

27 mei 2019
4734 woorden

LEGOliseren van de gevel

Onderzoeksrapport legoblok element

Keywords: Gevel, legoblok, Legoliseren, legohuis

Auteurs: Rowen Landman
Studentnummer: 1691192

Jawid Hassani
1668039

Afstudeerorganisatie
Plegt-Vos west B.V.
Winthontlaan 6-E
3526 KV Utrecht

Contactpersoon bedrijf
Dhr. F. Wijnberg
Bedrijfsbegeleider B&O
E: floris.wijnberg@plegt-vos.nl

Onderwijsinstelling
Hogeschool Utrecht
Bachelor Built Environment
Padualaan 99
3584 CH Utrecht

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1 Materiaal analyse	4
1.1 Beton	4
1.2 Lichtbeton.....	6
1.3 Cellenbeton	8
1.4 Kalkzandsteen.....	9
1.5 Hout	11
1.6 Isolatiematerialen.....	14
1.7 Geëxpandeerd polystyreen (EPS)	15
1.8 Geëxtrudeerd polystyreen (XPS)	17
2 Gewichtsberekeningen.....	18
2.1 Beton	18
2.2 Lichtbeton.....	18
2.3 Cellenbeton	19
2.4 Kalkzandsteen.....	19
2.5 Kerto Massive Wall (Metsa Wood).....	19
3 Multicriteria Analyse	20
3.1 Onderbouwing Multi Criteria Analyse.....	21
3.2 Onderbouwing Multi Criteria Analyse.....	23
3.2.1 Conclusie	24
4 Constructie berekening	25
4.1 Permanent en variabele belastingen	25
4.2 Geconcentreerde drukbelasting.....	26
4.3 Knik berekening op de wand.	27
4.4 Windbelasting berekening	28
4.5 Drukbelasting cellenbeton twee bouwlagen.....	29
4.5.1 Drukbelasting door Finnjoist balken op het cellenbeton.	32
5 Warmteweerstand en dampspanning berekening	34
5.1 Warmteweerstand	34
5.1.1 Warmteweerstand R_m	34
5.1.2 Warmteweerstand R_c	34
5.1.3 Warmteweerstand R_{tot}	34
5.1.4 Warmteverloop constructie	34
5.2 Berekening warmteweerstand en dampspanning	35

5.2.1	Wand element	35
5.2.2	EPS-isolatie	36
5.2.3	XPS-isolatie	38
5.2.4	PIR-isolatie	40
6	Testen	42
6.1	Test 1	42
6.2	Test fase 1	43
7	Tekeningen	55
7.1	Tekeningen fase 1	55
7.2	Tekeningen fase 2	56

1 Materiaal analyse

1.1 Beton

Beton is een zeer geschikt constructiemateriaal die al jarenlang gebruikt wordt voor verschillende type constructies. Beton is een mengsel wat bestaat uit zand, cement, grind en water. Beton onderscheidt zich in aantal betonsoorten: Schuimbeton, Lichtbeton, beton en zwaar beton (Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004). In Nederland wordt er veel met beton gebouwd en daarvoor zijn er een aantal goede redenen voor. Voor de verwerking van beton bestaat de keuze uit twee verschillende stappen. Voor een bouwwerk kan beton in de fabriek worden gemaakt en vervolgens vervoerd worden op de bouwplaats, deze methode heet prefabbeton. De volgende methode is dat het op het werk gestort kan worden, deze methode heet ter plaatse gestort beton. Beton is een materiaal dat heel goed tegen nat klimaat kan. De voordelen wat beton heeft zijn dat het een hoog draagvermogen/ drukvastheid heeft. De drukvastheid van beton wordt in sterkteklasse uitgedrukt, en het varieert in verschillende sterkteklasse:

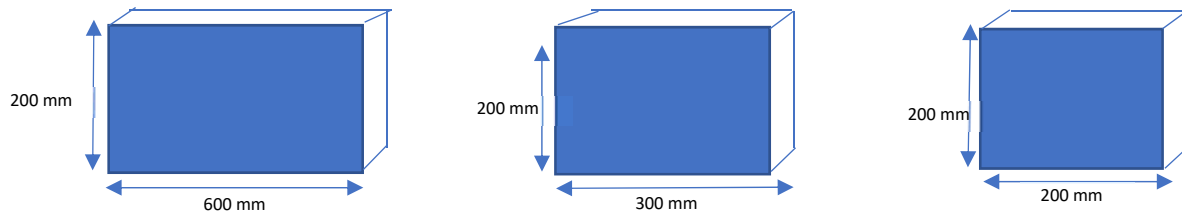
- C12/15 voorheen (B15)
- C20/25 voorheen (B25)
- C28/35 voorheen (B35)
- C35/45 voorheen (B45)
- C45/55 voorheen (B55)
- C53/65 voorheen (B65)

(Blok, 2006)

Beton heeft door zijn massiviteit een goede geluidsisolerende werking en beton is heel goed brandwerend. Het nadeel wat beton heeft is dat het relatief zwaar materiaal is met een volumieke massa tussen 2.000-2.800 kg/m³. (Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004). De kosten voor beton varieert in betonsoort en de sterkteklasse ervan. Voor metselen van binnenwanden in betonblokken is er een kosten van ongeveer €62,85,-/m². Deze kosten geldt voor de volgende beton afmetingen: 290 x 100 x 190 mm met een druksterkte van 15N/mm² (Cobouw , 2019). Onderstaand tabel 1 wordt de element eigenschappen aangetoond.

	Afmeting 	Thermische isolatie 		Gewicht 	Draagvermogen 	Kosten 
Omschrijving	Dikte [mm]	λ - waarde [W/mK]	R _m - waarde [m²K/w]	Soortelijk gewicht [kg/m³]	Druksterkte [N/mm²]	Kosten [€/m²]
Beton	100	2,00	-	2.000-2.800	15	62,85,-
Bron	-	(Blok, Tabellen voor bouw/ en waterbouwkundigen, 2006)	-	(Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004)	(Cobouw , 2019)	(Cobouw , 2019)

Tabel 1.1 eigenschappen beton



Een betonblok met de afmetingen van 0,6x0,2x0,1 m zal een gewicht leveren van 28,8 kg. Naar mate de afmetingen van het blok afneemt wordt het gewicht ook lichter. Er zijn ook twee globale berekeningen gemaakt naar een betonblok met de afmetingen van 0,3x0,2x0,1 m die zal een gewicht opleveren van 14,4 kg en een betonblok van 0,2x0,2x0,1 m zal 9,6 kg wegen. Volgens de (Russell, Veilig en Gezond werk, 2011) berekening blijkt voor een 8 uur werkdag, dat er met een maximaal gewicht van 7,18 kg mag gewerkt worden. Omdat beton een hoge volumieke massa heeft worden de betonblokken klein, en dit zorgt voor een langere bouwtijd en er wordt meer naden gecreëerd in de constructie die slecht is voor thermische isolatie. Daarnaast heeft beton een slechte thermische isolatie waardoor er een dikker isolatiemateriaal moet worden toegepast. De kosten voor beton bedraagt € 62,85,-/m², dat relatief hoog bedrag is voor het lego element.

1.2 Lichtbeton

Lichtbeton is een andere soort van beton. In deze type beton wordt het grind vervangen door een andere soort licht materiaal die enorm helpt in het lichte gewicht van deze type beton. Lichtbeton heeft ook een aantal voordelen in tegenstelling tot andere soorten beton: naast dat deze type beton lichter is, is het bij montage het belangrijkste voordeel van lichtbeton dat het spijker- en freesbaarheid makkelijker maakt. Daarnaast is lichtbeton minder milieubelastend bij het produceren van dit beton soort, waarbij minder water en cement wordt gebruikt, maar meer gerecyclede materialen worden toegepast. Het mengsel van lichtbeton bestaat uit: water, cement en lichte toeslagmaterialen waarbij een volumieke massa wordt gecreëerd tot 2.000 kg/m^3 (Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004). Beton is een zeer duurzaam materiaal en het is goedkoop doordat er grondstoffen worden gebruikt die goedkoop zijn. Deze eigenschappen van lichtbeton maakt het een interessant variant voor het concept legaliseren. Lichtbeton sterkteklasse wordt anders dan beton uitgedrukt. De sterkteklasse van lichtbeton varieert namelijk ook in verschillende klasse:

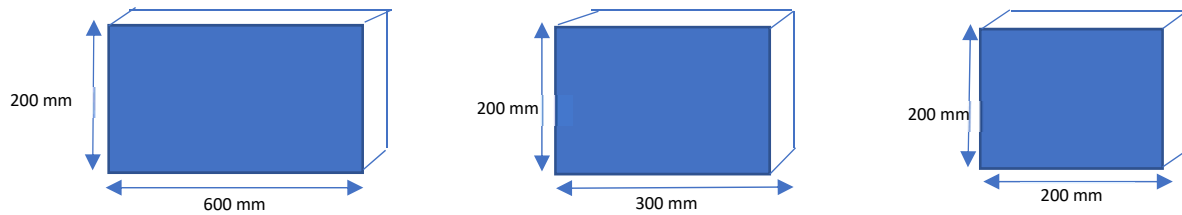
- LC12/13
- LC20/22
- LC30/33
- LC40/44
- LC50/55
- LC60/66
- LC70/77
- LC80/88

Lichtbeton sterkteklasse wordt met de letters LC (Lightweight Concret) aangeduid. (Kerkhoven, 2018).

In de onderstaand tabel 2 wordt de eigenschappen van lichtbeton aangetoond.

	Afmeting 	Thermische isolatie 		Gewicht 	Draagvermogen 	Kosten 
Omschrijving	Dikte [mm]	λ - waarde [W/mK]	R_m - waarde [$\text{m}^2\text{K/w}$]	Soortelijk gewicht [kg/m^3]	Druksterkte [N/mm^2]	Kosten [$\text{€}/\text{m}^2$]
Lichtbeton	-	0,90		800-2000	12-80	34,50
Bron		(Blok, Tabellen voor bouw/ en waterbouwkundigen, 2006)			(Kerkhoven, 2018).	(Bouwkosten Online, 2019)

Tabel 1.2 eigenschappen lichtbeton



In tegenstelling tot beton heeft lichtbeton een lichter volumieke massa en de kosten voor dit materiaal is ook relatief lager € 34,50,-/m² dan beton. Lichtbeton heeft een lage thermische isolatie met een volumieke massa van 800 tot 2000 kg/m³. Een lichtbeton met de afmetingen van 0,6x0,2x0,1 m en met volumieke massa van 800 kg/m³ weegt 9,6 kg. Dit is exclusief de afwerklaag en isolatie. In tegenstelling tot beton komt lichtbeton beter uit voor het lego element. Volgens de berekening (Russell, Veilig en Gezond werk, 2011) is de afmetingen van 0,6x0,2x0,1 m niet geschikt voor de maximale tilactiviteit van 8 uur per dag. Dit wil zeggen dat de blokken kleiner moeten worden gemaakt zodat het maximale tilgewicht moet behaald worden. Kleinere blokken zorgen voor meer handelingen en een langere bouwtijd, daarnaast wordt er extra naden gecreëerd in de constructie en dit is ongunstig voor de thermische isolatie.

1.3 Cellenbeton

Ytong Cellenbeton blokken zijn licht van gewicht, het is een natuurlijk bouw materiaal die gemaakt is van kalk, cement en zand. Het product bestaat uit grote hoeveelheid gesloten cellen met daarin stilstaande lucht, hierdoor geeft het product een unieke eigenschap en verwerkingsvoordelen. (Xella Group, 2019). Met cellenbeton bouwen betekent dan ook dat er duurzaam materiaal wordt gebruikt, omdat het materiaal volledig recyclebaar is, er komt geen schadelijke stoffen vrij en bij het produceren van cellenbeton wordt er relatief weinig energie gebruikt. Omdat het materiaal licht is van gewicht gaat het bouwen met dit materiaal sneller, het is qua prijs goedkoper en past perfect in het Arboret omdat het arbeidsvriendelijker is. Cellenbeton blokken zijn ook ongevoelig voor vocht en vorst en daarnaast heeft het product een grote luchtdichtheid met een hoge isolatiewaarde.

Het nadeel dat cellenbeton heeft is dat het materiaal zijn sterkte verliest bij een natte ruimte. Bij een blijvend natte omstandigheden kan het cellenbeton niet worden toegepast, zoals onder het maaiveld (Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004). Cellenbeton heeft zoals beton verschillende drukvastheid, bij cellenbeton varieert de drukvastheid in het volumegewicht, de toegepaste grondstoffen en de vochtigheid:

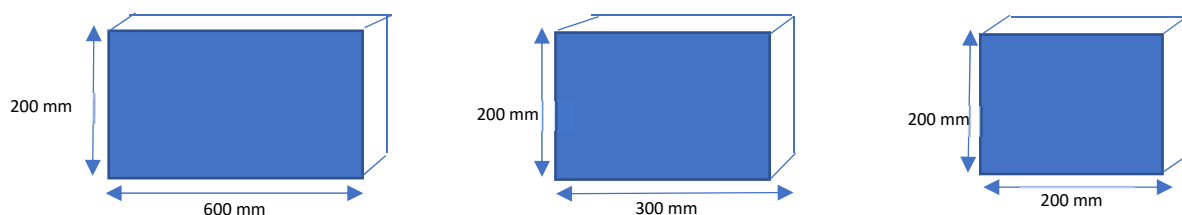
- G4/600
- G5/800

(Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004)

In de onderstaand tabel 3 wordt de eigenschappen van cellenbeton blokken van 100mm aangetoond.

	Afmeting	Thermische isolatie		Gewicht	Draagvermogen	Kosten
						
Omschrijving	Dikte [mm]	λ - waarde [W/mK]	R_m - waarde [m ² K/w]	Soortelijk gewicht [kg/m ³]	Druksterkte [N/mm ²]	Kosten €/m ²
Cellenbeton	100	0,160	0,625	600	4	18,84
Bron	-	(Xella Group, 2019)	-	(Xella Group, 2019)	(Xella Group, 2019)	(Bouwkosten Online, 2019)

Tabel 1.3 eigenschappen cellenbeton



Cellenbeton is een zeer licht constructiemateriaal met een volumieke massa tussen de 600 en 800 kg/m³. Een cellenbeton blok met de afmetingen van 0,6x0,2x0,1 m weegt exclusief de afwerklaag 7,2 kg. Daarnaast is cellenbeton goedkoper dan beton en lichtbeton met een prijs van € 18,84,-/m². Cellenbeton heeft ook een hoge thermische isolatiewaarde, waardoor er minder isolatie nodig is dan bij beton en lichtbeton. Cellenbeton heeft wel een relatief lage druksterkte van 4N/mm², waardoor het minder kan dragen. Cellenbeton mag volgens de (Russell, Veilig en Gezond Werk, 2011) berekeningen tot 8 kg worden getild voor een 8 uur werkdag.

1.4 Kalkzandsteen

Kalkzandsteen bestaat uit een mengsel van kalk en een kwart houdende stof (zand) die vervolgens onder een stoomdruk wordt verhard waardoor de kalkzandsteen een zeer gladde steen wordt. Kalkzandstenen hebben een maattolerantie van maximaal 2mm (Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004). Kalkzandsteen is een kunststeen die niet wordt gebakken en het is verkrijgbaar in de vorm van steen blokken en elementformaten. Kalkzandsteen heeft een zeer hoog draagvermogen tussen de 15 en 25 N/mm². Ook kalkzandstenen zijn onderverdeelt in verschillende klassensterkte:

- CS12
- CS16
- CS20

(Silka xella, 2019)

Kalkzandsteen is verkrijgbaar in veel verschillende soorten en formaten. In de onderstaande figuren wordt een overzicht weergegeven van verschillende soorten en formaten.

	Stenen	Metselblokken	Lijmblokken	Vellingblokken	Elementen
Onafgewerkte wanddikte circa 70 mm	 Amstelformaat (Af) 214 × 72 × 102		 L 70/298 437 × 67 × 298	 V 70/298 437 × 67 × 298	
100 mm	 Waalformaat (Wf) 214 × 102 × 55  Amstelformaat (Af) 214 × 102 × 72  Maasformaat (Mf) 214 × 102 × 82	 M 100/157 327 × 100 × 157  M 100/240 327 × 100 × 240	 L 100/198 437 × 100 × 198  L 100/298 437 × 100 × 298	 V 100/198 437 × 100 × 198  V 100/298 437 × 100 × 298	 E 100 897 × 100 × 598
120 mm			 L 120/198 437 × 120 × 198  L 120/298 437 × 120 × 298		 E 120 897 × 120 × 598
150 mm	 Dubbel Af 150 mm 214 × 150 × 72  Dubbel Mf 150 mm 214 × 150 × 82	 M 150/240 327 × 150 × 157	 L 150/198 327 × 150 × 198  L 150/298 437 × 150 × 298	 V 150/148 437 × 150 × 148  V 150/298 437 × 150 × 298	 E 150 897 × 150 × 598

Figuur 1-1 overzicht van verschillende formaten. (Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004)

214 mm	 Waalformaat (Wf) 102 × 214 × 55  Amstelformaat (Af) 102 × 214 × 55  Maasformaat (Mf) 102 × 214 × 55	 M 214/157 327 × 214 × 157	 L 150/198 327 × 214 × 148  L 214/198 437 × 214 × 298	 V 214/198 437 × 214 × 298	 E 214 897 × 214 × 598
240 mm					 E 240 897 × 240 × 598
300 mm					 E 300 897 × 300 × 598
		 M 327/157 214 × 327 × 157	Bij de lijmblokken (behalve bij L 70) zijn standaard kimblokken leverbaar in hoogtematen van 80, 100, 115 en 130 mm	Bij de vellingblokken zijn standaard vellingkimblokken leverbaar in de hoogtemaat van 98 mm	E 265 (897 × 265 × 598) is alleen in overleg leverbaar Bij de elementen zijn in alle breedte-afmetingen standaard kimblokken leverbaar in de hoogtematen van 80, 100, 115 en 130 mm

Figuur 1-2 overzicht van verschillende formaten (Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004)

In de prijs is kalkzandsteen een goedkoper materiaal dan gebakken steen. Kalkzandsteen heeft een perfecte maatvastheid met een strakke vorm. Wat algemeen geldt voor kalkzandsteen is dat het schraal wind- droog moet worden gebouwd. Bij een grote muur oppervlak treden er krimp als gevolg van temperatuurverschillen, ook ontstaat er vormveranderingen in de lineaire richting.

In de onderstaande tabel wordt de eigenschappen van kalkzandsteen weergegeven.

	Afmeting 	Thermische isolatie 		Gewicht 	Draagvermogen 	Kosten 
Omschrijving	Dikte [mm]	λ - waarde [W/mK]	R_m - waarde [m ² K/w]	Soortelijk gewicht [kg/m ³]	Druksterkte [N/mm ²]	Kosten [€/m ²]
Kalkzandsteen	100	0,75	-	2000	12	53,10
Bron	-	(Silka xella, 2019)	-	(Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004)	(Silka xella, 2019)	(Cobouw, 2019)

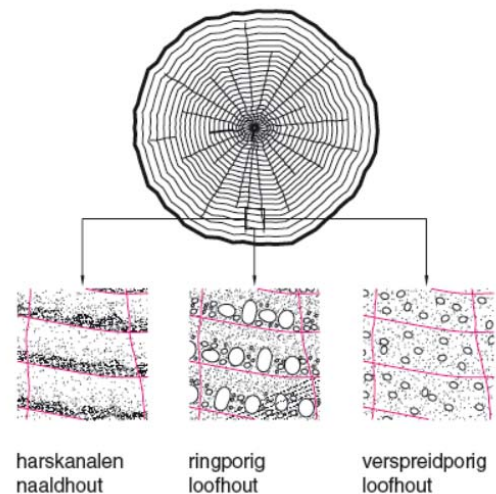
Tabel 1.4 eigenschappen kalkzandsteen

Kalkzandstenen worden in verschillende soorten en formaten geleverd. Kalkzandstenen met een volumieke massa van 2000 kg/m³ is een relatief zwaar constructiemateriaal. Kalkzandsteen beschikt niet over een hoge thermische isolatie en het kost € 53,10,-/m². In vergelijking met cellenbeton en lichtbeton is kalkzandsteen duurder in prijs. Door zijn hoge volumieke massa, moeten de blokken in kleine formaten worden geproduceerd waardoor het net zoals beton en lichtbeton meer handelingen nodig zal hebben tijdens stapelen en daardoor de bouwtijd vertragen.

1.5 Hout

Hout wordt al eeuwen gebruikt als constructiemateriaal. Hout is verkrijgbaar in veel verschillende soorten, hierbij de hoofdingeling van hout is *loof* (hardhout) en *naaldhout* (zachthout). Eiken en kastanje zijn de Europese houtsoorten die afkomstig zijn van loofhout, en loofhout splitst zich ook in tropische houtsoorten, zoals bankirai en merbau. Hardhout is een soort dat kenmerkt zich in het algemeen door groter gewicht en door zijn dichtere structuur. (Zie figuur 3)

Hardhout heeft een grote duurzaamheid en het heeft een veel hogere druk en treksterkte. De milieubelasting hierbij is wel een aandachtspunt, doordat het hout veel langere groeitijd heeft. Het meest constructieve houtsoort is het naaldhout dat afkomstig is uit Scandinavië. (Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004)



Figuur 1-3 structuur houtsoorten (Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004)

De massa van hout is afhankelijk van de dichtheid van de cellen en het vochtgehalte dat de massa van aanwezige water als percentage van droge hout wordt uitgedrukt. Bij een vochtgehalte van 12 of 15% geldt een volumieke massa voor vurenhout rond 550 Kg/m^3 (Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004). In de onderstaande figuur 4 wordt de kwaliteitsklasse van hout weergegeven.

Sterkte	Kwaliteitsklasse	Toepassing
–	A	zeer hoge eisen aan uiterlijk (meubilair)
K24	B	zeer hoge eisen aan uiterlijk en sterkte (bijzondere constructies in het zicht)
K 17	C	gangbare kwaliteit bouwhout (kolommen, liggers, spanten)
–	D	geen eisen aan uiterlijk en sterkte (stijl- en regelwerk, tengels)

Figuur 1-4 kwaliteitsklasse hout

Wanneer hout wordt gekapt en vervolgens wordt het droog veranderd het gewicht van hout en wordt het ook lichter. Het nadeel is dat het hout dan ook gaat krimpen wanneer het opdroogt, en de krimp is sterk afhankelijk van de vezelrichting. In tegenstelling tot krimpen zwelt het hout bij een vochtopname en dit wordt het werken van hout genoemd. Er moet rekening worden gehouden met de werking van hout bij het construeren en verbindingen maken.

Onderstaande tabel wordt de eigenschappen van naaldhout weergegeven.

