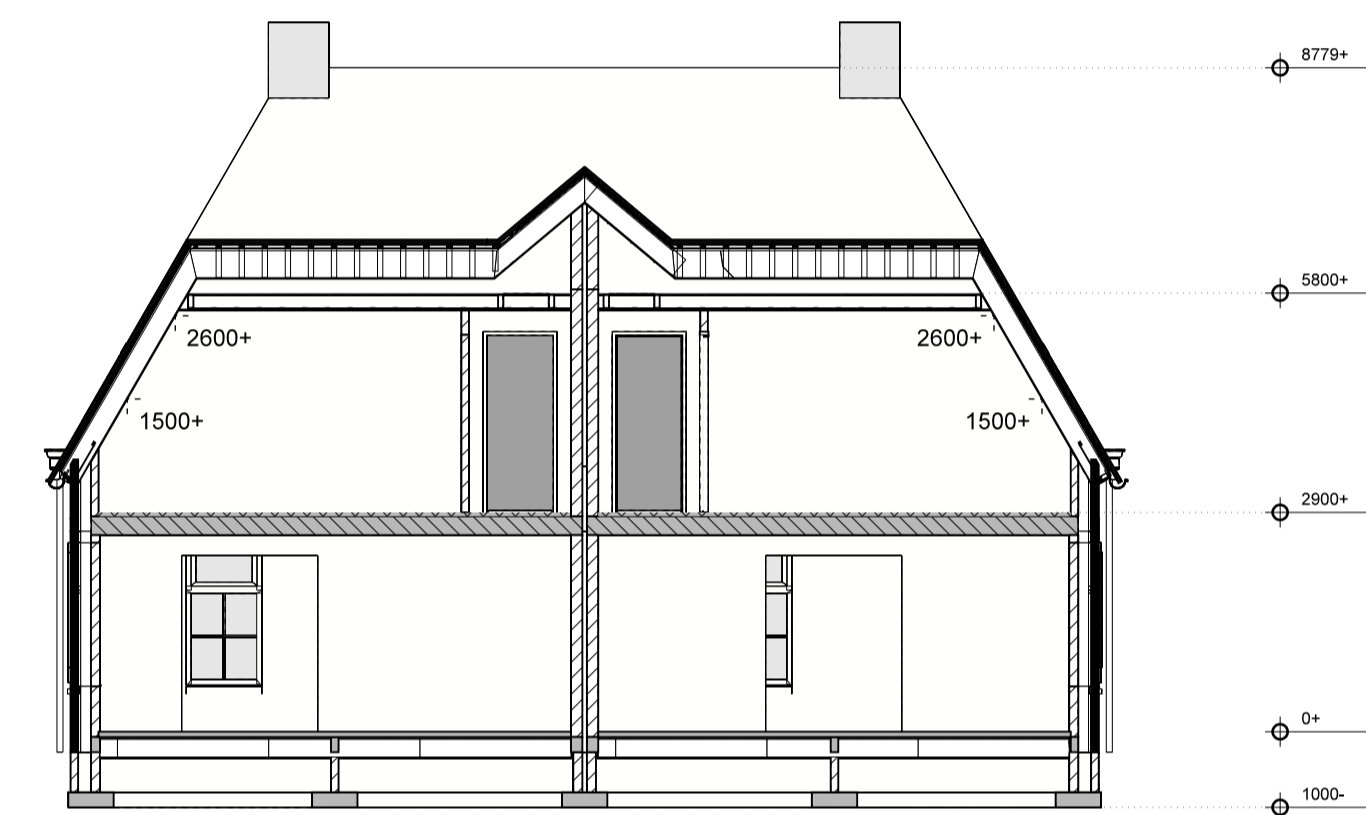
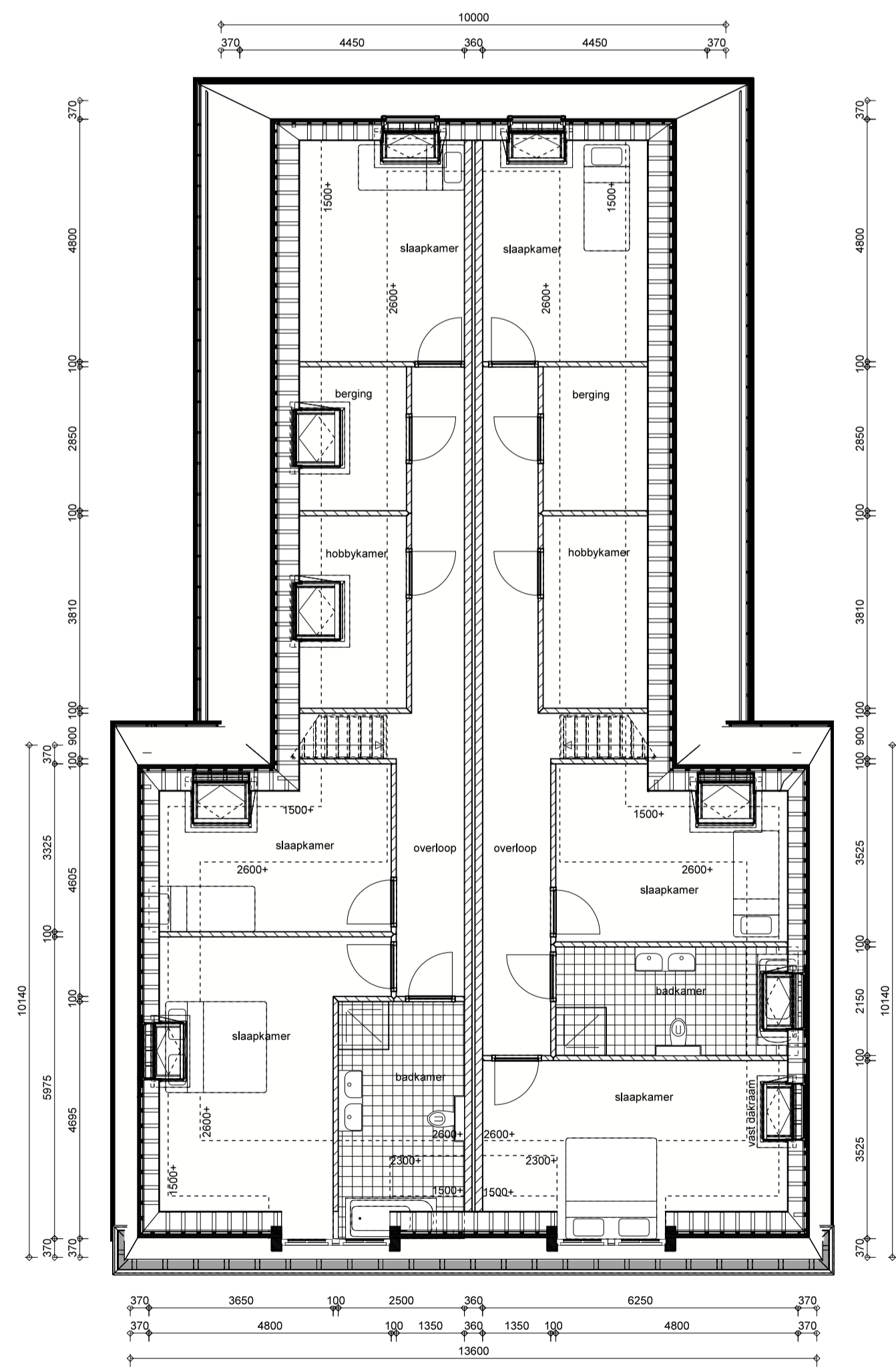