	Afmeting 	Thermische isolatie 		Gewicht 	Draagvermogen 	Kosten 
Omschrijving	Dikte [mm]	λ - waarde [W/mK]	R_m - waarde [m ² K/w]	Soortelijk gewicht [kg/m ³]	Druksterkte [N/mm ²]	Kosten [€/m ²]
Naaldhout C14	-	0,14	-	550	14	65
Bron	-	(Blok, Tabellen voor bouw- en waterbouwkundigen, 2006)	-	(Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004)	(Ravenshorst, Delft University, & Koninklijke VVNH, 2017)	

Tabel 1.5 eigenschappen naaldhout

Sterkteklasse gezaagd loofhout:

- D18
- D24
- D27
- D30 D30 – 80. (Ravenshorst, Delft University, & Koninklijke VVNH, 2017)

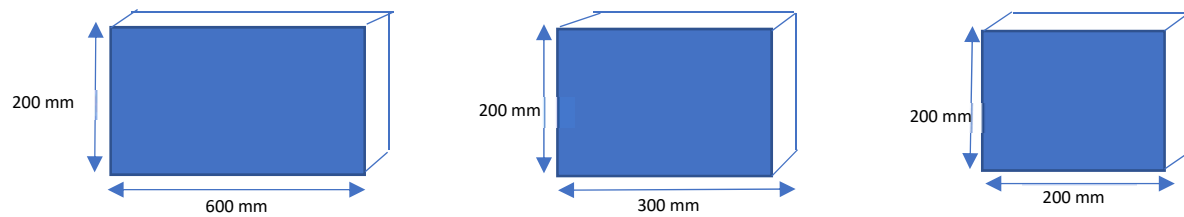
Onderstaande tabel wordt de eigenschappen van loofhout weergegeven.

	Afmeting 	Thermische isolatie 		Gewicht 	Draagvermogen 	Kosten 
Omschrijving	Dikte [mm]	λ - waarde [W/mK]	R_m - waarde [m ² K/w]	Soortelijk gewicht [kg/m ³]	Druksterkte [N/mm ²]	Kosten [€/m ²]
Loofhout D18	-	0,17	-	550	18	65
Bron	-	(Blok, Tabellen voor bouw- en waterbouwkundigen, 2006)	-	(Spierings, Amerongen, & Millekamp, 2004)	(Ravenshorst, Delft University, & Koninklijke VVNH, 2017)	

Tabel 1.6 eigenschappen loofhout

Sterkteklasse gezaagd naaldhout:

- C14
- C16
- C18
- C20
- C22 – 50 (Ravenshorst, Delft University, & Koninklijke VVNH, 2017)



Hout is een relatief duur constructiemateriaal met een prijs van ongeveer € 65,-/m². Hout is in veel verschillende soorten en maten verkrijgbaar. Hout heeft van nature een hoog thermische isolatiewaarde en het product kan altijd hergebruikt worden. Daarnaast heeft hout een lage volumieke massa met een hoge druksterkte. Deze eigenschappen van hout zijn zeer interessant voor een legosteen.

1.6 Isolatiematerialen

Voor het isolerende deel van het legoblok worden kunststof schuimen onderzocht. Er is voor een harde isolatie gekozen omdat

- **Druksterkte (stootvast)**
Kunststof schuimen hebben een hoge druksterkte en vervormen relatief weinig. Door de hoge druksterkte is het materiaal stootvast en kan de isolatie indien nodig een bijdrage leveren aan de draagkracht van het element.
- **Licht van gewicht**
Kunststof schuimen hebben een lage volumieke massa (Blok, Tabellen voor bouw- en waterbouwkundigen, 2006), dit maakt het materiaal ideaal voor het ontwerpen van licht gewicht legoblok element.
- **Hoge Rc waarde**
Kunststof schuimen hebben een lagere λ -waarde (Blok, Tabellen voor bouw- en waterbouwkundigen, 2006), waardoor het materiaal voor een hogere Rc waarde zorgt. Er zal dan minder (dik) materiaal nodig zal zijn voor het behalen van de gestelde eis van $5,50\text{m}^2\text{K/w}$ (zie tabel 3.1).
- **Hoge waterdamp diffusieweerstandcoëfficiënt**
Doormiddel van een hoge waterdamp diffusieweerstandcoëfficiënt (en ook de celstructuur van het materiaal) zijn kunststof schuimen bestand tegen vocht. Doormiddel van de hoge waterdamp diffusieweerstandcoëfficiënt is er geen waterdichte folie nodig.

De volgende kunststof schuimen zijn onderzocht:

- Geëxpandeerd polystyreen (EPS)
- Geëxtrudeerd polystyreen (XPS)
- Polyisocyanuraat (PIR)

1.7 Geëxpandeerd polystyreen (EPS)

Geëxpandeerd polystyreen (afkorting EPS, expanded polystyreen) is een PS-schuim ook wel een kunststofschuim. EPS is een goed isolatiemateriaal, dit komt door de unieke structuur die het materiaal heeft. Elke kubieke meter EPS bestaat uit 10 miljoen bolletjes, elk bolletje telt 3.000 gesloten cellen gevuld met lucht. Hoe meer bolletjes in het materiaal zitten, des te groter de densiteit. EPS bestaat voor 98% uit lucht en maar 2% polystyreen (Stybenex, 2002), dit maakt EPS een bijzonder licht en goed isolerend materiaal. Doormiddel van de celstructuur kan EPS een grote mechanische druksterkte opnemen. EPS is een mono-materiaal, dit doordat het uit 1 materiaal bestaat namelijk polystyreen.

In tabel 1.7 zijn de verschillende type EPS soorten opgenomen. De EPSHR 60-SE is een EPS-isolatie met een verhoogd isolerend vermogen, en is alleen beschikbaar met een druksterkte van 60 kPa. Alle EPS soorten worden in -SE (self-extinguishing) kwaliteit geproduceerd, dit houdt in dat het materiaal brandvertragend gemodificeerd is. De -SE-kwaliteit valt onder klasse I en II voor de bijdrage tot de brandvoortplanting volgens NEN 6065. In tabel 1.7 is te zien dat voor alle soorten EPS-isolatie dezelfde diktes beschikbaar zijn, echter zijn loopt de standaard dikte op met 20mm, dit zal maatgevend zijn voor het gewicht en de afmetingen van het element.

Omschrijving	Grootheid		EPS 60-SE	EPSHR 60 SE	EPS 100-SE	EPS 150-SE	EPS 200-SE	EPS 250-SE
	Notatie	Eenheid						
Warmte geleidingcoëfficiënt	λ	[W/mK]	0,038	0,032	0,036	0,034	0,033	0,033
Waterdamp diffusie-weerstandcoëfficiënt	μ	[-]	20	20	30	40	60	90
Water opname	v/v	%	5,0	5,0	4,0	3,5	3,0	2,0
Druksterkte korte duur (vervorming 10%)	CS (10)	[kPa]	60	60	100	150	200	250
Druksterkte lange duur (vervorming 2%)	CS (2)	[kPa]	18	18	30	45	60	75
Soortelijk gewicht	ν	[kg/m ³]	15	15	20	25	30	35
Afmetingen	Dikte	[mm]	100, 120, 140, 160, 180, 200					
Brandgedrag	-	categorie	Euroklasse E					
Kosten	€	/m ²	25,70					

Tabel 1.7 Overzicht eigenschappen EPS (Isobouw, 2019)

Voordelen

- **Hoge druksterkte**, EPS is te verkrijgen in verschillende druksterktes (zie tabel 1.7). 1kPa staat gelijk aan 1kN/m² en is 100 kg/m²
- **Licht gewicht**, een soortelijk gewicht met een volumieke massa van 15 t/m 35 kg/m³
- **Warmtegeleidingscoëfficiënt**, heeft een lage warmtegeleidingscoëfficiënt waardoor het goed presteert
- **Verouderd niet**, warmte geleidingcoëfficiënt blijft zijn waarde behouden.

Nadelen

- **Een wateropname van max 5%**, hierdoor neemt de warmtegeleidingscoëfficiënt toe met een maximale verhoging van 5%, waardoor het materiaal slechter presteert
- **Is niet tegen alle stoffen bestendig**, zie chemische resistentie tabel 1.8
- **Euroklasse E**, heeft een zeer hoge bijdrage aan brand

Stof	Bestendigheid		
	Bestand tegen	Voorwaardelijk bestand tegen	Niet bestand tegen
Aceton			x
Alcohol	x		
Ammonia	x		
Anhydride	x		
Asfaltbitumen		x ¹	
Bezine			x
Cement	x		
Chloor	x		
Creosootolie		x ²	
Dieselolie			x
Gips	x		
Kalk	x		
Kunststoffen ⁵	x		
Lijm		x ²	
Magnesiet	x		
Metalen	x		
Micro-organisme	x		
Oplosmiddelen			x ³
Paraffine-olie			x
Pentachloorphenol		x ²	
Salpeterzuur 50%	x		
Spijsolie			x
Teeroliën			x
Terpentine			x
UV-straling	x ⁴		
Vaseline			x
Verf		x ²	
Waterstofperoxide	x		
Zeep	x		
Zoutzuur 35%	x		
Zwavelzuur 95%	x		

1) gedurende zeer korte tijd, wanneer de contacttemperatuur niet hoger is dan 110°C
 2) wanneer de oplosmiddelen geheel verdampt zijn
 3) zoals bijv. in asfaltbitumen-oplossing
 4) bij niet-permanente blootstelling
 5) zonder weekmakers

Tabel 1.8 Chemische resistentie (Isobouw, 2019)

1.8 Geëxtrudeerd polystyreen (XPS)

Geëxtrudeerd polystyreen (afkorting XPS) is een kunststofschuim met een gesloten cellenstructuur, XPS bevat miljoenen gesloten cellen. XPS bestaat uit ongeveer 95% polystyreen en 5% drijfgas, doormiddel van persing verkrijgt het materiaal zijn gesloten celstructuur. Doormiddel van de gesloten celstructuur heeft XPS een hoge druksterkte, is vochtwerend en heeft een lage warmtegeleidingscoëfficiënt waardoor het beter isoleert. XPS-isolatie is meestal glad afgewerkt, echter kan er op het materiaal opgeruwd worden voor een betere hechting van bepleisteringen.

In tabel 1.9 worden de eigenschappen van de verschillende soorten XPS weergegeven. Het getal in de omschrijving van het soort geeft de druksterkte aan, XPS is te verkrijgen in verschillende druksterktes. Wat opvalt is dat alle soorten XPS dezelfde waterdamp diffusieweerstandcoëfficiënt hebben. Doordat de waterdamp diffusieweerstandcoëfficiënt hoog is, is dit materiaal vocht- en rotbestendig.

Omschrijving	Grootheid		Plus 300 S	Plus 300 G	KF 300 S	KF 300 G	KF 500 S	KF 700 S
	Notatie	Eenheid						
Warmte geleidingscoëfficiënt	λ	[W/mK]	0,027	0,027	0,034	0,034	0,034	0,034
Waterdamp diffusie- weerstandcoëfficiënt	μ	[-]	140	140	140	140	160	160
Water opname	v/v	%	0,7	-	0,7	-	0,7	0,7
Druksterkte korte duur (vervorming 10%)	CS (10)	[kPa]	300	300	300	300	500	700
Druksterkte lange duur (vervorming 2%)	CS (2)	[kPa]	130	-	130	-	180	250
Soortelijk gewicht	ν	[kg/m ³]	30	30	30	30	35	38
Afmetingen	Dikte	[mm]	100, 120, 140, 160, 180					
Brandgedrag	-	categorie	Euroklasse E					
Kosten	€	/m ²	27,63					

Tabel 1.9 Overzicht eigenschappen (Jackson-insulation, 2019)

Voordelen

- **Hoge druksterkte**, XPS heeft een hoge druksterkte en is verschillende druksterktes te krijgen zie tabel 1.9
- **Wateropname van 0,7%**, door de gesloten cellenstructuur is XPS waterdicht
- **Warmtegeleidingscoëfficiënt**, heeft een lage warmtegeleidingscoëfficiënt waardoor het goed presteert
- **Hoge Waterdamp diffusieweerstandcoëfficiënt**, maakt XPS vocht- en rotbestendig en is zeer geschikt voor vochtige ruimtes
- **Verouderd niet**, warmte geleidingscoëfficiënt blijft zijn waarde behouden.

Nadelen

- **Is niet tegen alle stoffen bestendig**, zie chemische resistentie tabel 1.8
- **Euroklasse E**, heeft een zeer hoge bijdrage aan brand (smelt bij brand)

2 Gewichtsberekeningen

Hierbij zijn er een aantal gewichtsberekeningen gedaan voor de verschillende constructiematerialen. Doormiddel van deze berekeningen wordt er een beeld gecreëerd over het gewicht van ieder materiaal als een legoblok element. Hierbij zijn vijf verschillende materialen als constructiemateriaal opgenomen die dient 23 kg of lager te zijn zoals beschreven in het PVE.

2.1 Beton

Hierbij is het gewichtsberekening voor een betonblok element uitgevoerd, uitgaande van de volgende afmetingen en het volumieke massa van verschillende materialen:

- Betonblok 0,6 x 0,2 x 0,1m → volumieke massa = 2400 kg/m³
- EPS-isolatie 0,6 x 0,2 x 0,160m → volumieke massa = 32 kg/m³
- Steenstrips met lijm laag 0,29 x 0,04 x 0,005m → volumieke massa = 1450 kg/m³

Omschrijving	Aantal	Lengte	Breedte	Dikte	Oppervlakte	Soortelijk gewicht	Gewicht	Gewicht
Legoblok	st	m	m	m	m ²	kg/m ³	kg	kN
- Steenstrips 11mm dik met lijmlaag				0,011	0,12	1450	1,9	0,02
- EPS isolatie 160mm		0,60	0,20	0,160	0,12	32	0,6	0,01
- Beton 100mm dik		0,60	0,20	0,100	0,12	2400	28,8	0,29
Totaal							31,33	0,31

Tabel 2.1 gewichtsberekening betonen blok element

2.2 Lichtbeton

Hierbij is het gewichtsberekening voor een kalkzandsteen element uitgevoerd, uitgaande van de volgende afmetingen en het volumieke massa van verschillende materialen:

- Lichtbeton 0,6 x 0,2 x 0,1m → volumieke massa = 1900 kg/m³
- EPS-isolatie 0,6 x 0,2 x 0,160m → volumieke massa = 32 kg/m³
- Steenstrips met lijm laag 0,29 x 0,04 x 0,005m → volumieke massa = 1450 kg/m³

Omschrijving	Aantal	Lengte	Breedte	Dikte	Oppervlakte	Soortelijk gewicht	Gewicht	Gewicht
Legoblok	st	m	m	m	m ²	kg/m ³	kg	kN
- Steenstrips 11mm dik met lijmlaag				0,011	0,12	1450	1,9	0,02
- EPS isolatie 160mm		0,60	0,20	0,160	0,12	32	0,6	0,01
- Lichtbeton 100mm dik		0,60	0,20	0,100	0,12	1900	22,8	0,23
Totaal							25,33	0,25

Tabel 2.2 gewichtsberekening licht betonen blok element

2.3 Cellenbeton

Hierbij is het gewichtsberekening voor een cellenbeton element uitgevoerd, uitgaande van de volgende afmetingen en het volumieke massa van verschillende materialen:

- Cellenbeton $0,6 \times 0,2 \times 0,1\text{m} \rightarrow \text{volumieke massa} = 600 \text{ kg/m}^3$
- EPS-isolatie $0,6 \times 0,2 \times 0,160\text{m} \rightarrow \text{volumieke massa} = 32 \text{ kg/m}^3$
- Steenstrips met lijm laag $0,29 \times 0,04 \times 0,005\text{m} \rightarrow \text{volumieke massa} = 1450 \text{ kg/m}^3$

Omschrijving	Aantal	Lengte	Breedte	Dikte	Oppervlakte	Soortelijk gewicht	Gewicht	Gewicht
Legoblok	st	m	m	m	m ²	kg/m ³	kg	kN
- Steenstrips 11mm dik met lijm laag				0,011	0,12	1450	1,9	0,02
- EPS isolatie 160mm		0,60	0,20	0,160	0,12	32	0,6	0,01
- Cellenbeton 100mm dik		0,60	0,20	0,100	0,12	600	7,2	0,07
Totaal							9,73	0,10

Tabel 2.3 gewichtsberekening cellenbeton blok element

2.4 Kalkzandsteen

Hierbij is het gewichtsberekening voor een kalkzandsteen element uitgevoerd, uitgaande van de volgende afmetingen en het volumieke massa van verschillende materialen:

- Kalkzandsteen $0,6 \times 0,2 \times 0,1\text{m} \rightarrow \text{volumieke massa} = 2000 \text{ kg/m}^3$
- EPS-isolatie $0,6 \times 0,2 \times 0,160\text{m} \rightarrow \text{volumieke massa} = 32 \text{ kg/m}^3$
- Steenstrips met lijm laag $0,29 \times 0,04 \times 0,005\text{m} \rightarrow \text{volumieke massa} = 1450 \text{ kg/m}^3$

Omschrijving	Aantal	Lengte	Breedte	Dikte	Oppervlakte	Soortelijk gewicht	Gewicht	Gewicht
Legoblok	st	m	m	m	m ²	kg/m ³	kg	kN
- Steenstrips 11mm dik met lijm laag				0,011	0,12	1450	1,9	0,02
- EPS isolatie 160mm		0,60	0,20	0,160	0,12	32	0,6	0,01
- Kalkzandsteen 100mm dik		0,60	0,20	0,100	0,12	2000	24,0	0,24
Totaal							26,53	0,27

Tabel 2.4 gewichtsberekening kalkzandsteenblok element

2.5 Kerto Massive Wall (Metsa Wood)

Hierbij is het gewichtsberekening voor een Kerto Q Massive Wall element uitgevoerd, uitgaande van de volgende afmetingen en het volumieke massa van verschillende materialen:

- Kerto Q Massive Wall $0,6 \times 0,6 \times 0,075\text{m} \rightarrow \text{volumieke massa} = 510 \text{ kg/m}^3$
- EPS-isolatie $0,6 \times 0,6 \times 0,140\text{m} \rightarrow \text{volumieke massa} = 32 \text{ kg/m}^3$
- Steenstrips met lijm laag $0,29 \times 0,04 \times 0,005\text{m} \rightarrow \text{volumieke massa} = 1450 \text{ kg/m}^3$

Omschrijving	Aantal	Lengte	Breedte	Dikte	Oppervlakte	Soortelijk gewicht	Gewicht	Gewicht
Legoblok	st	m	m	m	m ²	kg/m ³	kg	kN
- Steenstrips 11mm dik met lijm laag				0,011	0,36	1450	5,7	0,06
- EPS isolatie 160mm		0,60	0,60	0,140	0,36	32	1,6	0,02
- Kerto Q Massive Wall 75mm dik		0,60	0,60	0,075	0,36	510	13,8	0,14
Totaal							21,12	0,21

Tabel 2.5 gewichtsberekening Kerto Massive Wall element

3 Multicriteria Analyse

Hieronder is er een aantal Multi criteria analyse weergegeven waarin de verschillende constructiematerialen tegen elkaar worden afgewogen. Vervolgens wordt het gekozen materiaal in twee verschillende varianten tegen elkaar afgewogen.

Score

Score	
1	= Zeer slecht
2	= Slecht
3	= Matig
4	= Voldoende
5	= Goed

Weging

Weging	
0	= Zeer laag
0,5	= Laag
1	= Neutraal
1,5	= Zwaar
2	= Zeer zwaar

Eigenschappen constructiematerialen

Omschrijving	Eenheid	Beton	Lichtbeton	Cellenbeton	Kalkzandsteen	Hout
Thermische isolatie	[W/mK]	2,00	1,19	0,16	0,75	0,17
Gewicht	[kg/m ³]	2000-2800	100- 1900	600	2000	550
Draagvermogen	[N/mm ²]	12 tot 53	12 tot 80	4	12 tot 20	18
Kosten	[€/m ²]	62,85	34,5	18,84	53,10	65,00

Tabel 3.1 overzicht eigenschappen materialen

In de onderstaand tabel wordt de eigenschappen van de vijf verschillende constructiematerialen weergegeven. De thermische isolatie, het gewicht, de draagvermogen en de kosten zijn de wegingspunten die uit de PVE komen. Deze materialen worden tegen elkaar afgewogen en het materiaal met de hoogste score wordt verder uitgewerkt in verschillende varianten.

Constructiematerialen			Beton		Lichtbeton		Cellenbeton		Kalkzandsteen		Hout
Omschrijving	Weging	Score	score x weig	Score	score x weig	Score	score x weig	Score	score x weig	Score	score x weig
Thermische isolatie	1	1	1	2	2	5	5	4	4	5	5
Gewicht	2	1	2	4	8	4	8	2	4	4	8
Draagvermogen	1,5	5	5	5	8	3	5	4	6	4	6
Kosten	1,5	2	2	4	6	5	8	2	3	2	3
Totaal score			10		24		25		17		22
Gemiddelde			2,5		5,9		6,3		4,3		5,5

Tabel 3.2 overzicht MCA-materialen

Uit de bovenstaand tabel waarin de constructiematerialen tegen elkaar worden afgewogen, komt het cellenbeton als het beste constructiemateriaal voor het legoblok uit. Hiermee is het nu duidelijk geworden dat er met deze materiaal verder wordt ontworpen. Dit materiaal wordt in onderstaande tabellen onderling tegen elkaar afgewogen in twee varianten op de constructieve verbinding.

Varianten 1 en 2

In de onderstaande tabellen worden de twee constructieve bevestigingen tegenover elkaar afgewogen.

Cellenbeton			Alternatief 1 Draadeind
Omschrijving	weging	score	score x weig
Snel en makkelijk monteerbaar	1,5	3,0	5
Snel en makkelijk demonteerbaar	1,0	5,0	5
Maattolerantie	1,5	2,0	3
Kosten	1,0	4,0	4
Gewicht	2,0	5,0	10
Stabiliteit	1,5	5,0	8
Totale score			34
Gemiddelde			5,7

Tabel 3.3 overzicht variant draadeind

Cellenbeton			Alternatief 2 tentstok
Omschrijving	weging	score	score x weig
Snel en makkelijk monteerbaar	1,5	5,0	8
Snel en makkelijk demonteerbaar	1,0	1,0	1
Maattolerantie	1,5	3,0	5
Kosten	1,0	4,0	4
Gewicht	2,0	5,0	10
Stabiliteit	1,5	2,0	3
Totale score			30
Gemiddelde			5,0

Tabel 3.4 overzicht variant tentstok

3.1 Onderbouwing Multi Criteria Analyse

Onderstaand wordt de onderbouwing van de Multi criteria analyse weergegeven. Er is een criterium opgesteld voor de verschillende constructiematerialen en vervolgens worden het gekozen constructiemateriaal in twee varianten verdeeld die ook door de Multi criteria analyse wordt getoetst op constructieve verbinding.

Alternatief 1/ 2:

Snel en makkelijk monteerbaar:

Het lego element dient makkelijk te monteren zijn. Dit is een eis dat is opgesteld door de opdrachtgever. In het lego concept is dit een van de belangrijkste punten die daarom (zwaar 1,5) weegt in dit Multi criteria analyse.

Snel en makkelijk demonteerbaar:

Het lego element zoals het makkelijk monteerbaar moet zijn, is het ook van belang dat het element makkelijk gedemonteerd kan worden. Echter weegt het demonteren van het element niet even zwaar als monteren van het element omdat het demontage zeldzaam is en het veel tijd kost. Daarom weegt het demonteren (neutraal, 1).

Maattolerantie:

Bij het stapelen van de elementen, en aanbrengen van de draadeind/ tentstokken verbinding op de fundering is het van groot belang dat er weinig tot geen maattolerantie ontstaat. Het zou anders leiden tot een niet waterpas wand en grote naden tussen de elementen. Hierdoor weegt de maattolerantie (zwaar. 1,5).

Kosten:

De kosten moet het liefst gelijk aan of onder de € 15,- blijven. Het kan zijn dat de kosten duurder wordt dan de verwachtingen hierbij mag het dan variëren tussen de € 15,- en € 20,-. Daarom weegt het (neutraal, 1).

Gewicht:

Het gewicht van de lego elementen zijn bepalend voor de hanteerbaarheid tijdens het stapelen van de elementen. Hierbij is het gewicht (Zeer zwaar, 2) gewogen bij dit MCA. Het element dient door een persoon hanteerbaar te zijn, en zoals vermeld in het bouwbesluit mag het maximaal 23kg wegen (Ministerie Sociale Zaken en Werkgelegenheid, sd). Een lager gewicht van een lego element zal gunstiger zijn voor de totaal op te vangen belasting.

Stabiliteit:

Stabiliteit weegt (zwaar, 1,5) in dit MCA. Het concept die bestaat uit lego elementen moet natuurlijk wel blijven staan tijdens en na de uitvoering. Hierbij is het belangrijk dat de constructie stabiel is.

Multi Criteria Analyse isolatie materialen

In deze paragraaf is er een aantal Multi Criteria Analyse weergegeven waarin de verschillende isolatiematerialen tegen elkaar worden afgewogen. Vervolgens is er een materiaal gekozen aan de hand van de gescoorde

Er zijn vijf verschillende scores te behalen, zeer slecht, slecht, matig, voldoende en goed. In de onderstaande tabellen is er per criteria een overzicht gemaakt van te behalen score. Aan de hand van gegeven score zijn de eigenschappen van de materialen beoordeeld in de Multi Criteria Analyse.

Score		
1	=	Zeer slecht
2	=	Slecht
3	=	Matig
4	=	Voldoende
5	=	Goed

Tabel 3.6 Score MCA

Weging		
0	=	Zeer laag
0,5	=	Laag
1	=	Neutraal
1,5	=	Zwaar
2	=	Zeer zwaar

Tabel 3.5 Weging MCA

Criteria isolatiematerialen

In de onderstaand tabel zijn de eigenschappen van de twee verschillende isolatiematerialen weergegeven. In dit MCA worden de materialen op de volgende criteria beoordeeld: lage λ -waarde, de waterdamp diffusieweerstandcoëfficiënt, de druksterkte, het gewicht en de kosten. Deze materialen worden tegen elkaar afgewogen en het materiaal met de hoogste score wordt verder uitgewerkt en beoordeeld.

Materiaal		EPS		XPS	
Omschrijving	Weging	Score	score x weing	Score	score x weing
Lage λ -waarde	2	4	8	5	10
Waterdamp diffusie-weerstandcoëfficiënt	0,5	4	2	5	2,5
Druksterkte	0,5	5	2,5	5	2,5
Gewicht	1,5	3	4,5	1	1,5
Kosten	2	5	10	5	10
Totaalscore			27		4,1
Gemiddelde			5,4		4,1

Tabel 3.72 Score MCA

Uit de bovenstaand tabel waarin de isolatiematerialen tegen elkaar worden afgewogen, komt de EPS-isolatie als beste materiaal eruit. Hiermee is het nu duidelijk geworden dat er met dit materiaal verder wordt ontworpen. Dit materiaal wordt in onderstaande tabellen onderling tegen elkaar afgewogen.

Materiaal	Weging	EPS 60-SE		EPSHR 60 SE		EPS 100-SE		EPS 150-SE		EPS 200-SE		EPS 250-SE	
		Score	score x weging	Score	score x weging	Score	score x weging	Score	score x weging	Score	score x weging	Score	score x weging
Lage λ -waarde	2	3	6	4	8	3	6	4	8	4	8	4	8
Waterdamp diffusie-weerstandcoëfficiënt	0,5	2	1	2	1	3	2	3	2	4	2	4	2
Druksterkte	0,5	2	1	2	1	3	2	4	2	5	3	5	3
Gewicht	1,5	5	8	5	8	5	8	4	6	3	5	2	3
Totaal score			16		18		17		18		17		16
Gemiddelde			3,9		4,4		4,1		4,4		4,3		3,9

Tabel 3.83 Score MCA

Uit tabel 5.13 blijkt dat EPS 150-SE het beste uit het MCA komt. Er zal dus met deze gegevens verder gewerkt worden in de stap bouwen en testen.

3.2 Onderbouwing Multi Criteria Analyse

Onderstaand wordt de onderbouwing van de Multi criteria analyse weergegeven. Er is een criterium opgesteld voor de verschillende constructiematerialen en vervolgens worden het gekozen constructiemateriaal in twee varianten verdeeld die ook door de Multi criteria analyse wordt getoetst op constructieve verbinding.

Lage λ -waarde

Het lego blok element dient aan de gestelde Rc waarde (zie hoofdstuk 2, tabel 2.1). het is daarom belangrijk dat de het materiaal een lage λ -waarde heeft zodat de dikte van de constructie min mogelijk kan zijn. Want hoe lager de λ -waarde hoe hoger de Rc waarde wordt. Hierdoor heeft de λ -waarde een weging van 2 zwaar gekregen.

Waterdamp diffusieweerstandcoëfficiënt

Het lego blok element dient aan waterbestendig te zijn er is daarom gekozen deze eigenschap van het materiaal mee te nemen in de weging. Echter is de waterdamp diffusieweerstandcoëfficiënt niet een grote factor in de materiaal keuze. Hierdoor heeft de waterdamp diffusieweerstandcoëfficiënt een weging van 0,5 laag gekregen.

Druksterkte

De druksterkte is bij het ontwerpen van belang om zo een de elementen stootvast te maken. Ook geeft kan het materiaal eventueel meer bijdragen aan het dragen van de constructieve lasten. Echter is er voor gekozen om dit materiaal niet zwaar mee te laten wegen. De criteria druksterkte heeft een weging van 0,5 laag gekregen.

Gewicht

Het gewicht van de lego elementen zijn bepalend voor de hanteerbaarheid tijdens het stapelen van de elementen. Hierbij is het gewicht (Zeer zwaar, 2) gewogen bij dit MCA. Het element dient door een persoon hanteerbaar te zijn, en zoals vermeld in het bouwbesluit mag het maximaal 23kg wegen (Ministerie Sociale Zaken en Werkgelegenheid, sd). Een lager gewicht van een lego element zal gunstiger zijn voor de totaal op te vangen belasting. Er is daarom gekozen om gewicht een weging van 2 zwaar te geven.

3.2.1 Conclusie

Er is uiteindelijk gekozen voor het toepassen van EPSHR 60 SE, dit omdat deze isolatie net zo hoog scoorde als de EPS 150 SE, maar een uiteindelijk omdat EPSHR 60 SE een lagere lambda waarde en soortelijk gewicht heeft. Waardoor deze dus minder zwaar en dik gedimensioneerd kan worden.

4 Constructie berekening

4.1 Permanent en variabele belastingen

In de onderstaande tabellen zijn de berekeningen van het eigengewicht vloer, wand inclusief de variabele belastingen weergegeven. Hierbij is uitgegaan van houten finjoist liggers als dragend constructie voor vloeren en met de afwerklagen als gips en multiplex platen.

hoogte wand									
H	=	3	m						
Eigen gewicht vloer per m2									
		kg/m1	kg/m3	dikte	hoogte	h.o.h.	kN/m2	kN/m1	
laag 1	gips	-	1500	0,08	-	-	1,20		
laag 2	isolatie	-	32	0,13	-	-	0,042		
laag 3	multiplex	-	600	0,012	-	-	0,072		
laag 4	Finjoist ligger	4,7	-	-	-	0,3	0,157		
							1,47		per verdieping
verdiepingen		1					2,94		totaal

Tabel 4.1 eigen gewicht vloer/m²

Eigengewicht cellenbeton blokken.

Eigen gewicht wand									
cellenbeton			600	0,1	3	0,3	0,54	kN	

Tabel 4.2 eigen gewicht cellenbeton

Variabele belastingen meegenomen in de berekeningen.

Variabele belasting							
qq;k;dak	=	1	kN/m2	dak	mensen op het dak		
qq;k;verd	=	1,75	kN/m2	vloer	mensen op de verdieping		
qq	=	2,75	kN/m2	totaal			

Tabel 4.3 variabele belasting

Berekening ligger op twee steunpunten.

Ligger op 2 steunpunten			
Puntlast per		300	mm
Overspanning		5,2	m
Feg	=	2,71	kN
Fq	=	2,15	kN

Tabel 4.4 berekening ligger op twee steunpunten

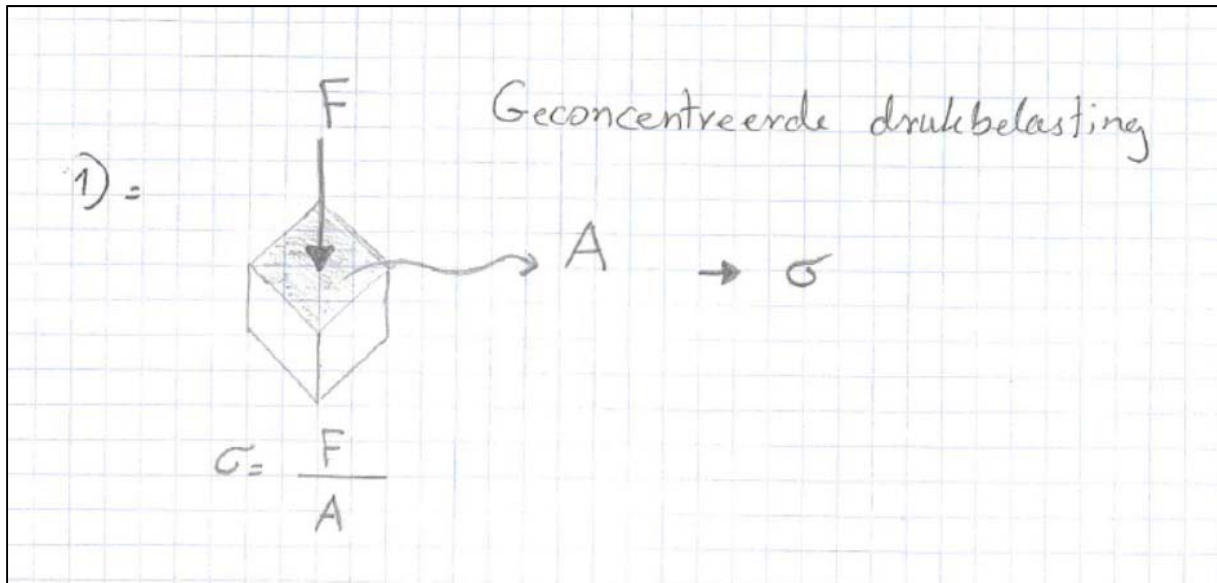
Rekenwaarde van de belastingen in de UGT.

Rekenwaarde van de belastingen in de UGT									
CC1	(voor gezinswoningen minder dan 4 bouwlagen, anders CC2. Dan wordt 1,1 -> 1,2 en 1,35->1,5)								
STR/GEO 6.10b									
		factoren							
Feg	x	1,1	=	2,99	kN				
Fq	x	1,35	=	2,90	kN				
Fd				5,88	kN				

Tabel 4.5 rekenwaarde belastingen

4.2 Geconcentreerde drukbelasting

Hierbij is er de geconcentreerde belasting op de cellenbeton blok gerekend. Onderaan wordt er een schematisatie van de berekening weergegeven.



Figuur 4-1 schematisatie geconcentreerde drukbelasting

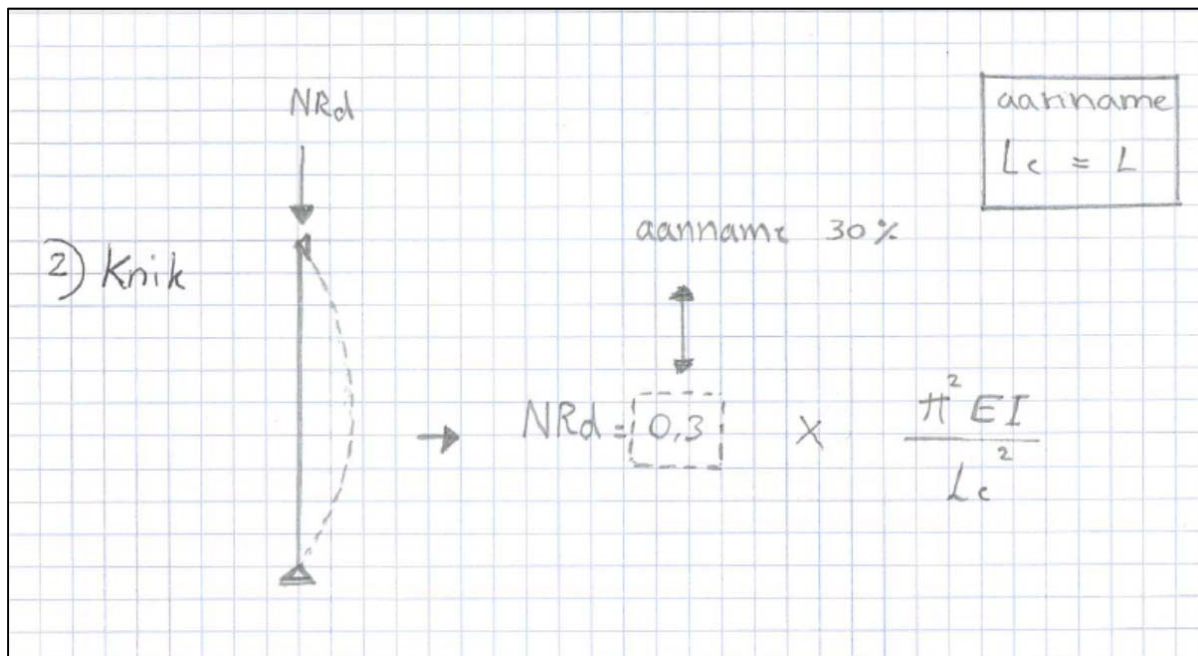
De toetsing volgens de NEN-EN 1996 1-1 van de geconcentreerde drukbelasting op het cellenbeton. Volgens deze berekening blijkt dat het cellenbeton de druk aan kan.

Toetsingen NEN-EN 1996-1-1								
1) geconcentreerde drukbelasting								
wanddikte	=	100	mm					
breedte	=	89	mm					
γ_m	=	1,5						
A	=	8900	mm ²					
$\sigma_{c;d}$	=	0,66	N/mm ²					
$f_{c;d}$	=	4	N/mm ²					
UC	=	0,17	[-]	OK				
Φ_i	=	0,5	[-]	reductiefactor voor slankheid en excentriciteit				
e_i	=	0,025	m	aanname excentriciteit aangrijpen vloerbelasting				
t	=	0,1	m	dikte van de wand				
NRd	=	17,8	kN					
UC	=	0,33	OK					

Tabel 4.6 geconcentreerde drukbelasting

4.3 Knik berekening op de wand.

Hierbij een schematisatie van de knik berekening op de wand met de bijbehorende formule. Er is als aanname gedaan dat de L_c gelijk is aan de lengte van de wand.



Figuur 4-2 schematisatie knik berekening

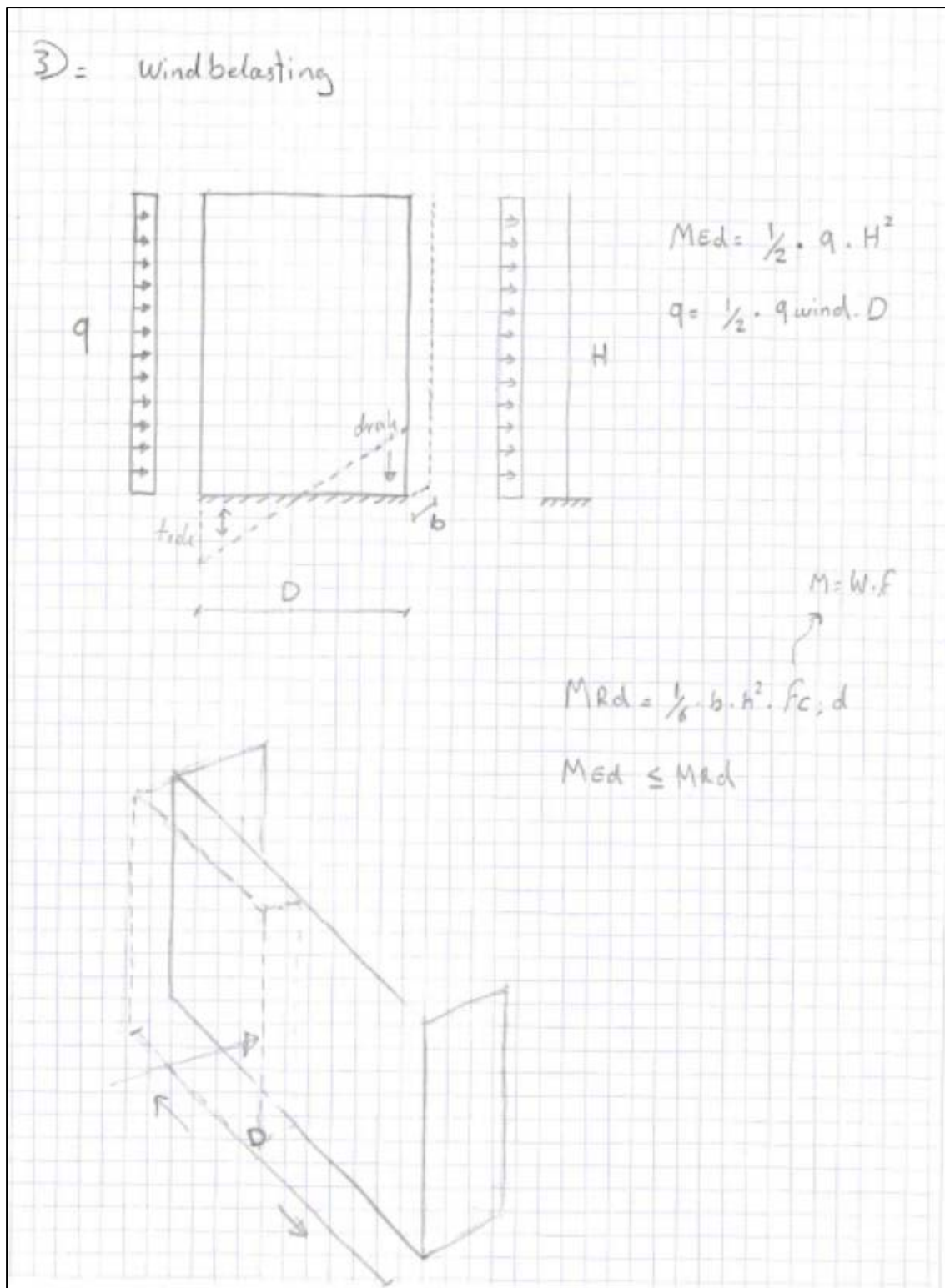
In de onderstaande tabel is de berekening uitgevoerd door constructeur Jordan Dorlijn. Volgens de constructeur voldoet de wand tegen de knik. De berekeningen zijn uitgevoerd in Excel bestand.

2) knik	FE=PI() ² x EI / lc ²					
vloer fungeert als schijf waardoor er uitgegaan wordt van een kolom met 2 steunpunten						
E	=	1819	N/mm2	Elasticiteitsmodulus		
I	=	25000000	mm4	Traagheidsmoment		
lcr	=	3000	mm	(kniklengte)		
reduct.	=	0,3	[-]			
FE	=	14961	N/300 mm			
UC	=	0,39	[-]	OK		

Tabel 4.7 Knik berekening

4.4 Windbelasting berekening

In de onderstaande figuur is een schematisatie van de windbelasting weergegeven. Hierbij zijn ook de bijbehorende formules meegenomen.



Figuur 4-3 schematisatie windbelasting

4.5 Drukbelasting cellenbeton twee bouwlagen

Aan de hand van de onderstaande formules worden de hiernavolgende berekeningen gemaakt.

Diagram of a building structure showing three floors and a roof. The loads are indicated by arrows pointing down on each level. The roof load is G_3 and $Q_3 \cdot \Psi$. The first floor load is G_2 and $Q_2 \cdot \Psi$. The second floor load is G_1 and $Q_1 \cdot \Psi$. The total load is G and Q .

$$\left(1,1 \cdot G_{bg} \left(\frac{1}{m^2} \right) \right) + \left(1,35 \cdot Q_{bg} \cdot \Psi \left(\frac{1}{m^2} \right) \right) = \frac{1}{m^2}$$

$$\left(1,1 \cdot G_{1e} \left(\frac{1}{m^2} \right) \right) + \left(1,35 \cdot Q_{1e} \cdot \Psi \left(\frac{1}{m^2} \right) \right) = \frac{1}{m^2}$$

$$\left(1,1 \cdot G_{dak} \left(\frac{1}{m^2} \right) \right) + \left(1,35 \cdot Q_{dak} \cdot \Psi \left(\frac{1}{m^2} \right) \right) = \frac{1}{m^2}$$

91

~~91~~ $\cdot \frac{1}{2}$

$$91 \cdot \frac{1}{2} \cdot L + (G_{w1} + G_{w2} \cdot 1,1) = q_d$$

~~91~~ $G = q_d / d$

Hierbij het eigengewicht van het dak en de vloeren.

Eigen gewicht dak per m2									
		kg/m1	kg/m3	dikte	hoogte	h.o.h.	kN/m2	kN/m1	
laag 1	gips	-	1500	0,008	-	-	0,12		
laag 2	isolatie	-	32	0,13	-	-	0,042		
laag 3	multiplex	-	600	0,012	-	-	0,072		
laag 4	Finjoist ligger	4,7	-	-	-	0,3	0,157		
							0,39	per verdieping	
verdiepingen		1					0,78	totaal	

Eigen gewicht verdiepingsvloer per m2									
		kg/m1	kg/m3	dikte	hoogte	h.o.h.	kN/m2	kN/m1	
laag 1	gips	-	1500	0,008	-	-	0,12		
laag 3	multiplex	-	600	0,012	-	-	0,072		
laag 4	Finjoist ligger	4,7	-	-	-	0,3	0,157		
							0,35	per verdieping	
verdiepingen		1					0,70	totaal	

Eigen gewicht beganegrondvloer per m2									
		kg/m1	kg/m3	dikte	hoogte	h.o.h.	kN/m2	kN/m1	
laag 1	isolatie	-	32	0,13	-	-	0,042		
laag 2	multiplex	-	600	0,012	-	-	0,072		
laag 4	Finjoist ligger	4,7	-	-	-	0,3	0,157		
							0,27	per verdieping	
verdiepingen		1					0,54	totaal	

Gewicht wanden per meter.