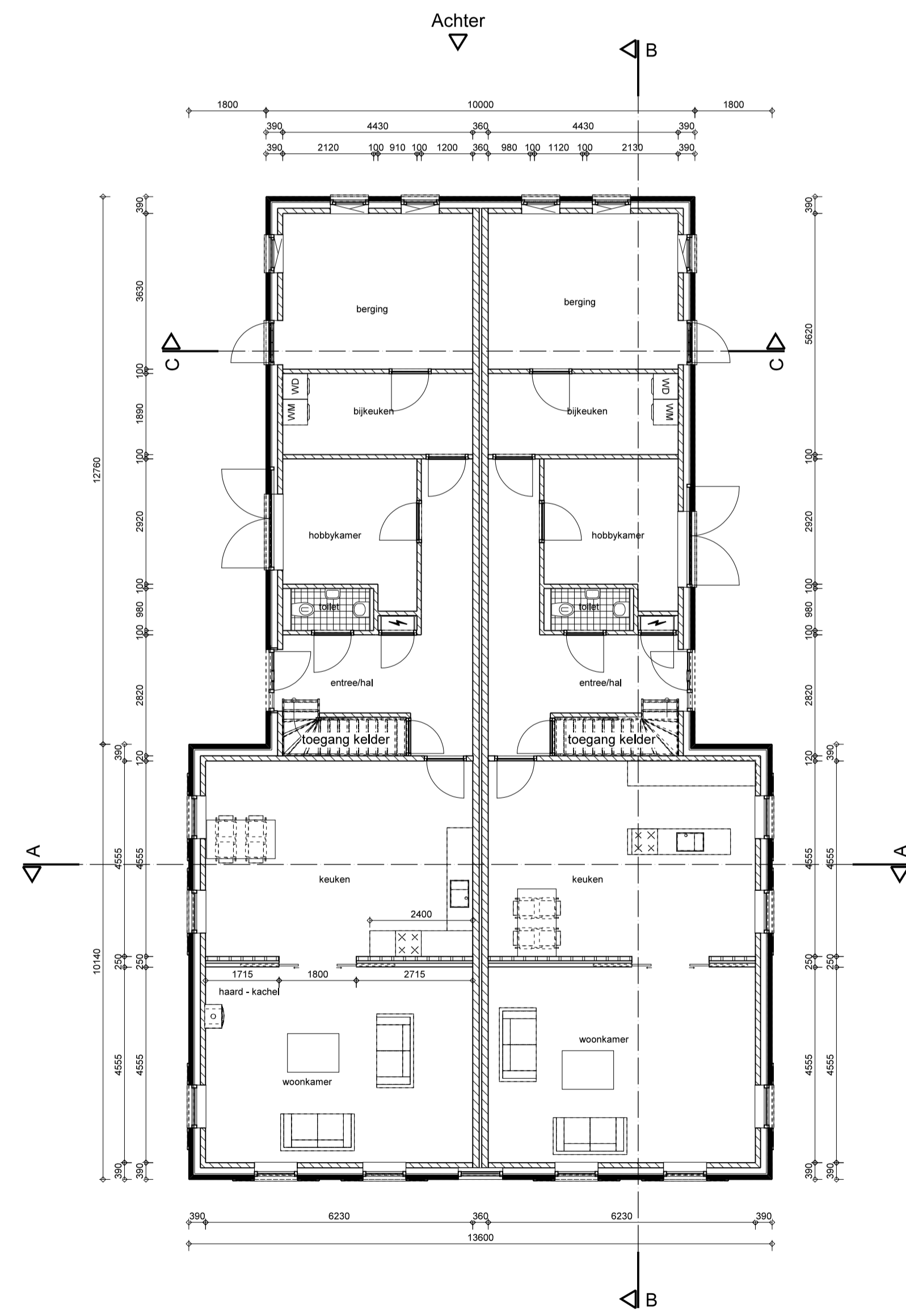
Vooraanzicht