Eigen gewicht wand 1						
cellenbeton		600	0,1	3	kN	
					1,8	

Eigen gewicht wand 2						
cellenbeton		600	0,1	3	kN	
					1,8	

Hierbij de variabele belastingen.

Dak		1,1	Gdak	1,35	Qdak	ψ
		1,1	0,78	1,35	1	0
						0,86
verdieping 1		1,1	verdieping	1,35	Qverdieping	ψ
		1,1	0,70	1,35	1,75	0,4
						1,71
Begangrond		1,1	Gbg	1,35	Qbg	ψ
		1,1	0,54	1,35	1,75	1
						2,96

Totaalwaarde q1:

q1 totaal	5,53
-----------	------

Hiermee wordt de q1 berekend. De helft van het totaalgewicht wat op de steen komt.

q1	0,5	Lengte
5,53	0,5	5,2
	$q1 \cdot 1/2 \cdot L$	14,37

Totaalgewicht qd:

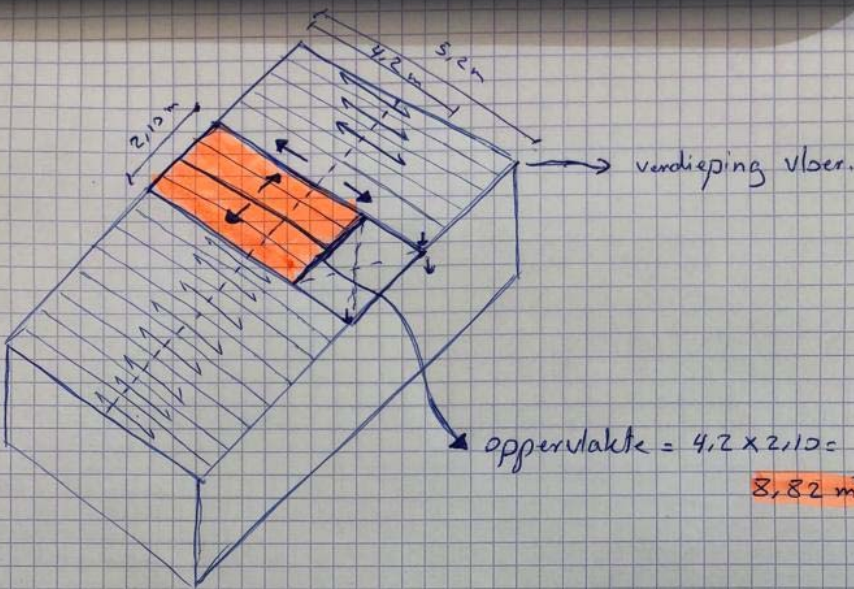
qd	17,97
----	-------

Berekening lijnlast N/mm²

σ	dikte mm	q1 kNm	
	100	17,97	
$\sigma = qd/d$		0,18	OK

4.5.1 Drukbelasting door Finnjoist balken op het cellenbeton.

Ik heb nog een berekening gemaakt bij de trapgat opening. Omdat hier een opening komt voor een trap worden de cellenbeton blokken hier anders belast. Aan de hand van deze berekening kwam ik erachter dat ook deze belasting kan opgedragen worden door cellenbeton.



verdieping vloer.

oppervlakte = $4,2 \times 2,10 = 8,82 \text{ m}^2$

Gewicht (m^2) vloer = $0,70 \text{ kN/m}^2$

Totaal gewicht = $8,82 \times 0,70 = 6,174 \text{ kN}$

De helft van totaal = $6,174 / 2 = 3,087 \text{ kN}$

De helft van de helft = $3,087 / 2 = 1,544 \text{ kN}$

oppervlakte oplegging Finnjoist balk op cellenbeton = $89 \times 100 = 8900 \text{ mm}^2$

$G_{c,d} = 1,544 \times 1000 / 8900 = 0,17$

$\frac{\sigma_{c,d}}{f_{c,d}} \rightarrow \frac{0,17}{4} = 0,04 \text{ mm N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

Conclusie

Uit deze berekening kan er geconcludeerd worden dat de cellenbeton blokken voldoen aan het totaalgewicht die uitoefent op de onderste laag van de wand en door de puntlasten die worden gecreëerd door finnjoist liggers bij de trapgat opening. Hiermee is het dan duidelijk dat er verder kan worden ontworpen met cellenbeton als draagconstructie.

De windbelasting berekening op de cellenbeton wand. Deze berekening geeft aan dat de wand voldoet aan de windbelasting. Volgens de constructeur blijft de wand stabiel bij een winddruk van 0,50 kN/m².

3) windberekening									
b	100						M=W*σ		
penanten		mm		n (aantal)			1/6 bh ²	weerstandsmoment	
h1		1000	x	4	=	4000	66666667	Nmm	
h2		1	x	0	=	0	0	Nmm	
h3		1	x	0	=	0	0	Nmm	
h4		1	x	0	=	0	0	Nmm	
h5		1	x	0	=	0	0	Nmm	
h6		1	x	0	=	0	0	Nmm	
MRd	=	178	kNm						
qwind		0,5	kN/m ²						
H		6	mm						
D		9,8	mm						
factor	=	1,35	[-]						
Med	=	44,1	kNm						
UC	=	0,25	[-]	OK					

Tabel 4.8 windbelasting berekening

5 Warmteweerstand en dampspanning berekening

Om te testen dat het ontwerp van het legoblok voldoet aan de thermische isolatie eisen van het PVE wordt dit berekend middels een R_c berekening en een dampspanning berekening. Dit wordt in de onderstaande paragrafen verder toegelicht.

5.1 Warmteweerstand

5.1.1 Warmteweerstand R_m

Om de warmteweerstand R_m wordt per laag berekend dit wordt bepaald middels de in Figuur 5-1 getoonde formule.

$$R_m = d/\lambda \quad [m^2K/w]$$

Dikte = Dikte laag [m]
 λ = Lambda waarde, warmtegeleidingscoëfficiënt materiaal laag [W/mK]

Figuur 5-1 Formule warmteweerstand R_m

5.1.2 Warmteweerstand R_c

De warmteweerstand R_c bestaat uit alle lagen van de constructie dit wordt bepaald middels de in Figuur 5-2 getoonde formule.

$$R_c = R_{m1} + R_{m2} + R_{m3} + \dots \quad [m^2K/w]$$

Figuur 5-2 Formule warmteweerstand R_c

5.1.3 Warmteweerstand R_{tot}

Voor het bepalen van de totale warmteweerstand R_{tot} van de constructie wordt bepaald middels de in Figuur 5-3 getoonde formule. Voor het bepalen van de overgangsweerstanden R_{si} en R_{se} zijn de volgende waarden genomen: $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2K/w$ en $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2K/w$.

$$R_{tot} = R_{se} + R_c + R_{si} \quad [m^2K/w]$$

Figuur 5-3 Formule warmteweerstand R_{tot}

5.1.4 Warmteverloop constructie

Om het temperatuurverschil per constructie laag te kunnen berekenen wordt de in Figuur 5-4 weergegeven formule gebruikt. Voor de waarde $T_{verschil}$ wordt het temperatuur verschil tussen de binnen en buiten temperatuur aangehouden.

$$T_{verschil} = T_{interieur} - T_{exterieur} \quad [^{\circ}C]$$

$$T_m = R_m / R_{tot} \times T_{verschil} \quad [m^2K/w]$$

Figuur 5-4 temperatuurverschil

Het warmteverloop wordt schematische weergegeven in Figuur 5-5 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**doormiddel van de getoonde formule. Dit wordt per constructie onderdeel wordt het warmteverschil berekend, hierdoor ontstaat het warmteverloop.

$$T_m = \text{Tempratuur binnen } T_{m1} - T_{m2} - \dots \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Figuur 5-5 warmteverloop T_m

5.2 Berekening warmteweerstand en dampspanning

De warmteweerstand is berekend van de wand, dak en vloer, er zijn verschillende materialen voor isolatie toegepast. Hierdoor moet het duidelijk worden welke samenstelling van materialen voldoen aan het PvE.

5.2.1 Wand element

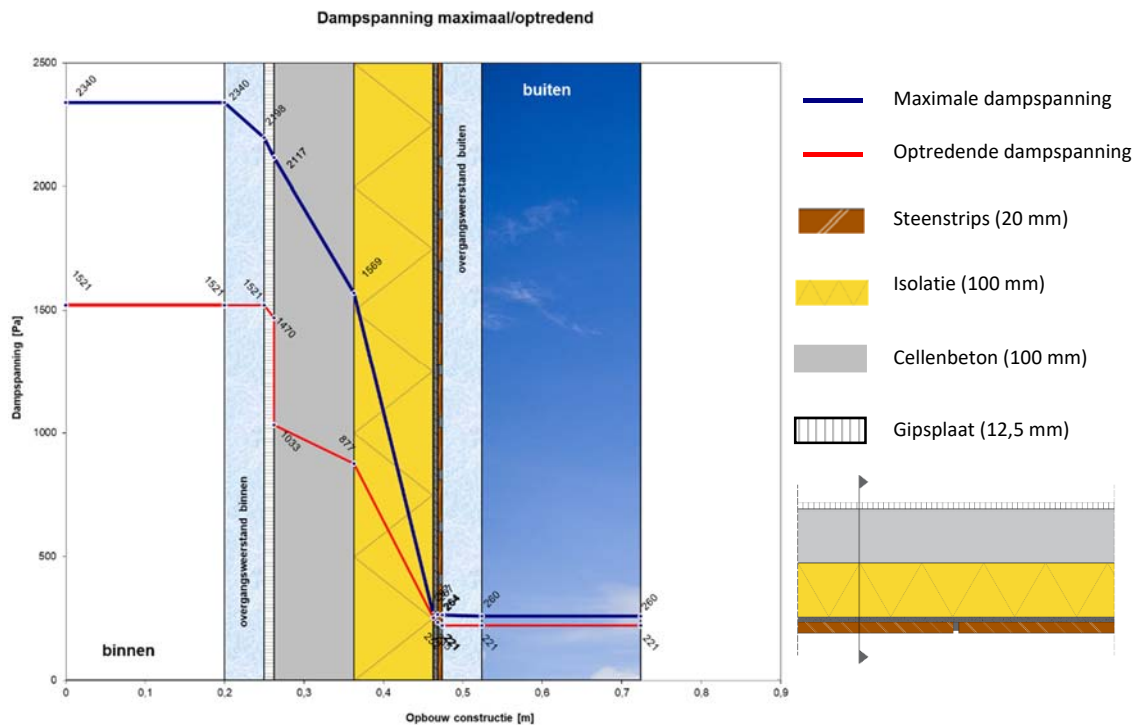
In dit ontwerp is de isolatie toegepast aan de buitenzijde van de constructie. De wandopbouw dient een minimale R_c waarde behalen van $4,5 \text{ m}^2\text{K/w}$, de rekenwaarden van de isolatie materialen zijn in onderstaande tabel 3.1 opgenomen.

Materiaal	Merk	Dikte [mm]	λ [W/mK]	μ -waarde [-]
EPS	Isobouw Polystuc buitengevelisolatie	100	0,032	20
		120		
		140		
		160		
		180		
		200		
XPS	Jackodur® Plus 300 standaard	100	0,027	140
		120		
		140		
		160		
		180		
		200		
PIR/ PUR		100	0,022	70
		120		
		140		
		160		

Tabel 5.1 Isolatiematerialen

5.2.2 EPS-isolatie

In de onderstaande tabel wordt de warmteweerstand en de optredende dampspanning berekend. Bij dit ontwerp is er gerekend met EPS-isolatie (100mm dik). In de onderstaande tabel is de opbouw van de constructie in lagen berekend ook wordt er getoetst of het ontwerp aan de gestelde eis voldoet.



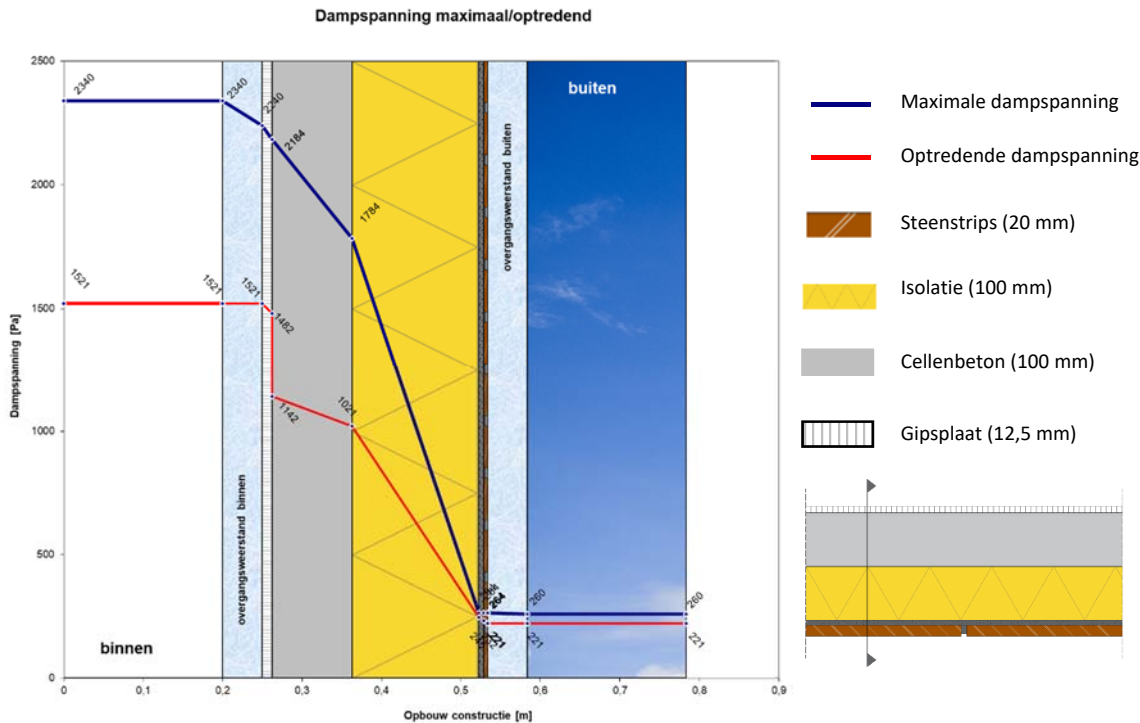
Tabel 5.2 Maximale dampspanning en optredende dampspanning (EPS-isolatie)

In Tabel 5.2 wordt de maximale dampspanning en de optredende dampspanning weergegeven. De bovenstaande Tabel 5.2 is gebruikt te bepalen of er condensatie plaats zal vinden in de constructie. Zolang de maximale dampspanning en de optredende dampspanningslijn niet met elkaar kruisen, zal er geen condensatie plaats vinden. In de onderstaande Tabel 5.3 is berekend of de R_c waarde voldoet aan het bouwbesluit en het PvE. In de tabel is te zien dat 100mm dik EPS isolatie niet voldoet aan de het bouwbesluit en de gestelde eis vanuit het PvE.

Nr.	Materiaal	D [m]	λ [W/mK]	μ [-]	R_m [m ² K/w]	T_m [°C]	P_{max} [Pa]	P_m [Pa]
	Temperatuur binnen					20,00	2340	1521
	Overgangswaerstand binnen				0,130	19,03	2198	1521
1	Gipsplaat	0,013	0,160	13,000	0,078	18,44	2117	1470
2	Dampremmende folie	0,000	0,000	140000	0,000	18,44	2117	1033
3	Cellenbeton	0,100	0,160	5,000	0,625	13,77	1569	877
4	EPS Isolatie	0,100	0,032	20,000	3,125	-9,61	267	252
5	Mortellijm	0,006	0,900	9,000	0,007	-9,66	267	235
6	Steenstrips	0,005	0,900	9,000	0,006	-9,70	264	221
	Overgangswaerstand buiten				0,040	-10,00	260	221
	Temperatuur buiten					-10,00		
R_{tot}		4,010						
R_c		3,840	voldoet niet aan eis 4,500 m ² K/w van bouwbesluit					

Tabel 5.3 Berekening warmteverloop en dampspanning

Doormiddel van het veranderen van de dikte van de EPS isolatie van 100mm naar 160mm, wordt de Rc waarde van het element verhoogd. In de onderstaande tabel 4.4 en 4.5 is te zien dat de wandopbouw voldoet aan de gestelde eis van 5,71 m²K/w van het PvE. In tabel 4.4 is te zien dat de dampspanning lijnen niet met elkaar kruisen, er zal dus geen inwendige condensatie plaats vinden in de constructie.



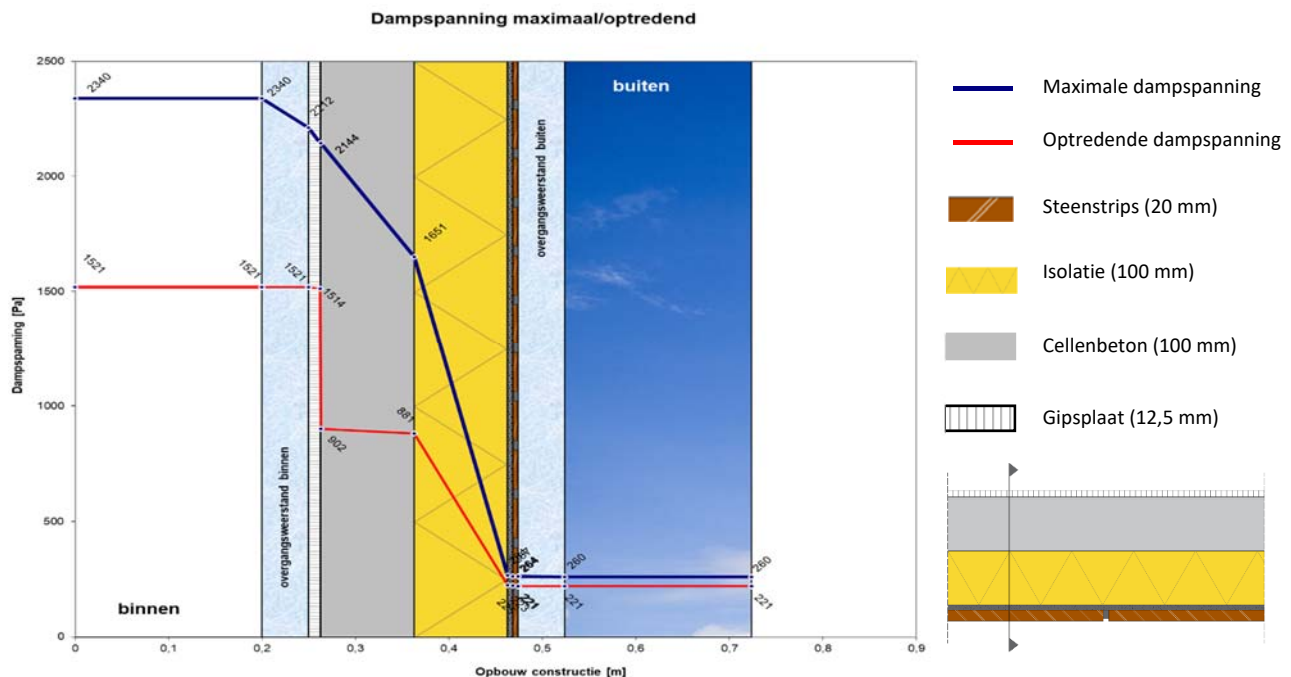
Tabel 5.4 Maximale dampspanning en optredende dampspanning (EPS-isolatie 160mm dik)

Nr.	Materiaal	D [m]	λ [W/mK]	μ [-]	R_m [m ² K/w]	T_m [°C]	P_{max} [Pa]	P_m [Pa]
	Temperatuur binnen					20,00	2340	1521
	Overgangswaerstand binnen				0,130	19,34	2240	1521
1	Gipsplaat	0,013	0,160	13,000	0,078	18,94	2184	1482
2	Dampremmende folie	0,000	0,000	140000	0,000	18,94	2184	1142
3	Cellenbeton	0,100	0,160	5,000	0,625	15,75	1784	1021
4	EPS Isolatie	0,160	0,032	20,000	5,000	-9,73	264	245
5	Mortellijm	0,006	0,900	9,000	0,007	-9,77	264	232
6	Steenstrips	0,005	0,900	9,000	0,006	-9,80	264	221
	Overgangswaerstand buiten				0,040	-10,00	260	221
	Temperatuur buiten					-10,00		
R_{tot}		5,885						
R_c		5,715	voldoet wel aan eis					
						4,500	m ² K/w van bouwbesluit	

Tabel 5.5 Berekening warmteverloop en dampspanning

5.2.3 XPS-isolatie

In de onderstaande tabel wordt de warmteweerstand en de optredende dampspanning berekend. Bij dit ontwerp is er gerekend met XPS-isolatie (100mm dik). In de onderstaande tabel is de opbouw van de constructie in lagen berekend ook wordt er getoetst of het ontwerp aan de gestelde eis voldoet.



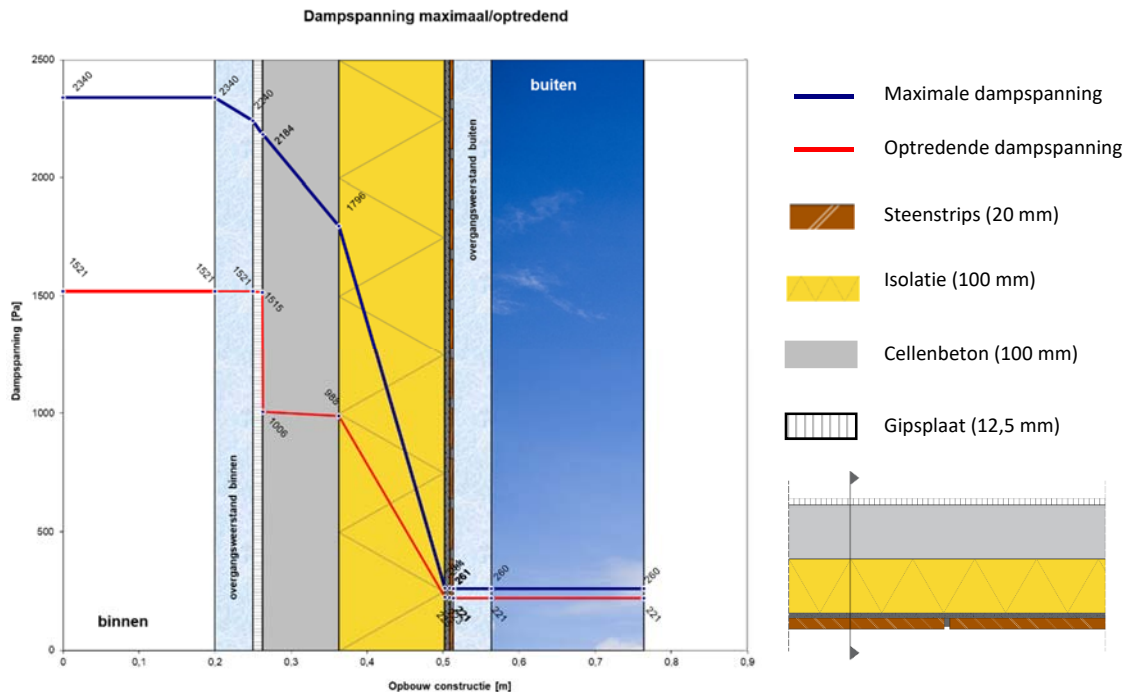
Tabel 5.6 Maximale dampspanning en optredende dampspanning (XPS isolatie)

In tabel 2.11 wordt de maximale dampspanning en de optredende dampspanning weergegeven. De bovenstaande tabel 2.11 is gebruikt te bepalen of er condensatie plaats zal vinden in de constructie. Zolang de maximale dampspanning en de optredende dampspanningslijn niet met elkaar kruisen, zal er geen condensatie plaats vinden. In de onderstaande tabel 2.12 is er berekend of de R_c waarde voldoet aan het PvE. In de tabel is te zien dat 100mm dik XPS isolatie niet voldoet aan de het bouwbesluit.

Nr.	Materiaal	D [m]	λ [W/mK]	μ [-]	R_m [m ² K/w]	T_m [°C]	P_{max} [Pa]	P_m [Pa]
	Temperatuur binnen					20,00	2340	1521
	Overgangswaarde binnen				0,130	19,15	2212	1521
1	Gipsplaat	0,013	0,160	13,000	0,078	18,64	2144	1514
2	Dampremmende folie	0,000	0,000	140000	0,000	18,64	2144	902
3	Cellenbeton	0,100	0,160	5,000	0,625	14,55	1651	881
4	XPS Isolatie	0,100	0,027	150,000	3,704	-9,66	267	225
5	Mortellijm	0,006	0,900	9,000	0,007	-9,70	264	223
6	Steenstrips	0,005	0,900	9,000	0,006	-9,74	264	221
	Overgangswaarde buiten				0,040	-10,00	260	221
	Temperatuur buiten					-10,00		
R_{tot}		4,589	inclusief overgangswaarde					
R_c		4,419	voldoet niet aan eis 4,500 m ² K/w van bouwbesluit					

Tabel 5.7 Berekening warmteverloop en dampspanning

Doormiddel van het veranderen van de dikte van de isolatie (140mm dik), voldoet de R_c waarde wel. In de onderstaande tabel 2.14 is te zien dat de nieuwe R_c waarde van het legoblok 5,90 $\text{m}^2\text{K/w}$ is. De wandopbouw voldoet nu aan de gestelde eis van 5,50 $\text{m}^2\text{K/w}$ van het PvE. In tabel 2.13 is te zien dat de dampspanning lijnen niet met elkaar kruisen, er zal dus geen inwendige condensatie plaats vinden in de constructie.



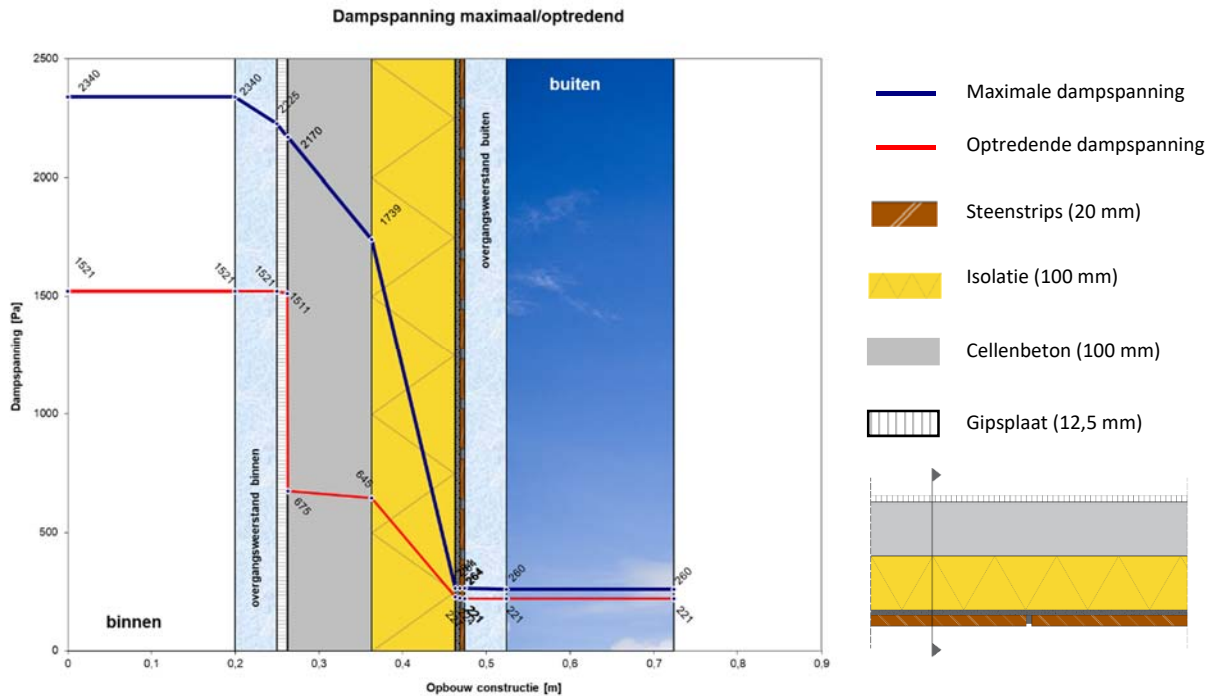
Tabel 5.8 Maximale dampspanning en optredende dampspanning (XPS isolatie)

Nr.	Materiaal	D [m]	λ [W/mK]	μ [-]	R_m [$\text{m}^2\text{K/w}$]	T_m [°C]	$P_{\max}$ [Pa]	P_m [Pa]
	Temperatuur binnen					20,00	2340	1521
	Overgangswaerstand binnen				0,130	19,36	2240	1521
1	Gipsplaat	0,013	0,160	13,000	0,078	18,97	2184	1515
2	Dampremmende folie	0,000	0,000	140000	0,000	18,97	2184	1006
3	Cellenbeton	0,100	0,160	5,000	0,625	15,88	1796	988
4	XPS Isolatie	0,140	0,027	150,000	5,185	-9,74	264	225
5	Mortellijm	0,006	0,900	9,000	0,007	-9,77	264	223
6	Steenstrips	0,005	0,900	9,000	0,006	-9,80	261	221
	Overgangswaerstand buiten				0,040	-10,00	260	221
	Temperatuur buiten					-10,00		
R_{tot}		6,071	inclusief overgangswaerstand					
R_c		5,901	voldoet wel aan eis 4,500 $\text{m}^2\text{K/w}$ van bouwbesluit					

Tabel 5.9 Berekening warmteverloop en dampspanning

5.2.4 PIR-isolatie

In de onderstaande tabel wordt de warmteweerstand en de optredende dampspanning berekend. Bij dit ontwerp is er gerekend met PIR-isolatie (100mm dik). In de onderstaande tabel is de opbouw van de constructie in lagen berekend ook wordt er getoetst of het ontwerp aan de gestelde eis voldoet.



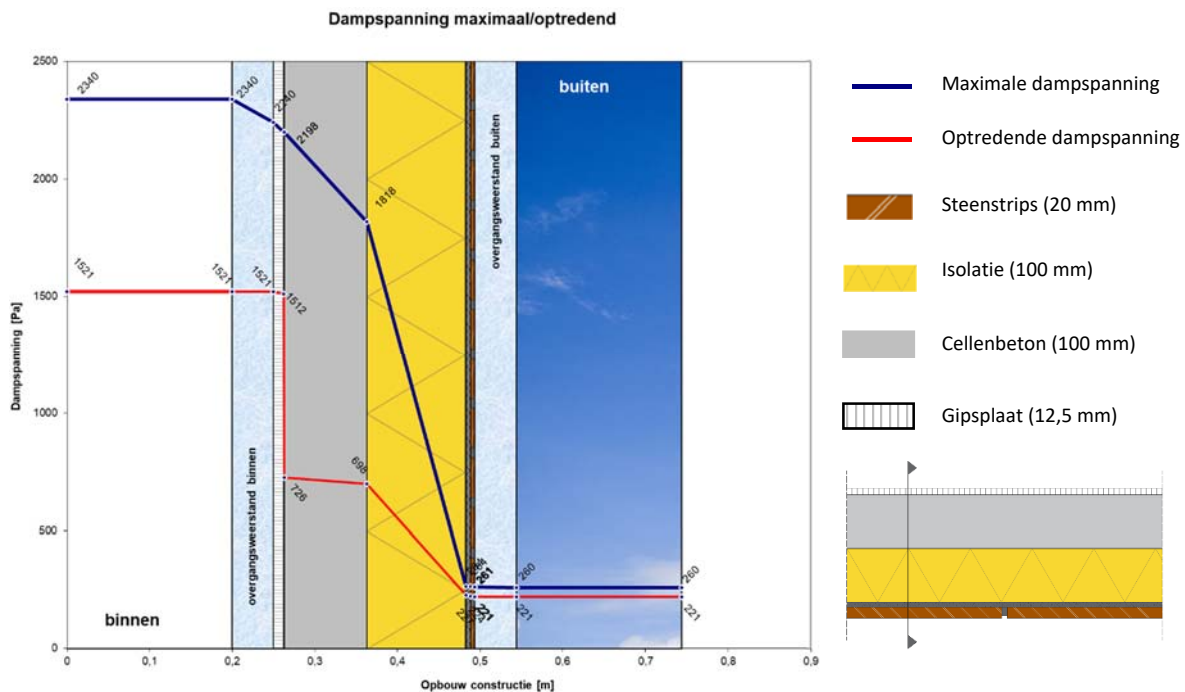
Tabel 5.10 Maximale dampspanning en optredende dampspanning (PIR isolatie)

In tabel 2.15 wordt de maximale dampspanning en de optredende dampspanning weergegeven. De bovenstaande tabel 2.15 is gebruikt te bepalen of er condensatie plaats zal vinden in de constructie. Zolang de maximale dampspanning en de optredende dampspanningslijn niet met elkaar kruisen, zal er geen condensatie plaats vinden. In de onderstaande tabel 2.16 is er berekend of de R_c waarde voldoet aan het PvE. In de tabel is te zien dat 100mm dik PIR isolatie wel voldoet aan de het bouwbesluit, maar niet aan de gestelde eis van het PvE.

Nr.	Materiaal	D [m]	λ [W/mK]	μ [-]	R_m [m²K/w]	T_m [°C]	P_{max} [Pa]	P_m [Pa]
	Temperatuur binnen					20,00	2340	1521
	Overgangsweerstand binnen				0,130	19,28	2225	1521
1	Gipsplaat	0,013	0,160	13,000	0,078	18,85	2170	1511
2	Dampremmende folie	0,000	0,000	140000	0,000	18,85	2170	675
3	Cellenbeton	0,100	0,160	5,000	0,625	15,40	1739	645
4	PIR Isolatie	0,100	0,022	70,000	4,545	-9,71	264	227
5	Mortellijm	0,006	0,900	9,000	0,007	-9,75	264	224
6	Steenstrips	0,005	0,900	9,000	0,006	-9,78	264	221
	Overgangsweerstand buiten				0,040	-10,00	260	221
	Temperatuur buiten					-10,00		
R_{tot}		5,431	inclusief overgangsweerstand					
R_c		5,261	voldoet wel aan eis			4,500	m²K/w van bouwbesluit	

Tabel 5.11 Berekening warmteverloop en dampspanning

Doormiddel van het veranderen van de dikte van de isolatie (120mm dik), voldoet de R_c waarde wel. Dit is in de onderstaande tabel 2.16 te zien, de nieuwe R_c waarde van het legoblok is $6,17 \text{ m}^2\text{K/w}$. De wandopbouw voldoet aan de gestelde eis van $5,50 \text{ m}^2\text{K/w}$ van het PvE. In tabel 2.17 is te zien dat de dampspanning lijnen niet met elkaar kruisen, er zal dus geen inwendige condensatie plaats vinden in de constructie.



Tabel 5.12 Maximale dampspanning en optredende dampspanning (PIR isolatie)

Nr.	Materiaal	D [m]	λ [W/mK]	μ [-]	R_m [m ² K/w]	T_m [°C]	P_{max} [Pa]	P_m [Pa]
	Temperatuur binnen					20,00	2340	1521
	Overgangswaerstand binnen				0,130	19,38	2240	1521
1	Gipsplaat	0,013	0,160	13,000	0,078	19,02	2198	1512
2	Dampremmende folie	0,000	0,000	140000	0,000	19,02	2198	726
3	Cellenbeton	0,100	0,160	5,000	0,625	16,06	1818	698
4	PIR Isolatie	0,120	0,022	70,000	5,455	-9,75	264	227
5	Mortellijm	0,006	0,900	9,000	0,007	-9,78	264	224
6	Steenstrips	0,005	0,900	9,000	0,006	-9,81	261	221
	Overgangswaerstand buiten				0,040	-10,00	260	221
	Temperatuur buiten					-10,00		
R_{tot}		6,340	inclusief overgangswaerstand					
R_c		6,170	voldoet wel aan eis				4,500	m ² K/w van bouwbesluit

Tabel 5.13 Berekening warmteverloop en dampspanning

6 Testen

6.1 Test 1



Op maandag 25 maart 2019 zijn de nodige materieel en materialen voor de test wand opgehaald door Jawid hassani en Rowen Landman en vervolgens afgeleverd bij de praktijk lab van de Hogeschool Utrecht. Op het lab van de hogeschool School is er een bouwplaats ruimte vrijgemaakt met behulp van Rogier Laterveer zodat daar de materieel en materialen kunnen worden opgeslagen.

6.2 Test fase 1

In de onderstaande tabellen worden de uitvoeringsfases verder toegelicht.

Maatvoering	Beschrijving
	Zoals op de foto is te zien wordt hier de maatvoering uitgezet op de underlayment plaat. Met behulp van een rolmaat winkelhaak worden de maten uitgezet.
	Zoals op de foto is te zien wordt hier de maten uitgezet op de houten balk die als fundering fungeert. Deze maten worden ook doormiddel van een rolmaat en een winkelhaak uitgezet.
	Op deze foto wordt de maatvoering uitgezet op de isolatieplaat. De maatvoering wordt uitgezet doormiddel van rolmaat, winkelhaak en een waterpas die fungeert als een liniaal.

Zagen	Beschrijving
	Hierbij wordt de houten balk gezaagd doormiddel van een houtzaag.
	Zoals op de foto is te zien, wordt de cellenbeton blok op maat gezaagd. Deze worden voor de hoekelementen gebruikt. Het zagen gebeurt doormiddel van een speciaal cellenbeton zaag.
	Zoals op deze foto is te zien wordt de isolatieplaat op maat gezaagd. Dit wordt gedaan doormiddel van een decoupeerzaag en om het stofvrij te houden wordt er stofzuiger gebruikt.

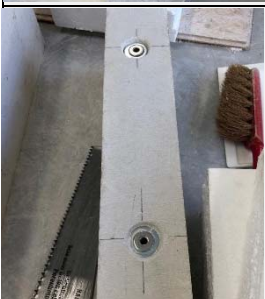
Boren	Beschrijving
	Hierbij worden gaten geboord in het cellenbeton. Deze wordt doormiddel van een betonboor uitgevoerd die aan de hand van een boor standaard recht blijft boren.
	Zoals op deze foto is te zien wordt er gaten geboord in de houten balk. Dit wordt door een houten boormachine uitgevoerd. Hierbij wordt geen gebruik gemaakt van boor standaard, omdat dit niet paste in de hout boormachine.

Koppestukken/ draadeind	Beschrijving
	De koppelstukken worden bevestigd in de houten balk. Dit wordt bevestigd doormiddel van bouten die vanuit de onderkant balk worden vastgedraaid aan de koppelstukken.
	Hierbij wordt eerst een koppelstuk vastgedraaid aan de funderingsbalk en vervolgens wordt er een draadeind vastgedraaid in het koppelstuk om te testen of het op deze manier de koppelstuk en de draadeind goed met elkaar verbonden zijn.
	Nadat alle koppelstukken in het houten funderingsbalk zijn vastgedraaid, worden het draadeinde in alle koppelstukken gemonteerd.

Test wand 1	Beschrijving
	Hierbij worden de eerste laag stenen geplaatst op de funderingsbalk. De hoekelementen zijn nog in deze fase niet aan elkaar bevestigd om het eerst te testen of de draadeind goed in de stenen schuiven.
	Zoals op de foto is te zien is de tweede laag aangebracht en omdat de hoekelementen nog niet aan elkaar gelijmd zijn kreeg de verbindingen van de stenen kleinere naden.
	De eerste test is nu afgerond, de stenen werden zonder problemen boven elkaar gestapeld. Op de bovenkant van de stenen zijn er koppelstukken te zien, deze worden vastgedraaid aan het draadeind om deze eerste vijf laag stenen aan elkaar te bevestigen zodat er een stabiel wand ontstaat.

Hiermee is de eerste fase van de test afgerond. De maatvoering is gereed, alle stenen en isolatie platen zijn op maat gezaagd. De volgende fase van de test is om de hoek elementen aan elkaar te lijmen en vervolgens de isolatie platen op de stenen te lijmen en deze een dag te laten opdrogen. De volgende stappen worden doormiddel van zelfde tabellen beschreven.

In deze testfase is er gebruik gemaakt van draadeind Ø8mm, koppelstukken Ø8mm, bouten Ø8mm, carrossereringen Ø8 en Ø12mm.

Lijmen hokelementen	Beschrijving
	Voordat deze hokelementen aan elkaar worden gelijmd dienen deze goed schoon te zijn. Voordat er lijm wordt aangebracht moeten deze stofvrij zijn.
	Hier wordt pur aangebracht aan de cellenbeton steen. Voordat pur wordt aangebracht dient de ondergrond waar pur wordt aangebracht vochtig te worden gemaakt.
	Deze hokelementen zijn doormiddel van pur aan elkaar vastgelijmd en dien een dag te laten drogen zodat het goed hecht en zijn sterkte haalt.
	Aan de bovenkant van de bovenste laag steen worden er sparingen gemaakt voor de carrosseriering. Dit in verband met het aandraaien van koppelstukken aan het draadeind. Een carrosseriering wordt toegepast zodat de koppelstukken niet in de steen door draaien.

Stapelen elementen	Beschrijving
	Hierbij worden de legoblokken als een element op elkaar gestapeld. Tijdens de stapelen van deze blokken dienen de draadeinde goed gepositioneerd te worden zodat deze precies door de geboorde gate in de stenen ingeschoven kunnen worden. Op deze manier worden alle legblokken op elkaar in een half steenverband gestapeld. De elementen worden doormiddel van koppelstukken die aan de bovenkant van het draadeind wordt aangedraaid aan elkaar vastgedraaid.
	Hierbij is ervoor gekozen om de steen strips later aan te brengen. Deze steen strips dienen in deze test alleen voor het esthetische beeld van de wand om een gevoel te krijgen hoe het eruit moet gaan zien.

6.3 Test fase 2

RibbStyle coating

Martijn Meeuwse de managing directeur van RibbStyle is op verzoek van bedrijfsleider B&O Floris Wijnberg op kantoor geweest om meer informatie te delen over coating producten van RibbStyle. De afstudeerders Jawid Hassani en Rowen Landman hebben deze bespreking bijgewoond. Na de bespreking is er door de studenten het initiatief genomen om voor een aantal coating monsters te vragen. Op verzoek van studenten is er twee coating monsters met specificatie opgestuurd naar Plegt-Vos. Met deze coating worden de cellenbeton blokken gecoat om te zien wat het effect van de coaten zijn. Er zijn twee type coating monsters opgestuurd namelijk control coat en prototype xella coating.

De xella coating, is een prototype coating wat door RibbStyle wordt geproduceerd en hiervoor hebben zij nog geen specificaties beschikbaar.

De control coating bestaat uit volgende eigenschappen:

- Elasticiteit ruim 400%
- Extreem gasdicht
- Hoog vastestofgehalte
- Bevat geen teer of asfaltachtige stoffen
- Behoudt zijn originele laagdikte
- Goede bestendigheid tegen sommige mineraalzuren, oliën en alkaliën
- Onverzeepbaar
- Duurzaam en stijlvast

(RibbStyle, 2019)



Voor de tweede testfase is er gebruik gemaakt van deze twee typen coating. Doormiddel van deze coating willen wij testen of het inderdaad de stenen stofvrij maakt en of het de sterkte van cellenbeton blokken verhoogt.

Opbouw van de de elementen tijdens de tweede testfase.

Samenstellen elementen	Beschrijving
	Voor de tweede testfase zijn de isolatie platen op maat gesneden bij het bedrijf EPS Bouwsystemen. Hierdoor zit er minder maattolerantie in de isolatie. Deze platen worden handmatig door de studente gelijmd aan de cellenbeton blokken, hierdoor kan er maattolerantie ontstaan.
	De cellenbeton blokken zijn voorzien van RibbStyle coating. Zoals op de foto is te zien blijven de afbrokkelde cellenbeton stukken aan elkaar vast door de coating. Deze coating heeft verder geen bijdrage geleverd aan de luchtdichting van de wand.
	De isolatieplaten zijn doormiddel van PUR vastgelijmd aan de cellenbeton blokken. Deze handeling is handmatig uitgevoerd door de studenten.
	Nadat de isolatieplaten zijn vastgelijmd aan de cellenbeton blokken, is het nu tijd om de steen strips aan te brengen. Hiervoor is er ook gebruikt gemaakt van PUR als lijm middel.
	Dit is een samengestelde legoblok, bestaande uit, cellenbeton, isolatie, steen strips.

Verbindingen van de tweede testfase.

Verbindingen	Beschrijving
	In testfase twee worden de verbindingen doormiddel van korte draadeinde uitgevoerd. Hierbij in tegenstelling tot de eerste testfase worden de elementen per laag vastgedraaid. Deze draadeinde zijn voorzien van koppelstukken aan de bovenzijde die vastgelijmd zijn aan het draadeind.
	Het principe is zo dat er per laag de legoblokken worden gestapeld en vervolgens worden het draadeinde in de gaten van de blokken ingeschoven. Vervolgens worden deze draadeinde aan het onderste koppelstuk vastgedraaid.
	Hierbij een opgenomen tijdens het stapelen van de elementen, waarbij de korte draadeinde vanaf bovenzijde door de gaten van elementen aan de onderste draadeind met koppelstuk wordt bevestigd.