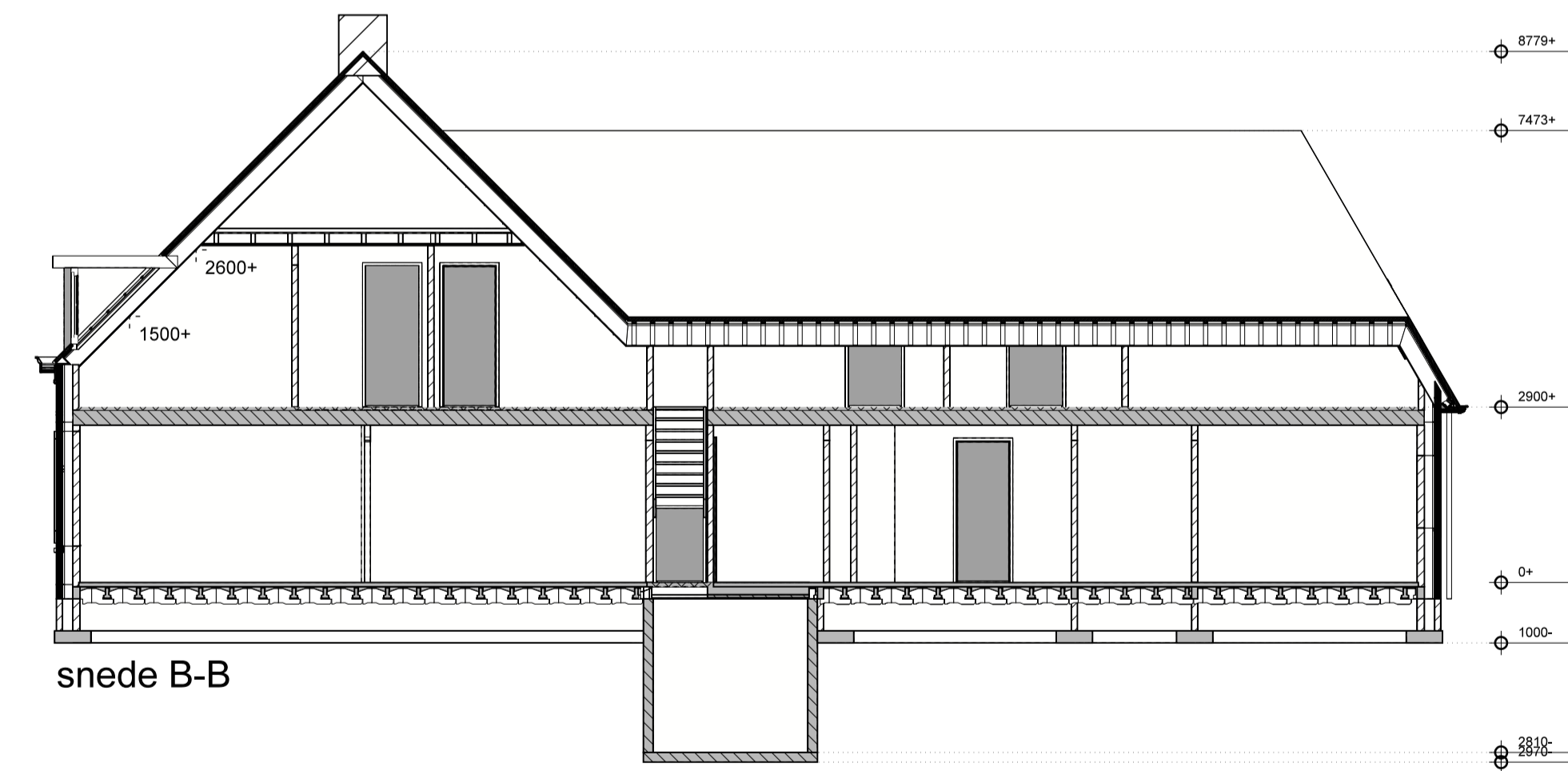
Rechter aanzicht



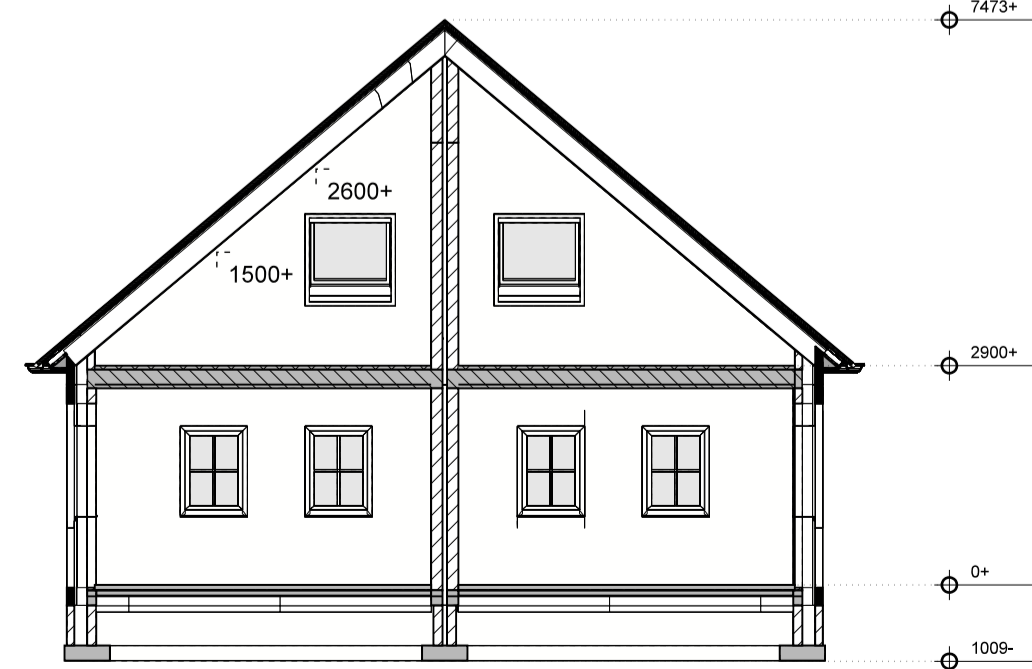
Achteraanzicht



snede A-A