Stapelen van de elementen tweede testfase.

Stapelen van elementen	Beschrijving
	Het stapelen van blokken gaat als volgt: Voor de eerste laag worden eerst het draadeinde vastgedraaid aan de houten balk die fungeert als de funderingsbalk. Vervolgens worden de blokken gestapeld en per laag vanaf de bovenzijde doormiddel van draad aan de onderzijde vastgedraaid.

Bevindingen



Het draadeind vanaf de bovenzijde aandraaien werkte niet zoals wij het hadden verwacht. De koppelstukken die vastgelijmd waren aan het draadeind, draaide zich los bij een bepaald kracht. Dit was bij alle koppelstukken het geval.



De draadeinden vanaf de bovenzijde vastdraaien werkte niet zoals het ontworpen was. Het centreren van het draadeinde boven de koppelstukken bleek niet vloeiend te gaan. Dit kwam doordat er maattolerantie aanwezig was van twee millimeter rondom de gaten in het cellenbeton.



Bij het demonteren van de elementen viel ons op dat het koppelstuk van de onderste laag naar boven draaide waardoor het niet mogelijk was om de elementen uit elkaar te halen.



Zoals op deze foto is te zien staat deze wand vanaf de derde laag scheef. De oorzaak hiervoor is, dat de sponningen van de isolatie overmaat had. De isolatie drukte niet genoeg samen omdat het een druksterkte van 150 kPa waardoor de wand scheef ging staan.



De naden tussen de elementen zowel verticaal als horizontaal waren minder zichtbaar in vergelijking met de eerste testfase. Dit komt omdat met dit bouwmethode de blokken van boven en zijkanten ingeschoven kunnen worden, waardoor de blokken beter tegen elkaar aanschuiven.

Luchttest

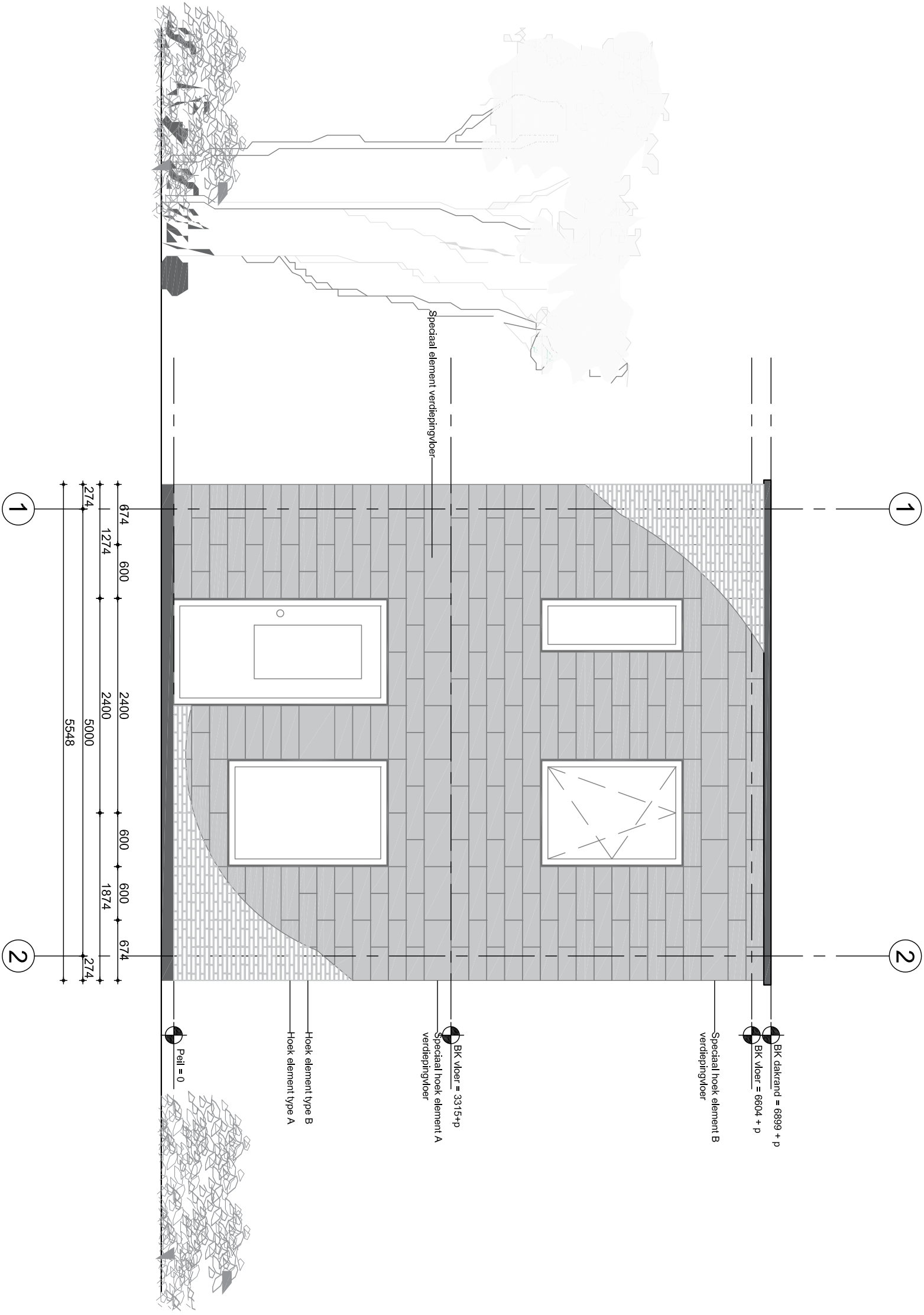
Luchttest	Beschrijving
	Voor de tweede testfase hebben de studenten Jawid Hassani en Rowen Landman een luchttest uitgevoerd in de klimaatkamer van praktijk lab op de Hogeschool Utrecht. In eerste instantie zouden de verbindingen met korte draadeinde worden uitgevoerd, omdat deze methode niet goed werkte is ervoor gekozen om deze test met lange draadeind uit te voeren.
	De testwand is opgebouwd in het klimaatkamer en vervolgens de rest van de openingen afgewerkt met plastikzaken zoals op de foto is zien. De naden zijn afgewerkt met tape en Compriband.
	Uit deze test bleek dat er door de verticale naden van de wand veel lucht uit kwam. Omdat het lucht niet op de foto vastgelegd kon worden, is er door rook te creëren de luchtlekkage vastgelegd.
	De horizontale naden waren goed luchtdicht.

Elektra sparingen

Elektra sparingen	Beschrijving
	In de tweede testfase hebben de studenten ook sparingen aangebracht in de cellenbeton blokken voor elektra leidingen en contactdozen. De sparingen zijn aangebracht in het cellenbeton met een diepte van 50 millimeter voor de contactdozen. Er is verder in dit onderzoek niet onderzocht naar de elektra. Deze handelingen zijn uitgevoerd om een beeld te creëren voor een compleet legoblok element.
	Om in het hart van de cellenbeton blokken een sparing aan te brengen met een diepte van 50 millimeter, zal het constructief berekend en verder onderzocht moeten worden.
	
	

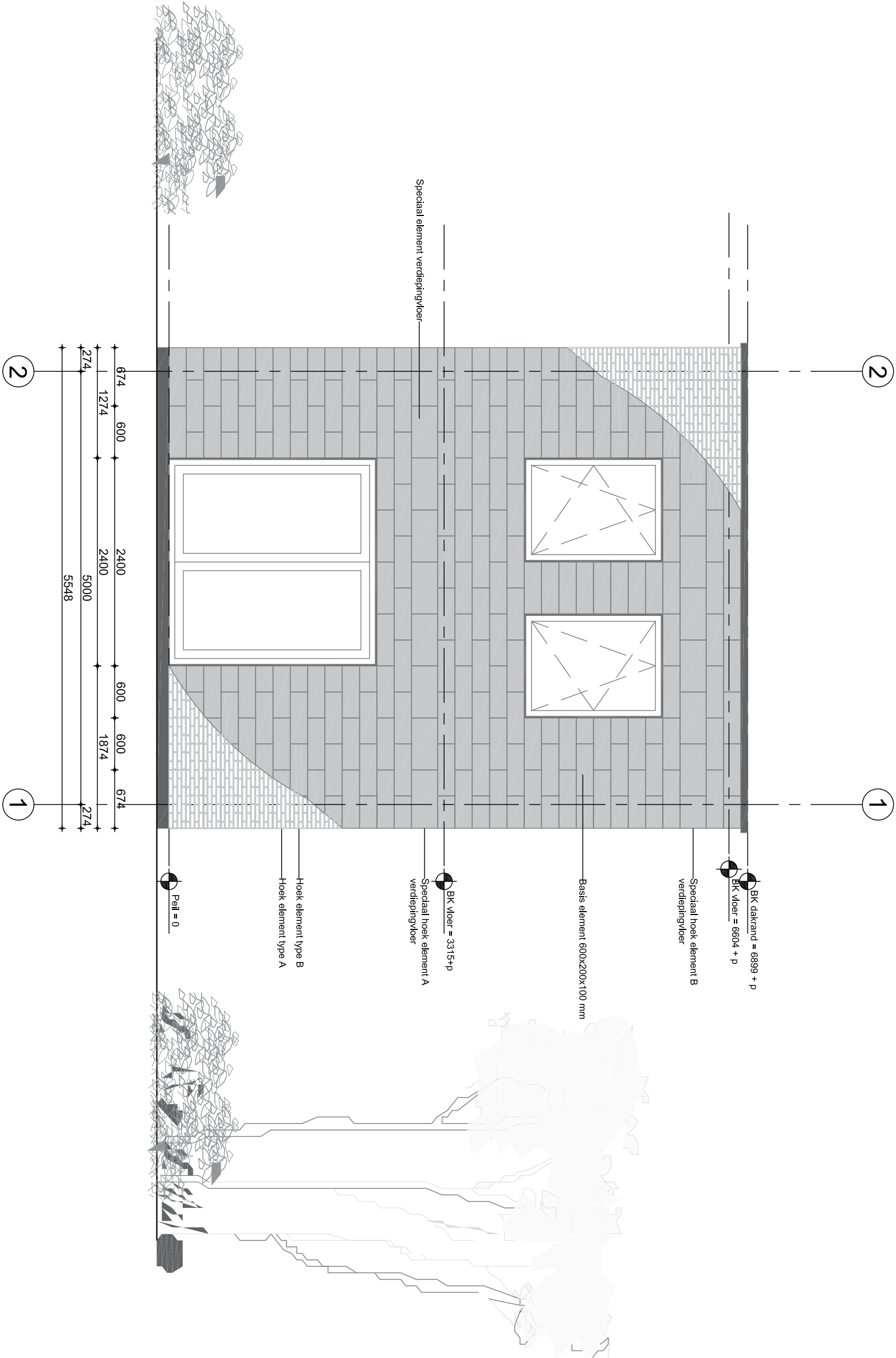
7 Tekeningen

7.1 Tekeningen fase 1



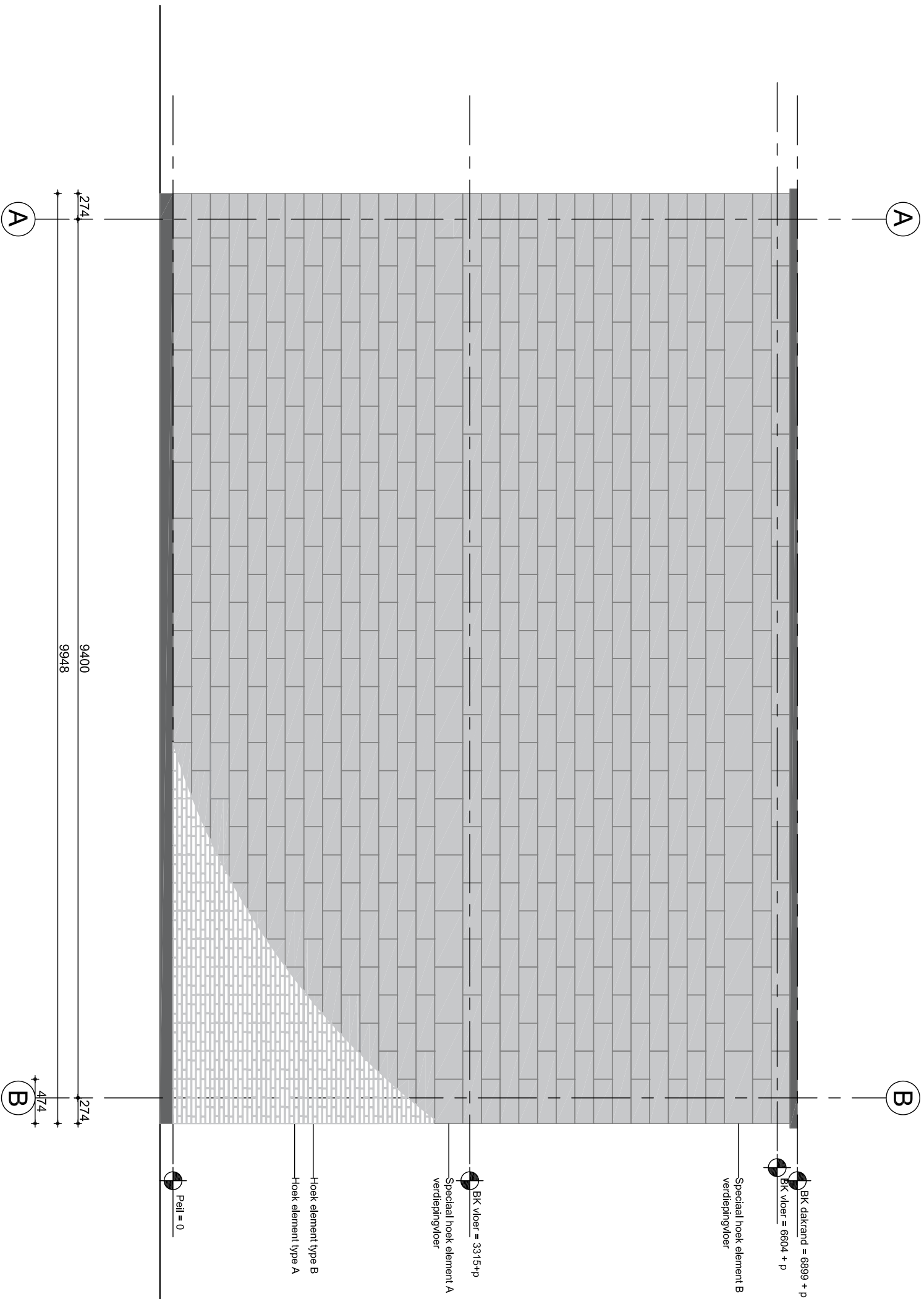
Voorgevel

Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	J.Hassani	J.H 24-05-2019	
Onderwerp	:	Voorgevel			
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
PLEGT-VOS HOGESCHOOL UTRECHT Plegt-Vos west B.V. Wierthoudaan 5-E 3525 KV Utrecht Hogeschool Utrecht Bachelder Buil Environment Padualaan 99 3584 CH Utrecht			Schaal	:	1:50
			Werknummer	:	
			Formaat	:	A3
			Status	:	VO
					Tekeningnr. AA-01



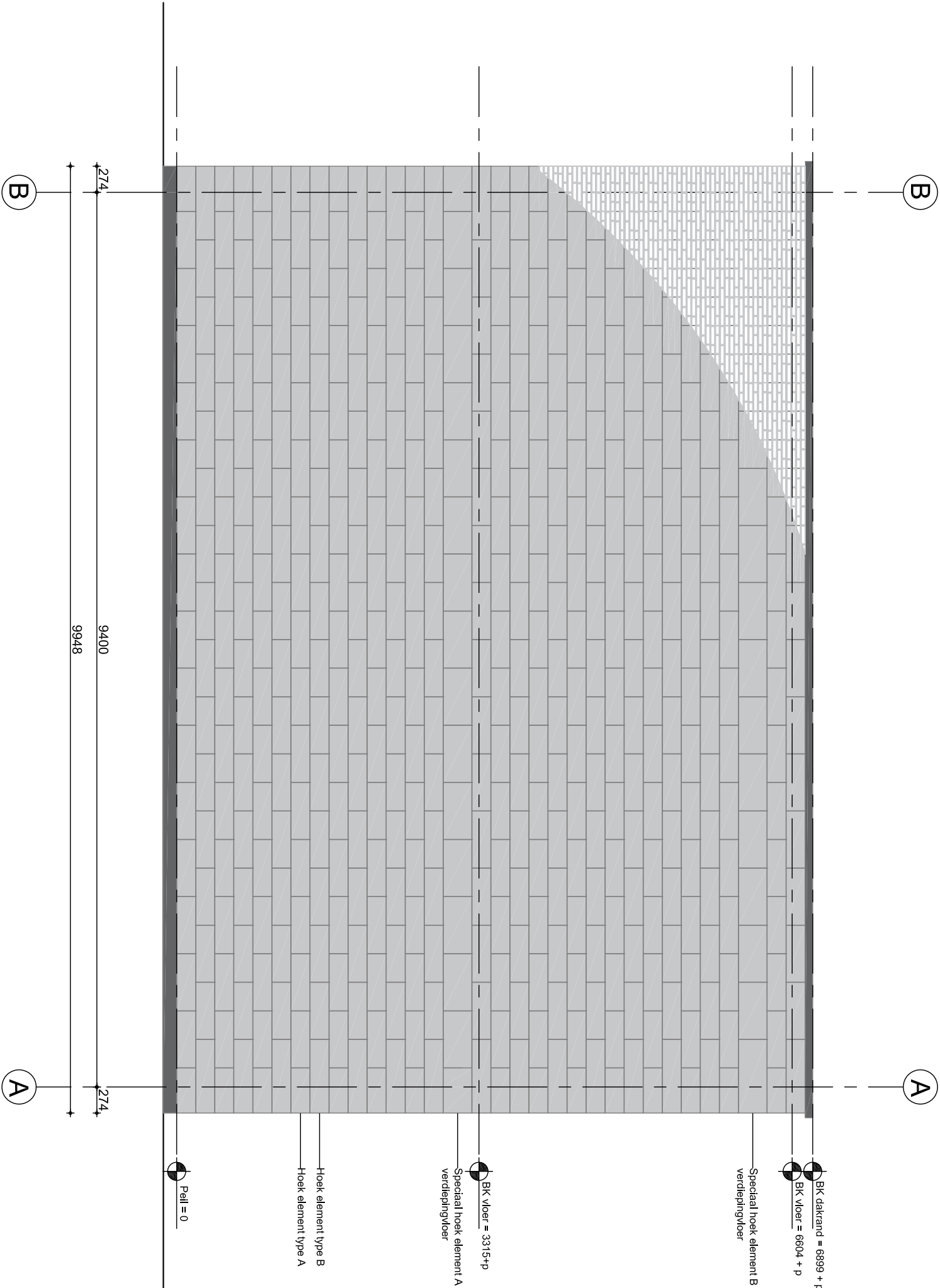
Achtergevel

Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project : Legohuis			R. Landman	RLA 24-05-2019	
Onderwerp : Achtergevel					
Opdrachtgever : Plegt-Vos West B.V.					
 Plegt-Vos west B.V. Wierthorphan 6-E 3526 KV Utrecht  HOGESCHOOL UTRECHT Bachelder Bulle Environment Padualaan 99 3504 CH Utrecht			Schaal : 1:50	Tekeningnr. AA-02	
			Werknummer :		
			Formaat : A3		
			Status : VO		



Rechter gevel

Omschrijving project		Getekend	Gewijzigd d.d.
Project	: Legohuis	J.Hassanli	J.H 24-05-2019
Onderwerp	: Rechter zijgevel		
Opdrachtgever	: Plegt-Vos West B.V.		
 		Schaal	: 1:50
Plegt-Vos west B.V. Winkelmanlaan 4 3526 HV Utrecht		Werknummer	:
Hogeschool Utrecht Postbus 80150 3508 CH Utrecht		Formaat	: A3
		Status	: VO
Tekeningnr. AA-03			



Linker gevel

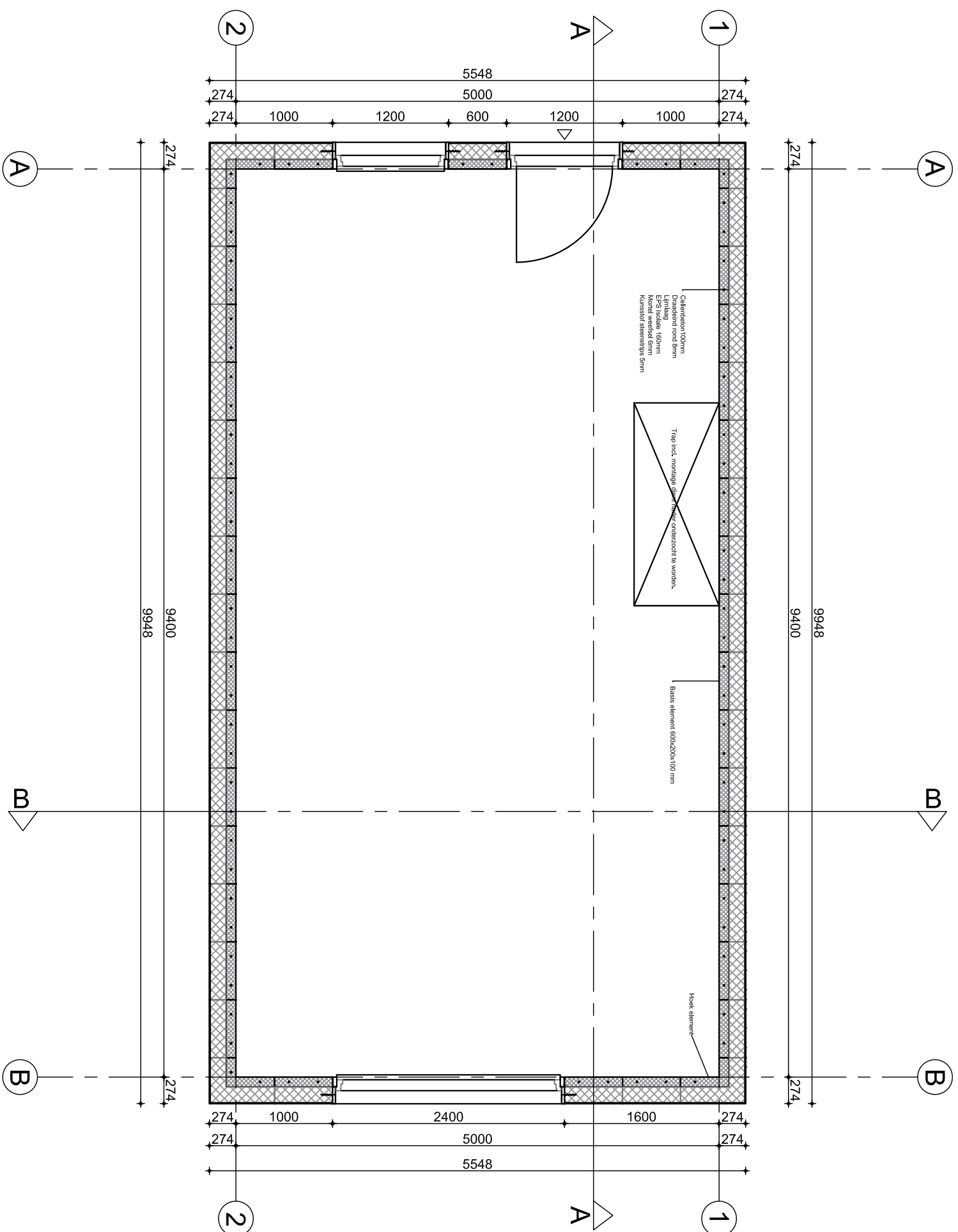
Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	R. Landman	RLA 24-05-2019	
Onderwerp	:	Linker zijgevel			
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
			Schaal	:	1:50
			Werknummer	:	
			Formaat	:	A3
			Status	:	VO
					Tekeningnr. AA-04

PLEGT-VOS

Plegt-Vos west B.V.
Wierthoudan 6-E
3526 KV Utrecht

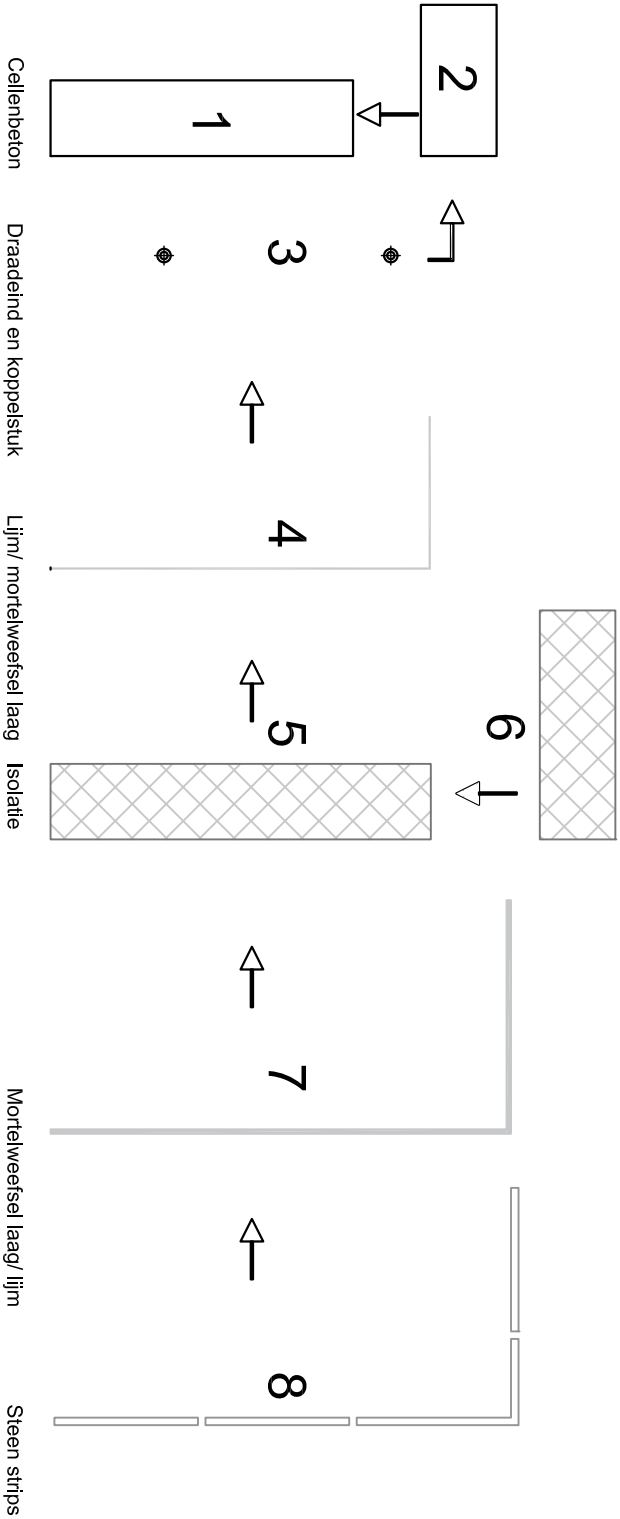
**HOGESCHOOL
UTRECHT**

Hogeschool Utrecht
Bachelord Buult Environment
Pacthuis 99
3504 CH Utrecht



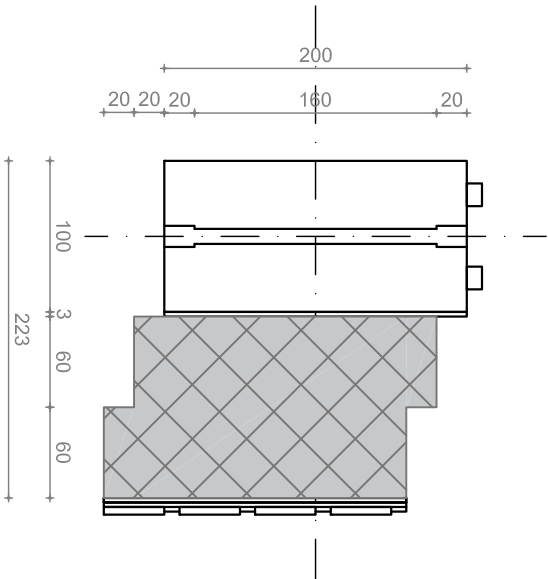
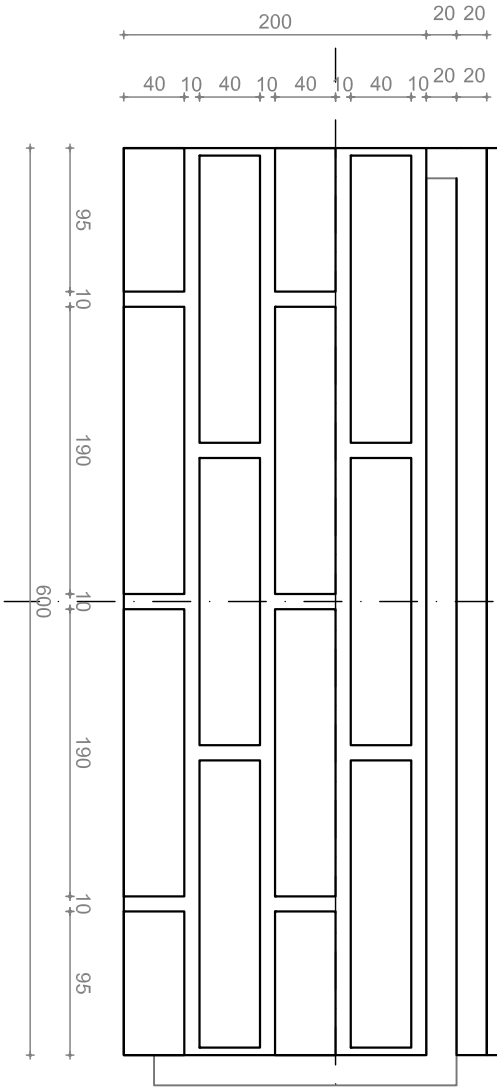
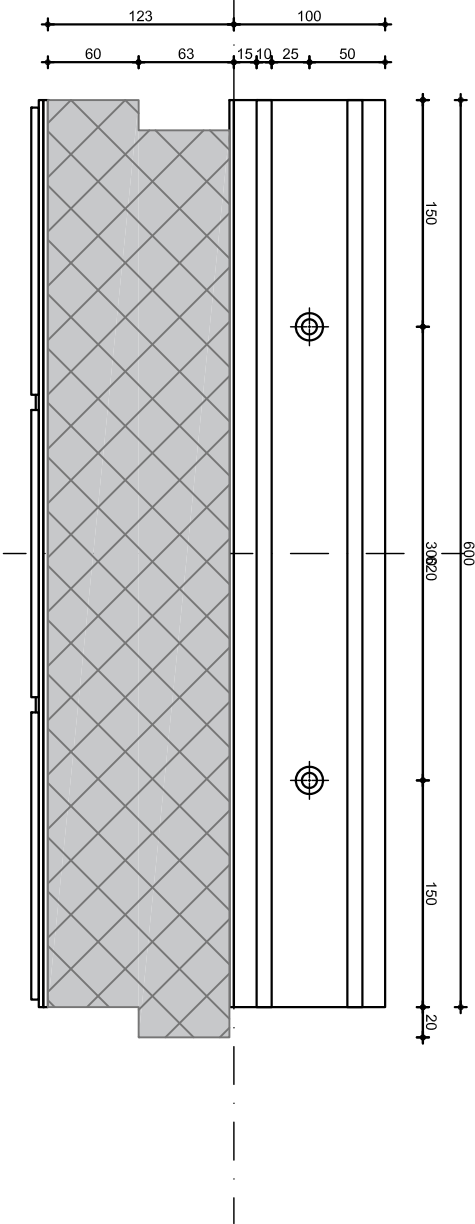
Beganegrond

Omschrijving project		Getekend	Gewijzigd d.d.
Project	: Legohuis	J.Hassari	J.H 24-05-2019
Onderwerp	: Plattegronden BG		
Opdrachtgever	: Plegt-Vos West B.V.		
 PLEGT-VOS Plegt-Vos west B.V., Wierbrounlaan 1c 3525 NQ Utrecht		Schaal	: 1:50
		Werknummer	:
		Formaat	: A3
		Status	: VO
		Tekeningnr. PL-I	

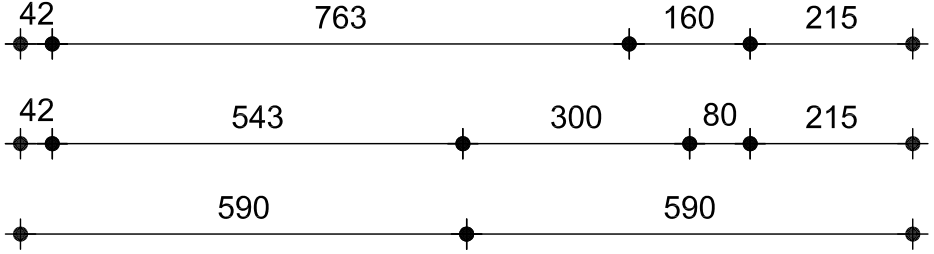
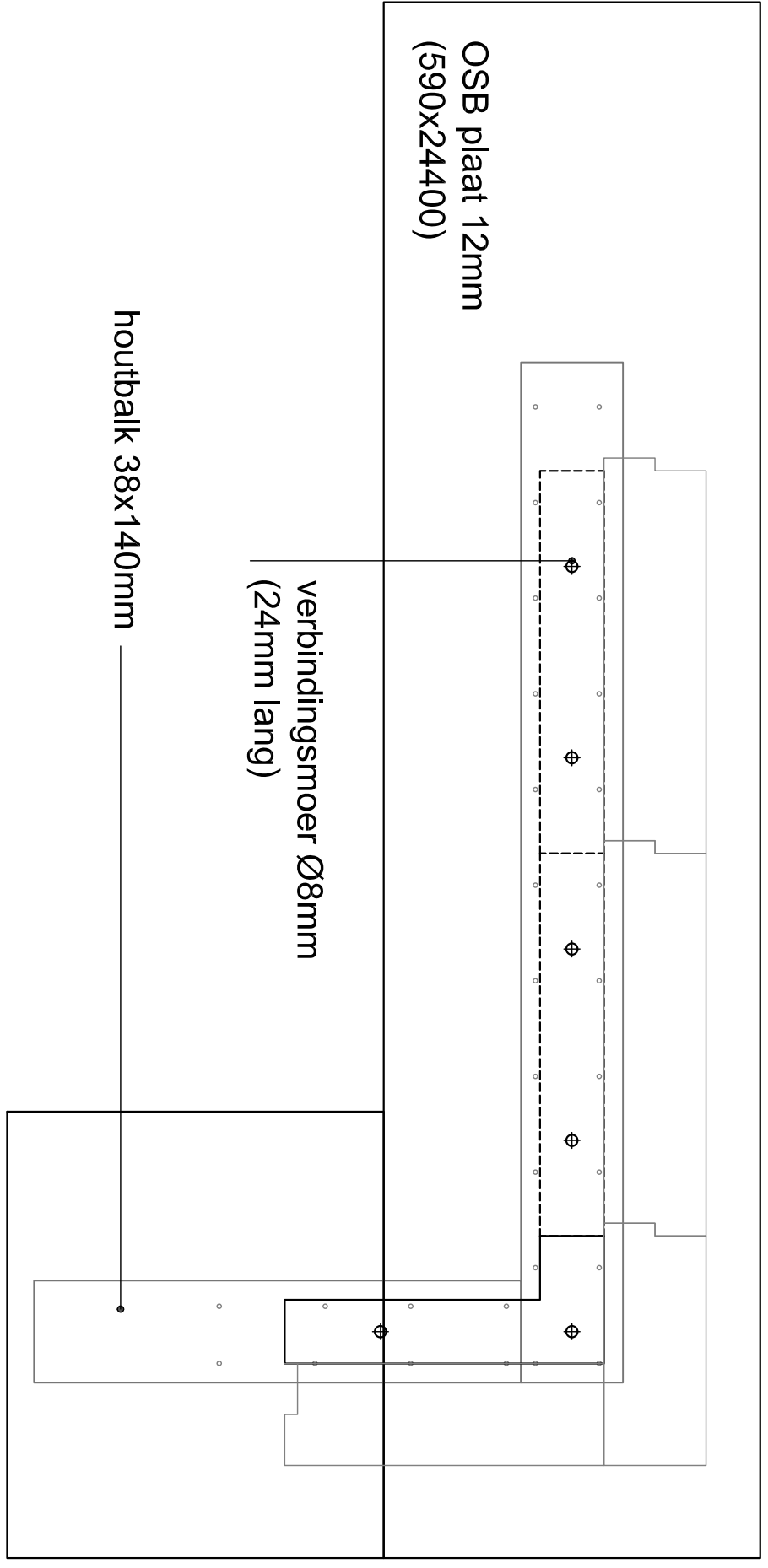
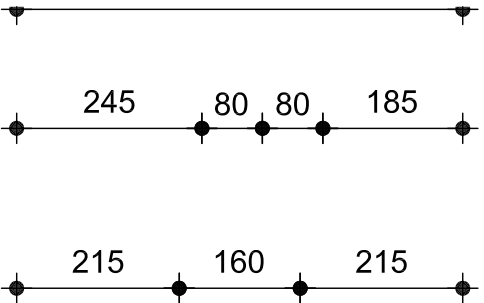
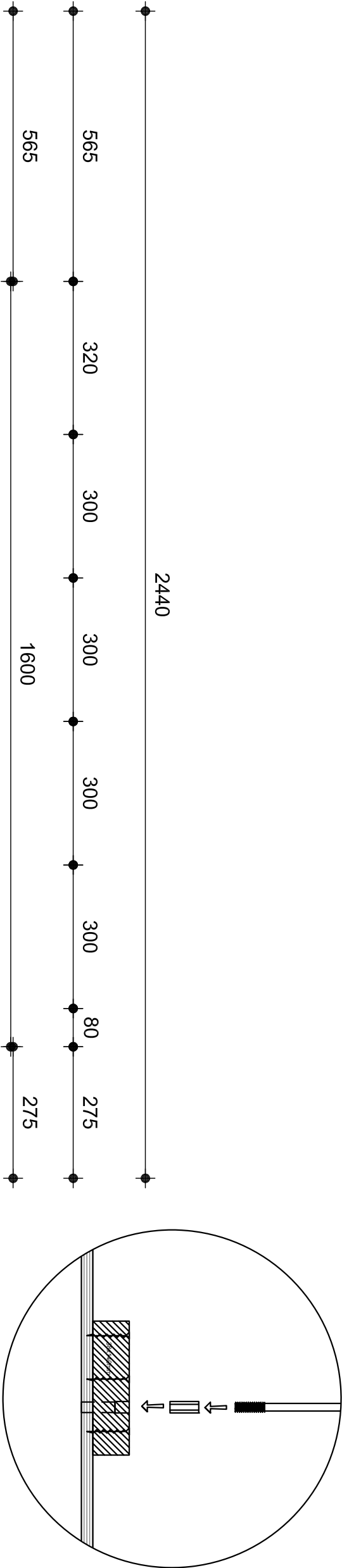


Exploded view opbouw volgorde element

Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	J. Hassani	JHA 24-05-2019	
Onderwerp	:	Volgorde bouwen hoekelement			
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
 Plegt-Vos west B.V. Winkelhorstlaan 5-E 3526 KV Utrecht  HOGESCHOOL UTRECHT Bachelder Bulle Environment Padualaan 99 3504 CH Utrecht			Schaal	:	1:50
			Werknummer	:	
			Formaat	:	A3
			Status	:	VO
			Tekeningsnr.		
TE-03					



Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.		
Project		: Legohuis	J. Hassani	JHA 12-03-2019		
Onderwerp		: Llegoblok (standaard element)				
Opdrachtgever		: Plegt-Vos West B.V.				
PLEGT-VOS HOGESCHOOL UTRECHT Plegt-Vos west B.V. Winkelhorstlaan 6-E 3526 KV Utrecht Hogeschool Utrecht Bachelordiv. Built Environment Pacthuislaan 99 3504 CH Utrecht			Schaal		: 1:5	Tekeningnr. TE-04
			Werknummer		: 20190204	
			Formaat		: A3	
			Status		: Werktekening	



Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	R. Landman	RLA 12-03-2019	
Onderwerp	:	Plattegrond testopstelling			
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
 Plegt-Vos west B.V. Wierthoudan 5-E 3526 KV Utrecht			Schaal	:	1:5
			Werknummer	:	20190204
			Formaat	:	A3
			Status	:	Werktekening
 Hogeschool Utrecht Bachelder Bulthuis Environment Padualaan 99 3504 CH Utrecht			Tekeningsnr. TE-02		

verbindingsmoer Ø8mm
(24mm lang)

1038+

838+

638+

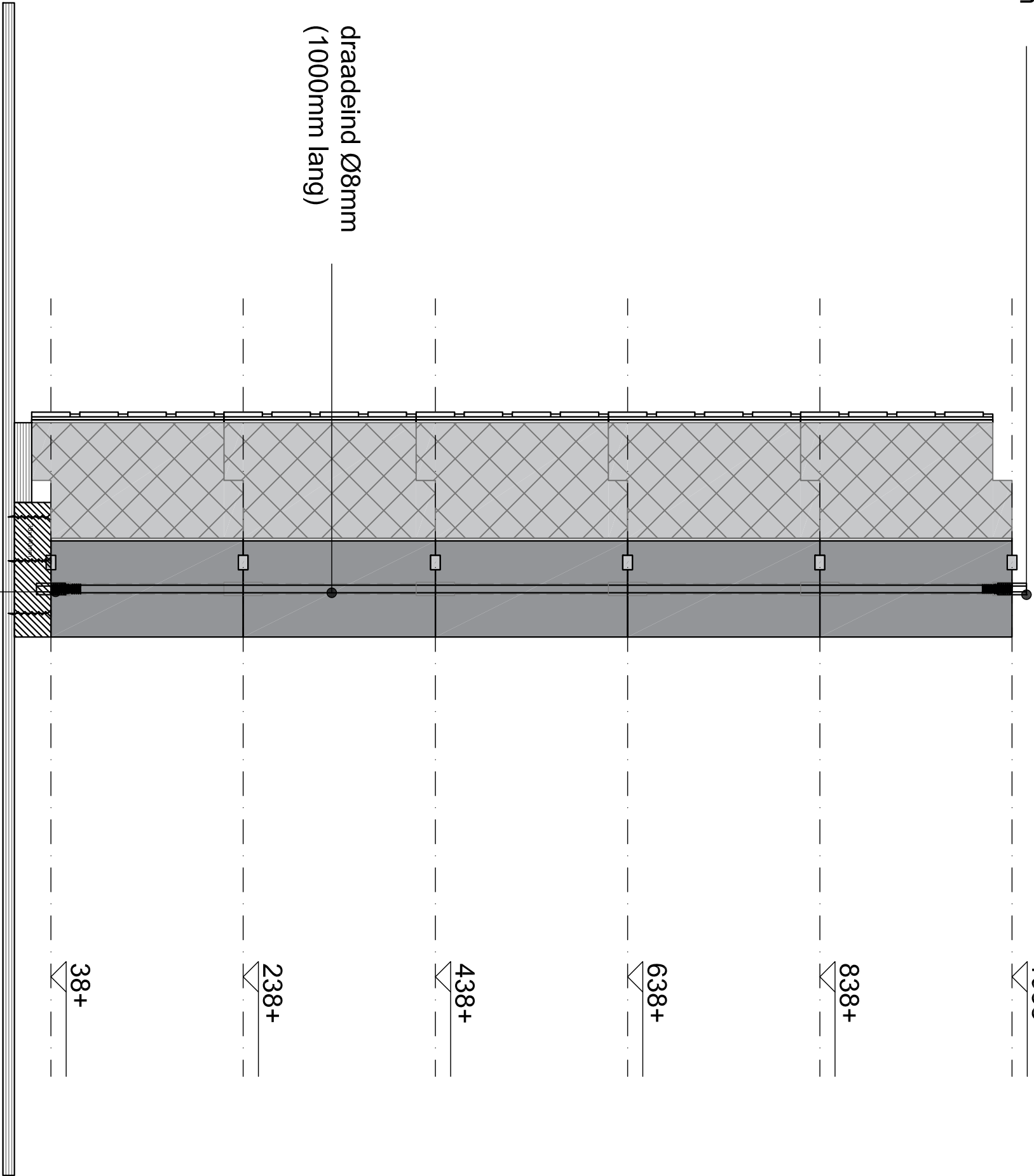
438+

238+

38+

draadeind Ø8mm
(1000mm lang)

- verbindingsmoer Ø8mm
(24mm lang)
- bout Ø8mm



Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.		
Project			: Legohuis			
Onderwerp			: Doorsnede testopstelling			
Opdrachtgever			: Plegt-Vos West B.V.			
 PLEGT-VOS Plegt-Vos West B.V. Hogeschool Utrecht 3526 KV Utrecht  HOGESCHOOL UTRECHT Hogeschool Utrecht Postbus 80150 3508 TC Utrecht			Schaal	: 1:5		Tekeningnr. TE-01
			Werknummer	: 20190204		
			Formaat	: A3		
			Status	: Werktekening		