snede B-B



snede C-C



Nieuwbouw dubbele woning

Gevels, plattegronden, doorsneden en situatie

Opdrachtgever:
R. Taten
Portieksstraatje 10
7951 NE Staphorst
0522 46 3333

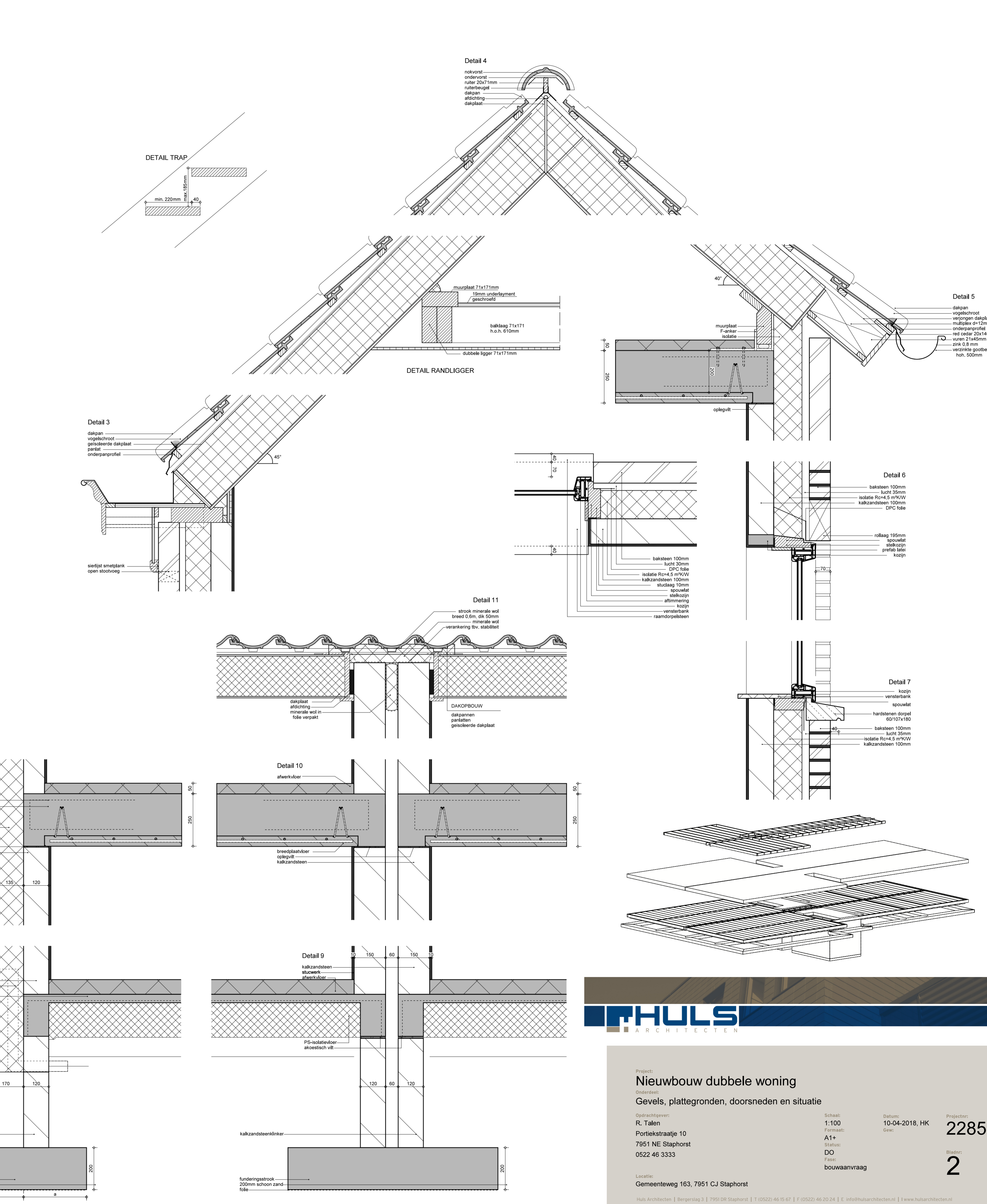
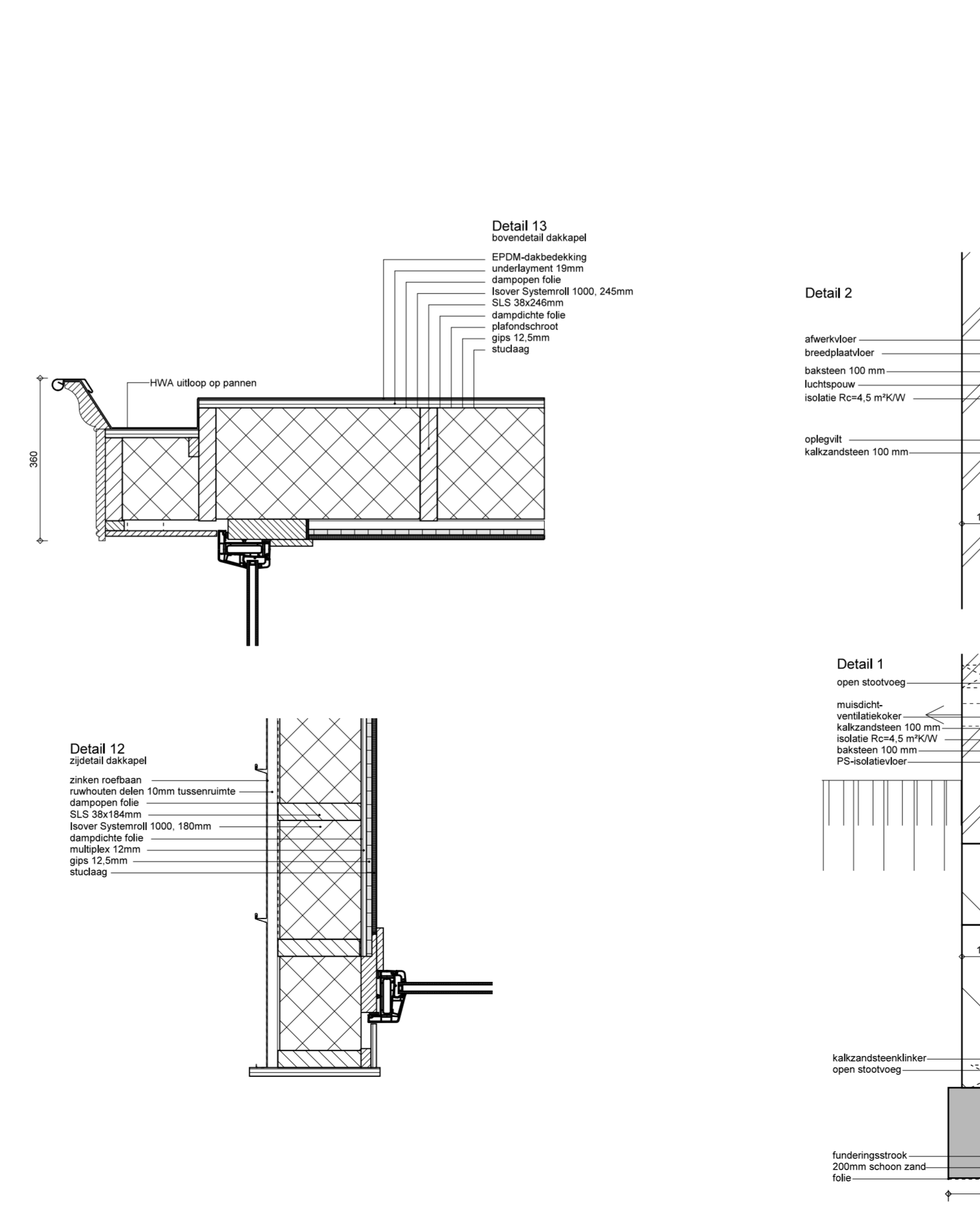
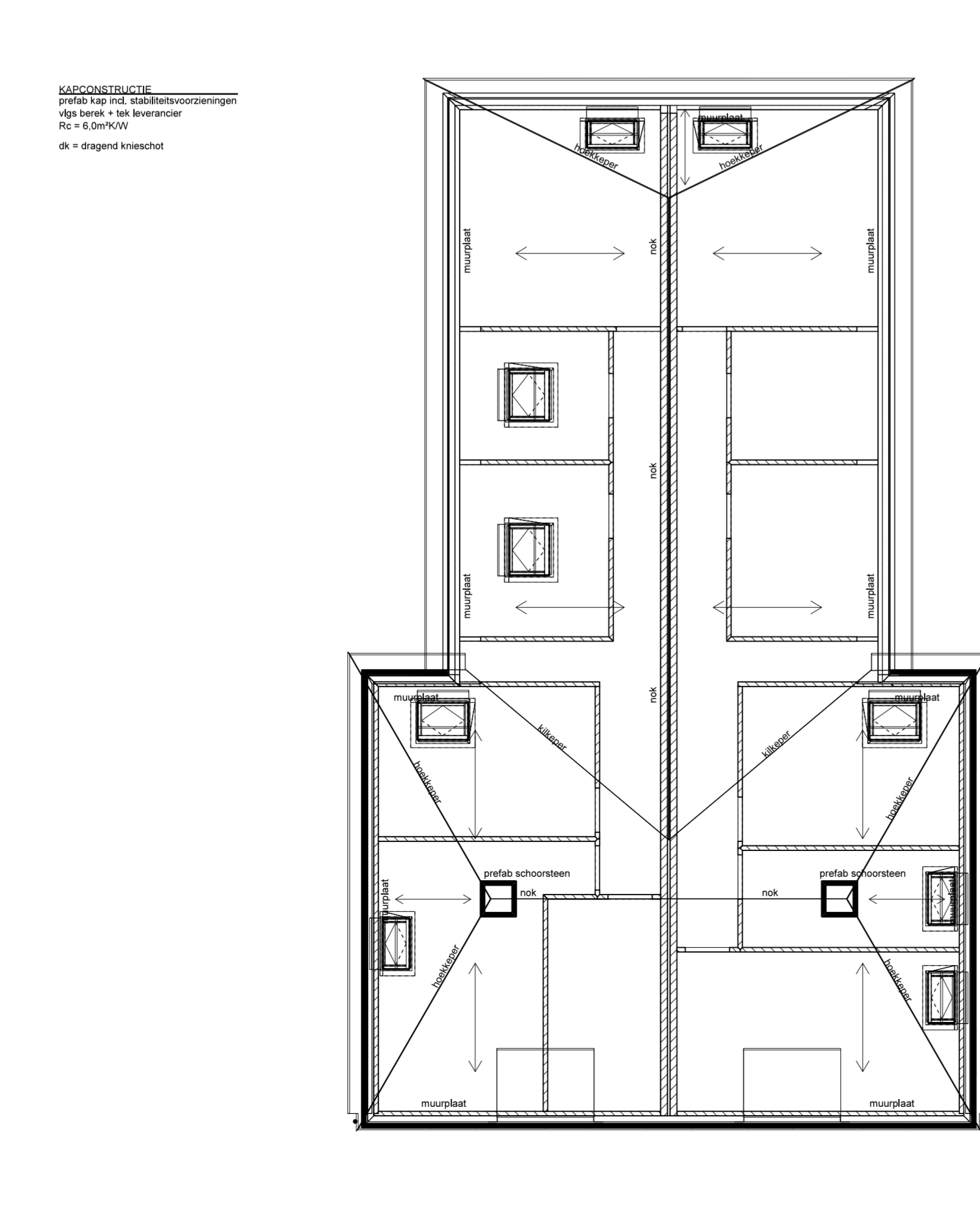
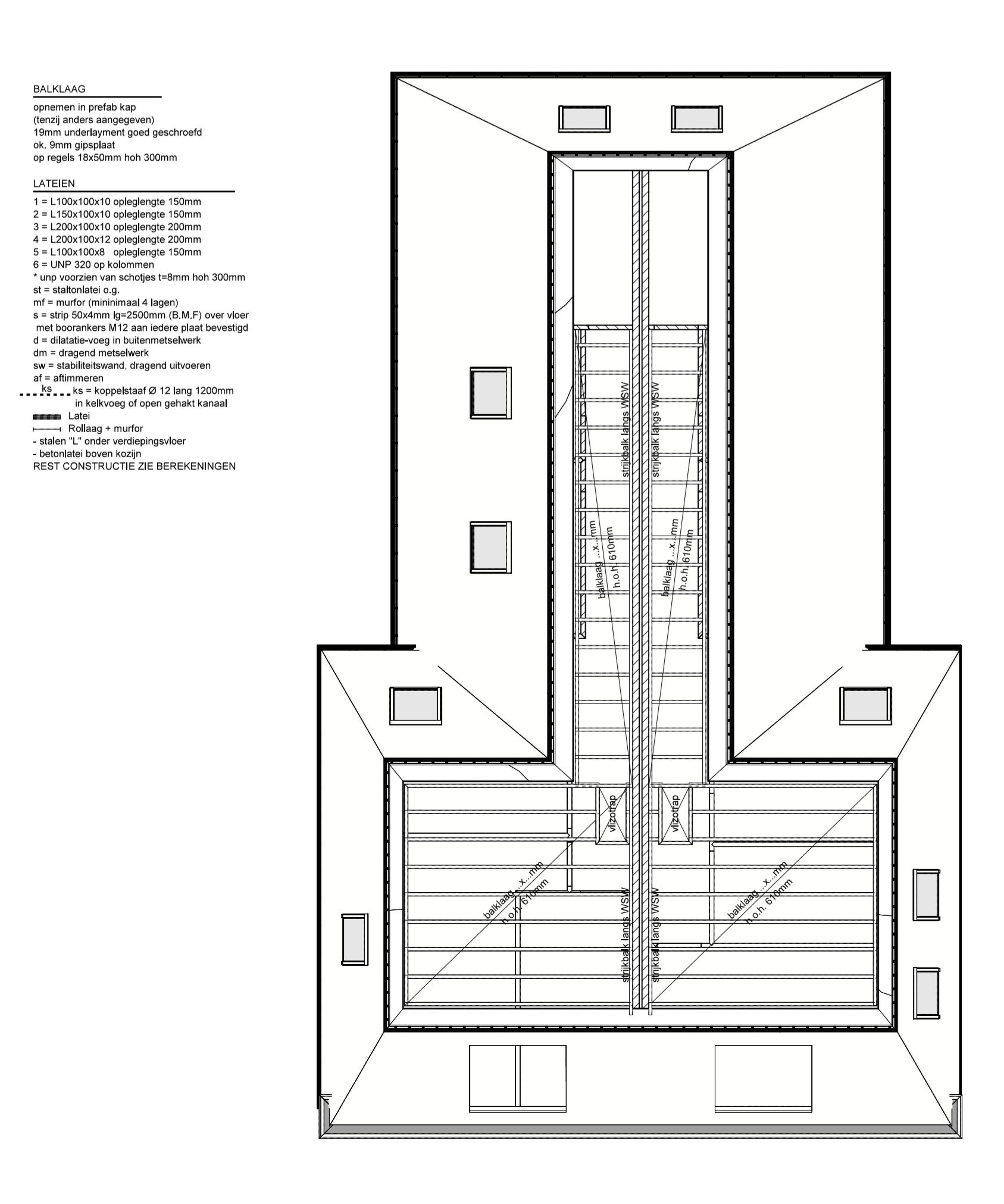
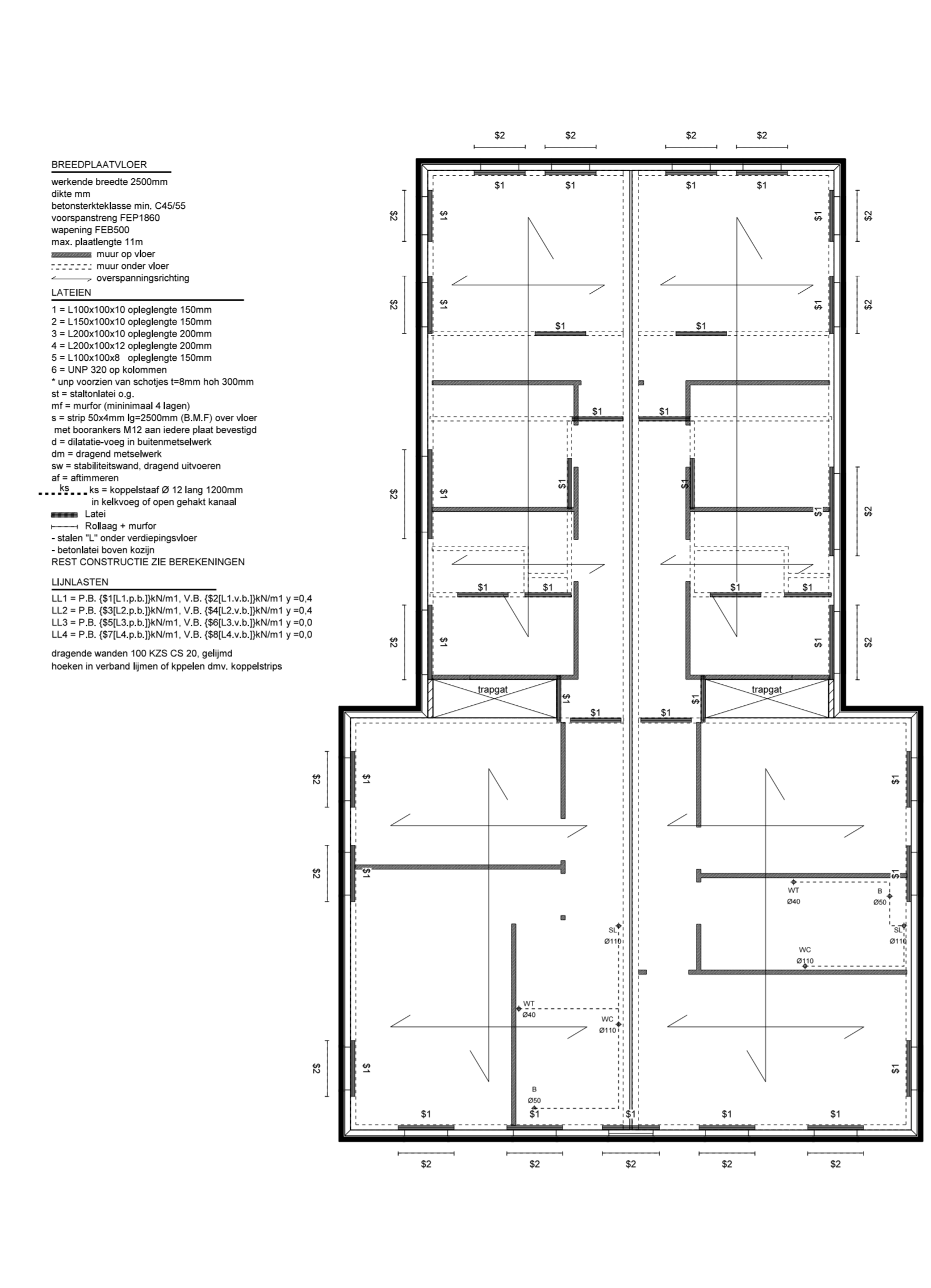
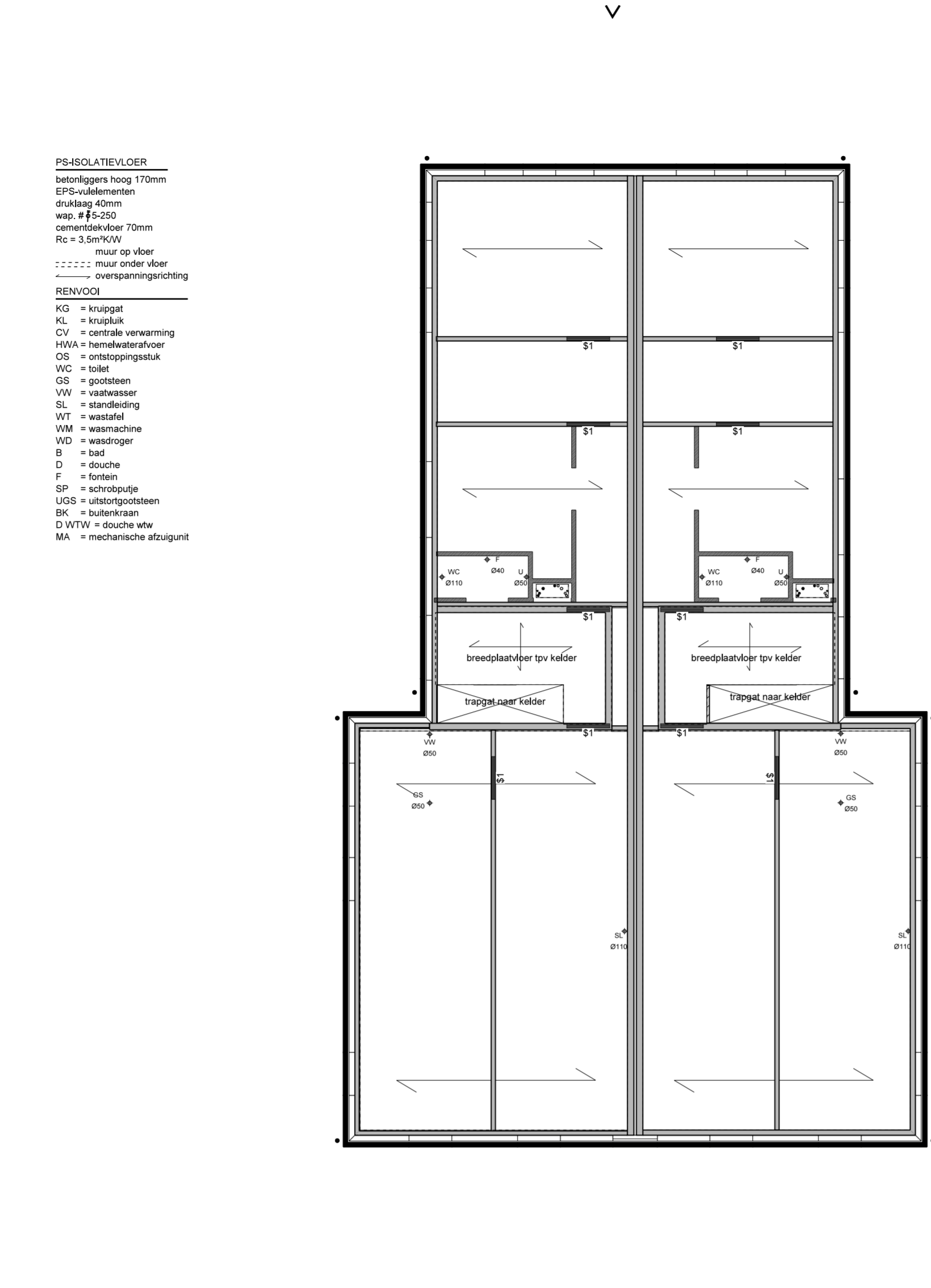
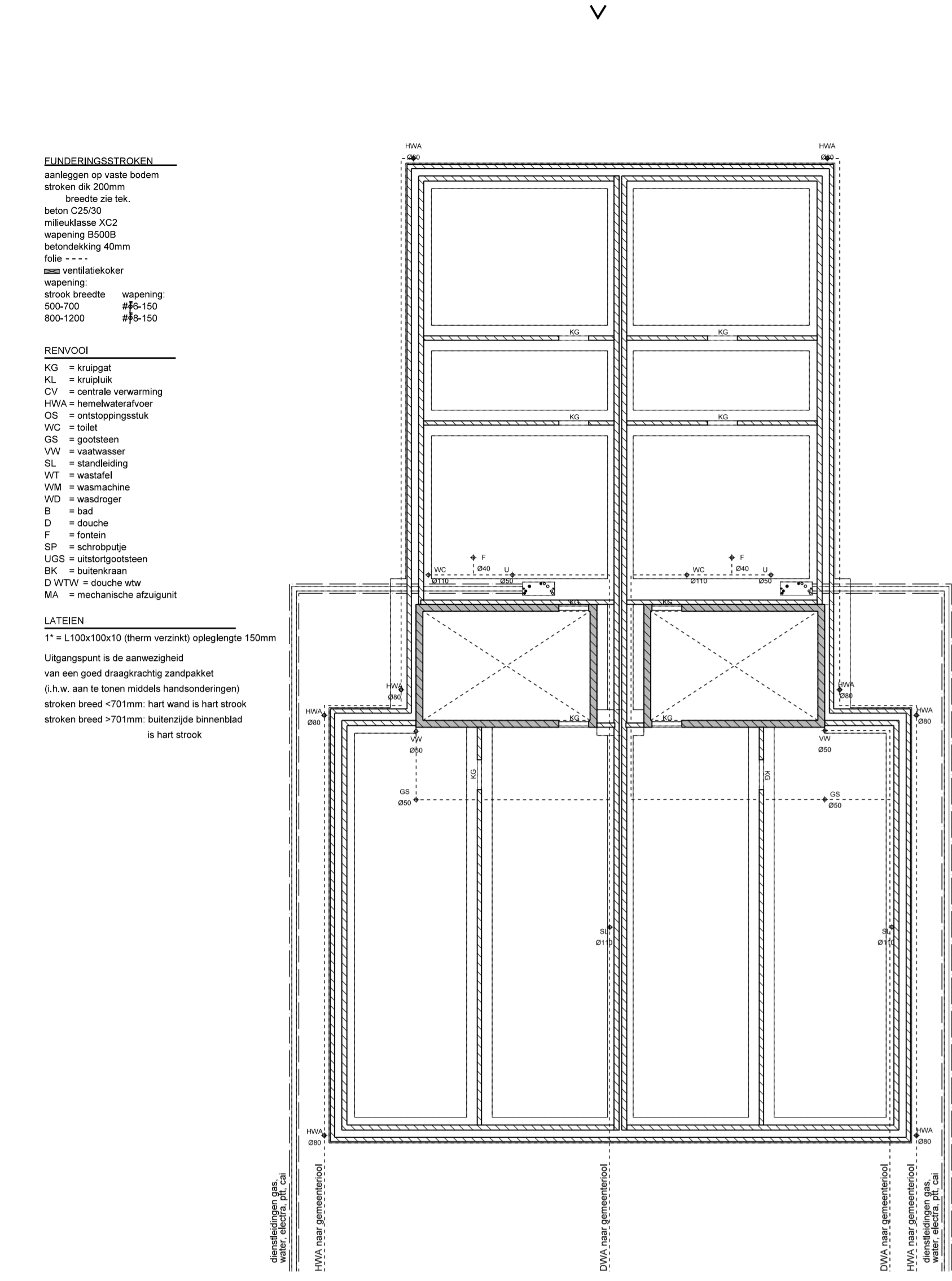
Locatie:
Gemeenteweg 163, 7951 CJ Staphorst

Schaal:
1:100/500
A1+
DO
Fase:
bouw aanvraag

Datum:
11-04-2018, HK

Projectnr:
2285

Bladnr:
1



PHULS
ARCHITECTEN

Project
Nieuwbouw dubbele woning
Gevels, plattegronden, doorsneden en situatie

Opdrachtgever
R. Talen
Portiekstraatje 10
7951 NE Staphorst
0522 46 3333

Datum
10-04-2018, HK
Gew.

Projectnummer
2285

Scale
A1+
DO
bouwjaarvraag

Locatie
Gemeenteweg 1653, 7651 CJ Staphorst

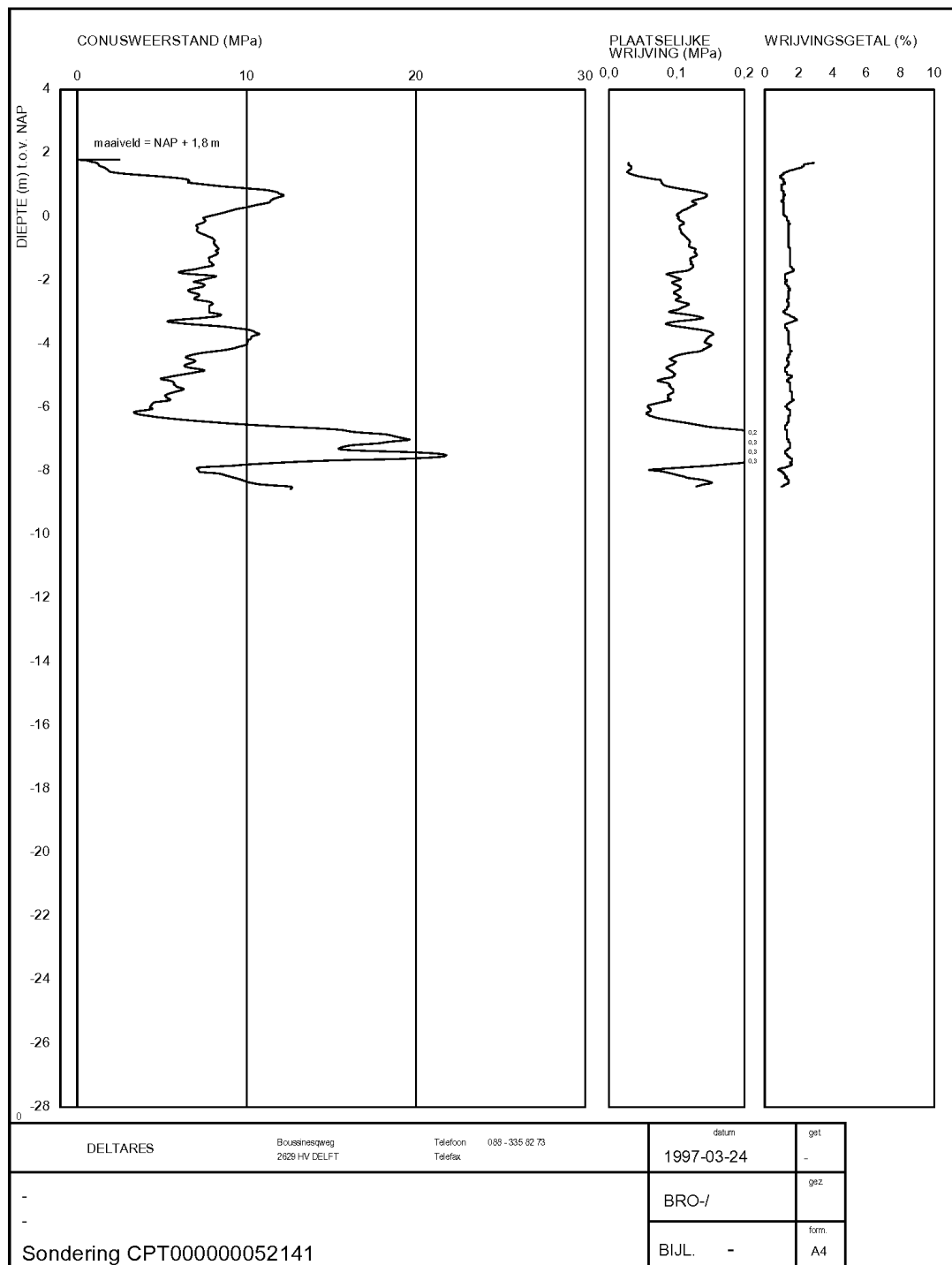
Www.Architecten | Bergstraat 3 | 7951 DR Staphorst | T 0522 46 87 | F 0522 46 20 24 | E info@phulsen.nl | www.phulsen.nl

Memo

Kenmerk D79-PBO-KA-1800104

Bijlage II – Bodemopbouw

Een karakteristieke sondering (grondopbouw) van het gebied is weergegeven in Figuur 6. De bodem bestaat uit zand, met een zeer compacte zandlaag tussen +1m NAP en +6m NAP. Door deze compact zandlaag zullen de trillingen zich vooral in de toplagen voortplanten.



Figuur 6 Karakteristieke sondering in het plangebied

Memo

Kenmerk D79-PBO-KA-1800104

Bijlage III – Referenties

- [1] Spiegelenberg, G.J., *Realisatie dubbele woning aan de Gemeenteweg 163 te Staphorst, Resultaten metingen trillingshinder ten gevolge van het spoor*, Alcedo, 20186546.R1.V1, 17 mei 2019
- [2] Boon, ir. P.M., *Sporen in Arnhem, Trillingsonderzoek t.b.v. Tracébesluit*, Movares Nederland B.V., D79-PBO-KA1400006, 31 maart 2014, versie 1.0
- [3] Boon, ir. P.M., *Sporen in Utrecht, Trillingsonderzoek t.b.v. Tracébesluit*, Movares Nederland B.V., D79-PBO-KA1400005, 31 maart 2014, versie 1.0
- [4] Boon, ir. P.M., *Doorstroomstation Utrecht (DSSU), Trillingsonderzoek*, Movares Nederland B.V., OND-ET-CON-TR-RAP-100, 4 juni 2015, versie 3.0