Plegt-Vos west B.V.
Wierthorsten 6-E
3526 KV Utrecht

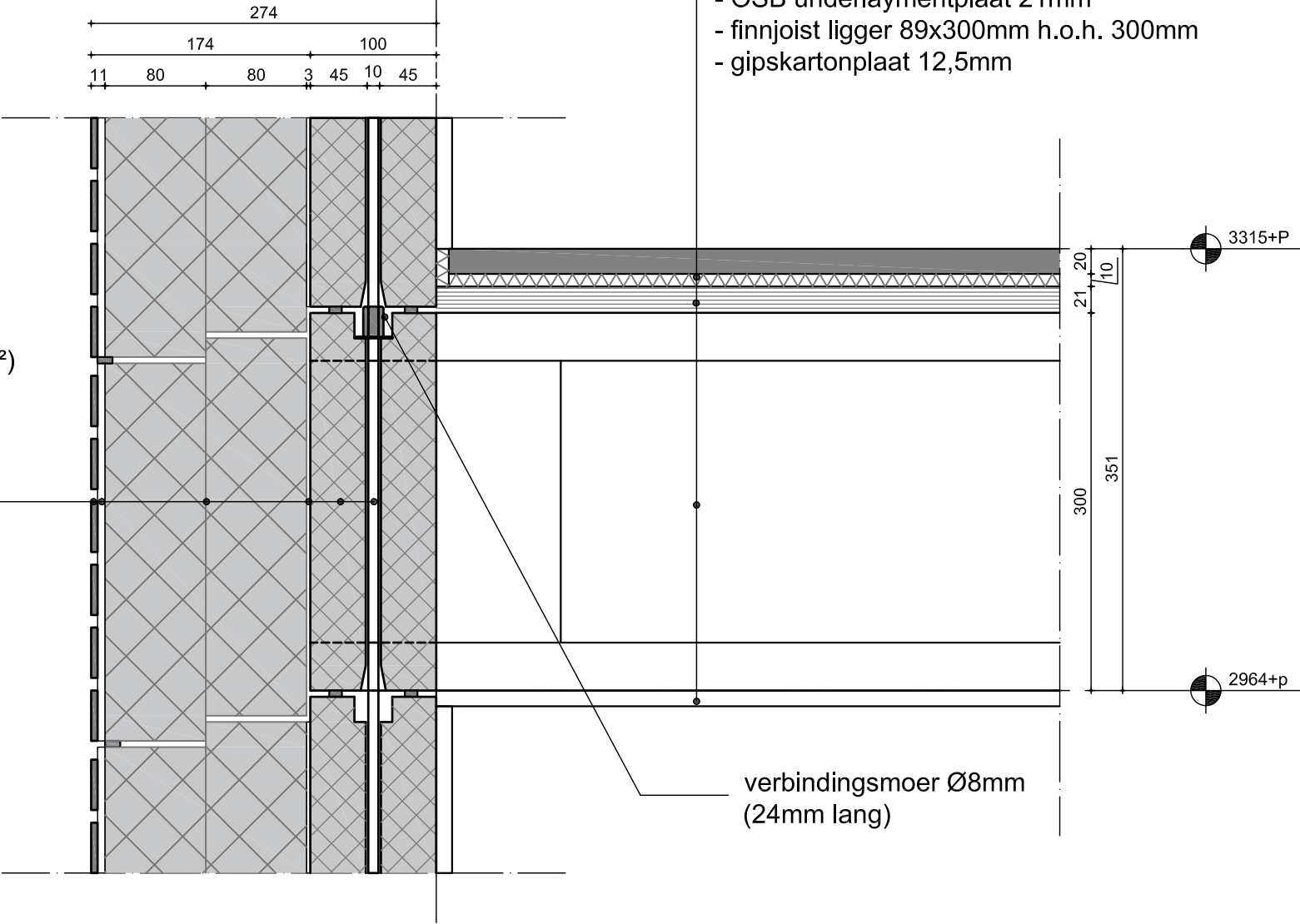


Hogeschool Utrecht
Bachelder Bulthuis Environment
Padualaan 99
3504 CH Utrecht

1

- fermacell vloerplaat 30mm dik (kanstrook 10x30m)
- OSB underlaymentplaat 21mm
- finnjoist ligger 89x300mm h.o.h. 300mm
- gipskartonplaat 12,5mm

- legoblok element A
- draadeind Ø8mm
 - cellenbetonblok 100mm dik (G4/600) (druksterkte 4 N/mm²)
 - verlijming
 - EPS isolatie 160mm dik (λ-waarde 0,032 W/mK)
 - mortelweefsellaag
 - verlijming
 - kunststof steenstrips 5mm dik



verbindingsmoer Ø8mm
(24mm lang)

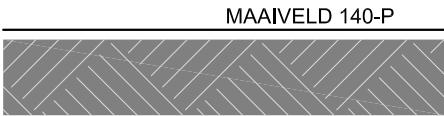
Omschrijving project		Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	: Legohuis	J. Hassani	RLA 12-03-2019	
Onderwerp	: Detail aansluiting houtenvloer		JHA 24-05-2019	
Opdrachtgever	: Plegt-Vos West B.V.			
 Plegt-Vos west B.V. Winthontlaan 6-E 3526 KV Utrecht  Hogeschool Utrecht Bachelor Built Environment Padualaan 99 3584 CH Utrecht		Schaal : 1:5		Tekeningnr. DE-07
		Werknummer : 20190204		
		Formaat : A3		
		Status : VO		


Hogeschool Utrecht
Bachelor Built Environment
Padualaan 99
3584 CH Utrecht

1

- legoblok element A
- draadeind Ø8mm
 - cellenbetonblok 100mm dik (G4/600) (druksterkte 4 N/mm²)
 - verlijming
 - EPS isolatie 160mm dik (λ-waarde 0,032 W/mK)
 - Mortelweefsellaag
 - verlijming
 - kunststof steenstrips 5mm dik

fermacell vloerplaat 30mm dik
OSB underlaymentplaat
finnjoist ligger 89x300mm h.o.h. 300mm

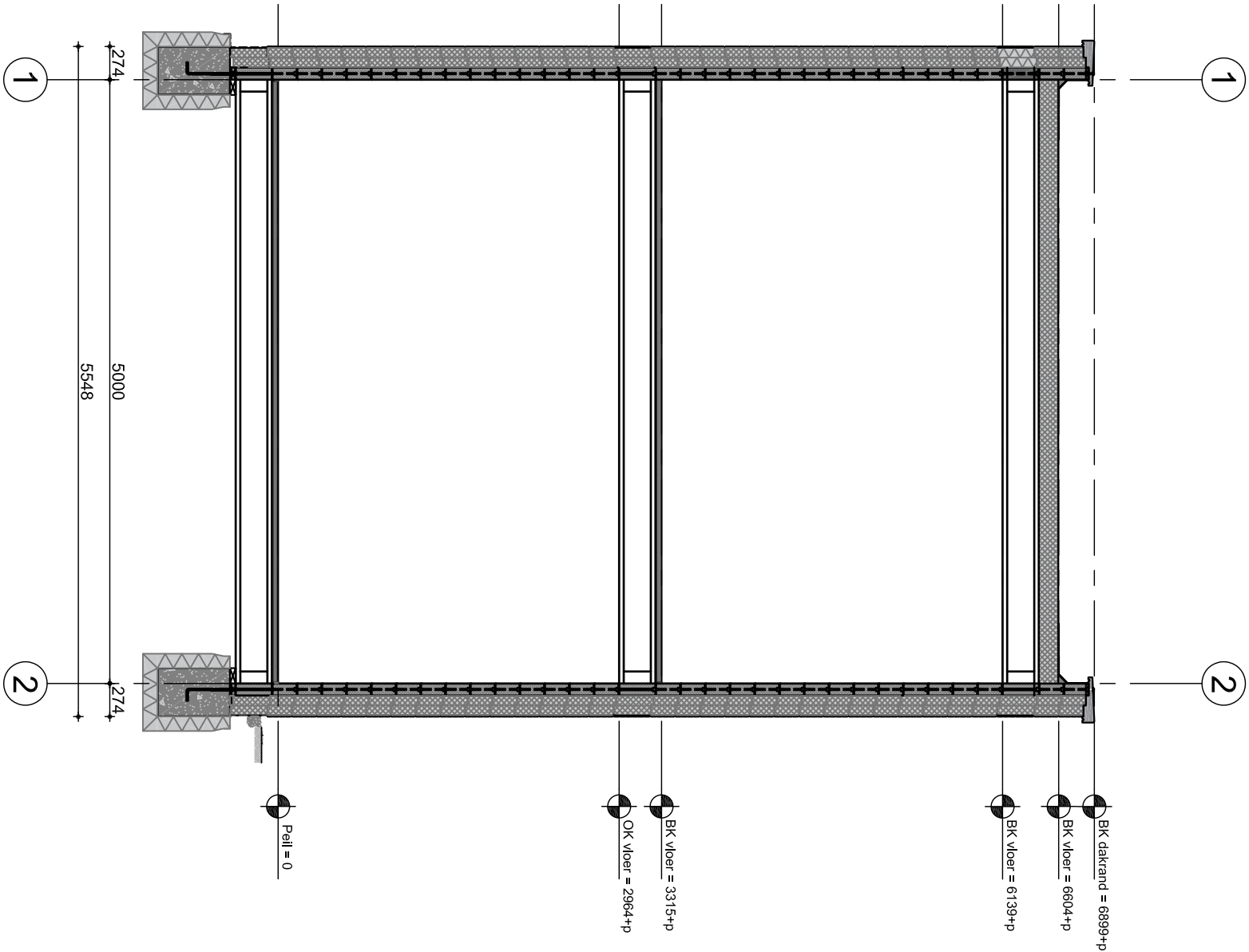


waterdichtelaag

- kunststof balk 30x100mm
- koppelstuk h.o.h. 300mm
 - staalplaat 8mm dik

- nokken h.o.h. 300mm
- kunststof stelblok
t.b.v. waterpas maken kimlaag
- stekwapening t.b.v.
verbinding kimlaag
- prefab funderingsbalk
- EPS beksiting 120mm dik

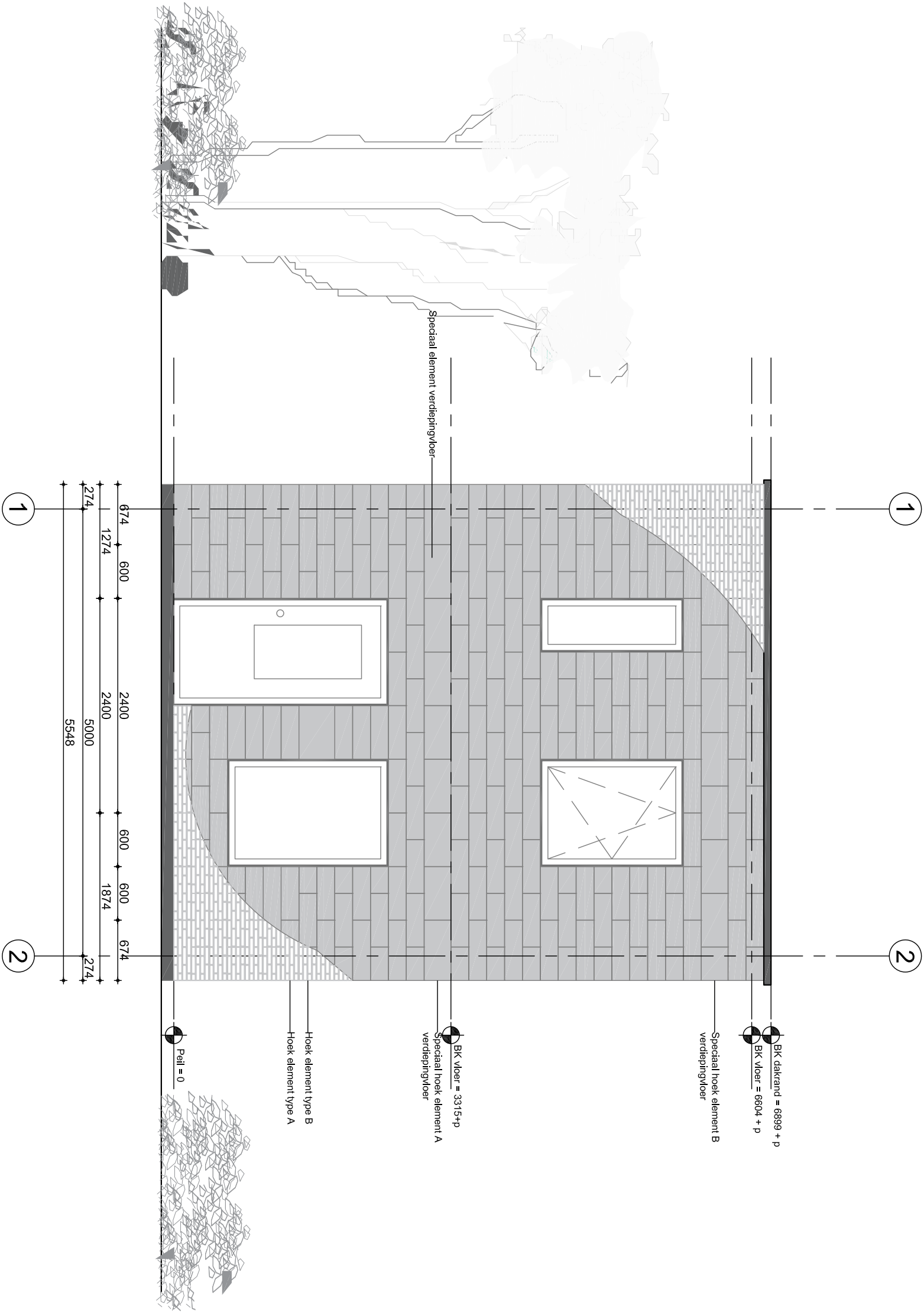
Omschrijving project		Getekend	Gewijzigd d.d.		
Project	: Legohuis	J. Hassani	RLA 12-03-2019		
Onderwerp	: Detail fundering principe		JHA 24-05-2019		
Opdrachtgever	: Plegt-Vos West B.V.				
 Plegt-Vos west B.V. Winthontlaan 6-E 3526 KV Utrecht  Hogeschool Utrecht Bachelor Built Environment Padualaan 99 3584 CH Utrecht		Schaal : 1:5			Tekeningnr. DE-04
		Werknummer : 20190204			
		Formaat : A3			
		Status : VO			



Doorsnede B-B

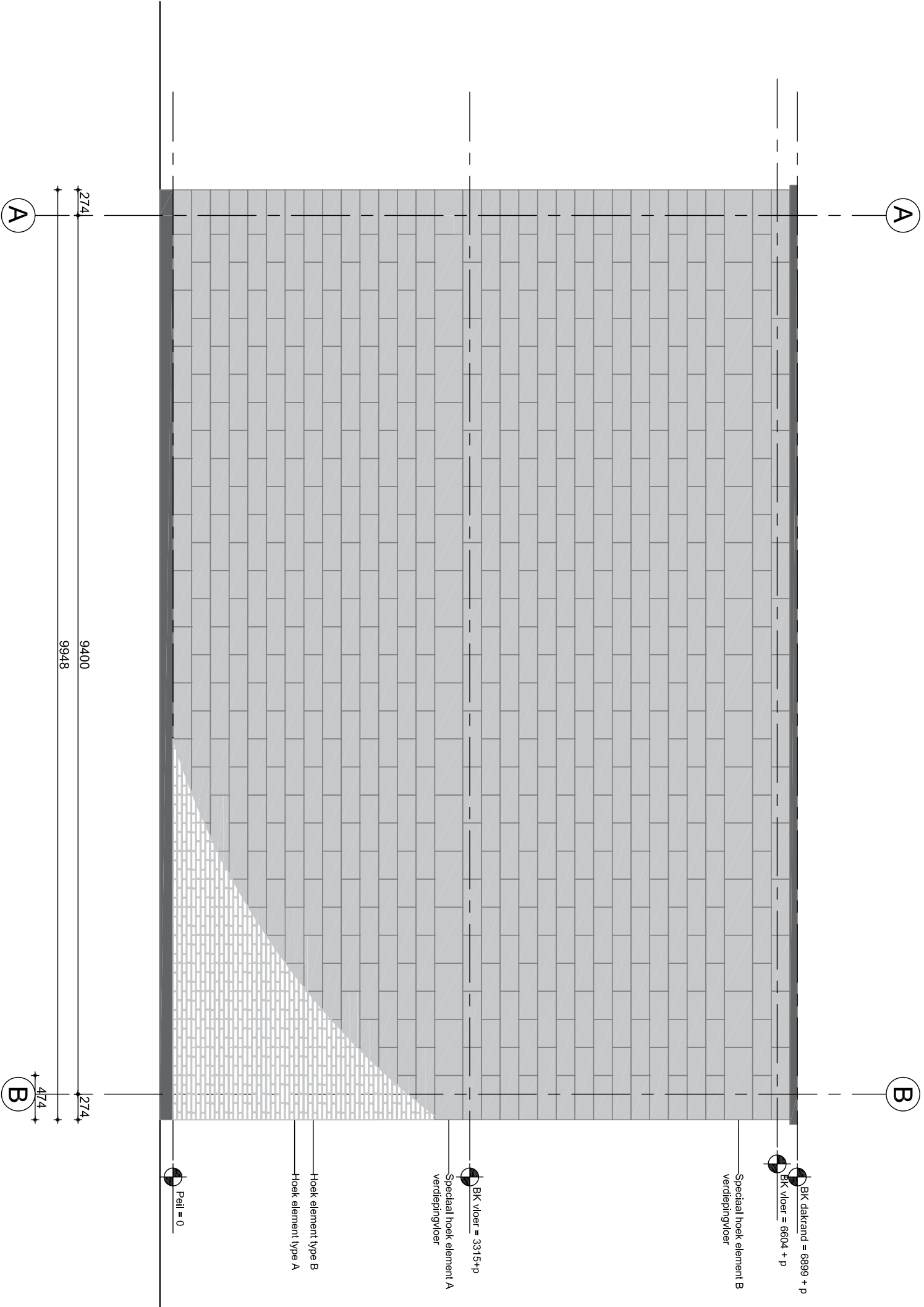
Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	R. Landman	RLA 24-05-2019	
Onderwerp	:	Doorsnede BB			
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
PLEGT-VOS HOGESCHOOL UTRECHT Plegt-Vos west B.V. Winkelhorstlaan 6-E 3526 KV Utrecht Hogeschool Utrecht Bachsteier Buitje Environment Padualaan 99 3504 CH Utrecht			Schaal	:	1:50
			Werknummer	:	
			Formaat	:	A3
			Status	:	VO
					Tekeningnr. D-B.B

7.2 Tekeningen fase 2



Voorgevel

Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	J.Hassani	J.H 24-05-2019	
Onderwerp	:	Voorgevel			
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
PLEGT-VOS HOGESCHOOL UTRECHT Plegt-Vos west B.V. Wierthoudaan 5-E 3525 KV Utrecht Hogeschool Utrecht Bachelder Buil Environment Padualaan 99 3584 CH Utrecht			Schaal	:	1:50
			Werknummer	:	
			Formaat	:	A3
			Status	:	VO
					Tekeningnr. AA-01



Rechter gevel

Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	J.Hassani	J.H 24-05-2019	
Onderwerp	:	Rechter zijgevel			
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
			Schaal	:	1:50
			Werknummer	:	
			Formaat	:	A3
			Status	:	VO
					Tekeningnr.

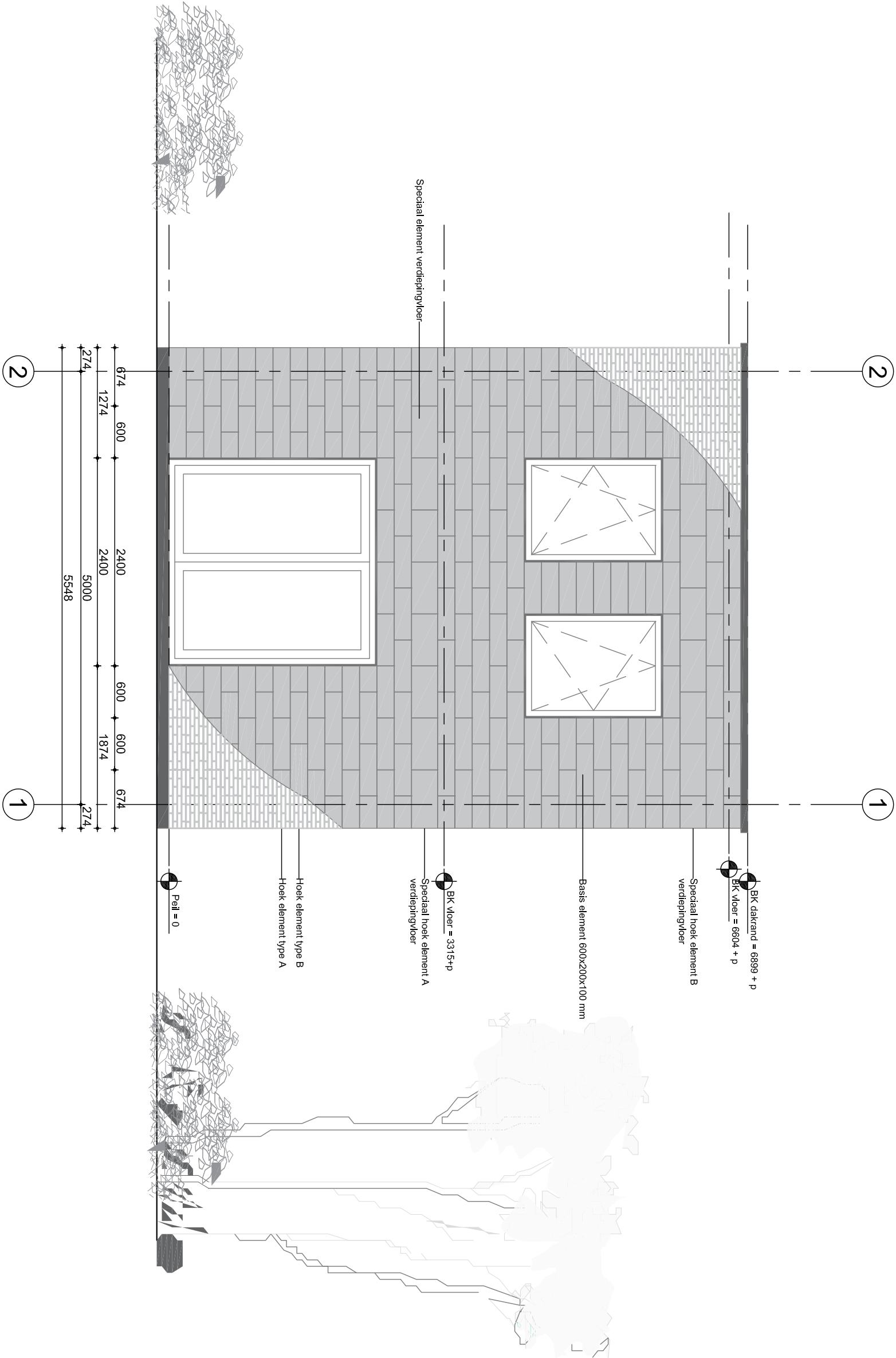
PLEGT-VOS

Plegt-Vos west B.V.
Winthorsten 6-E
3526 KV Utrecht

**HOGESCHOOL
UTRECHT**

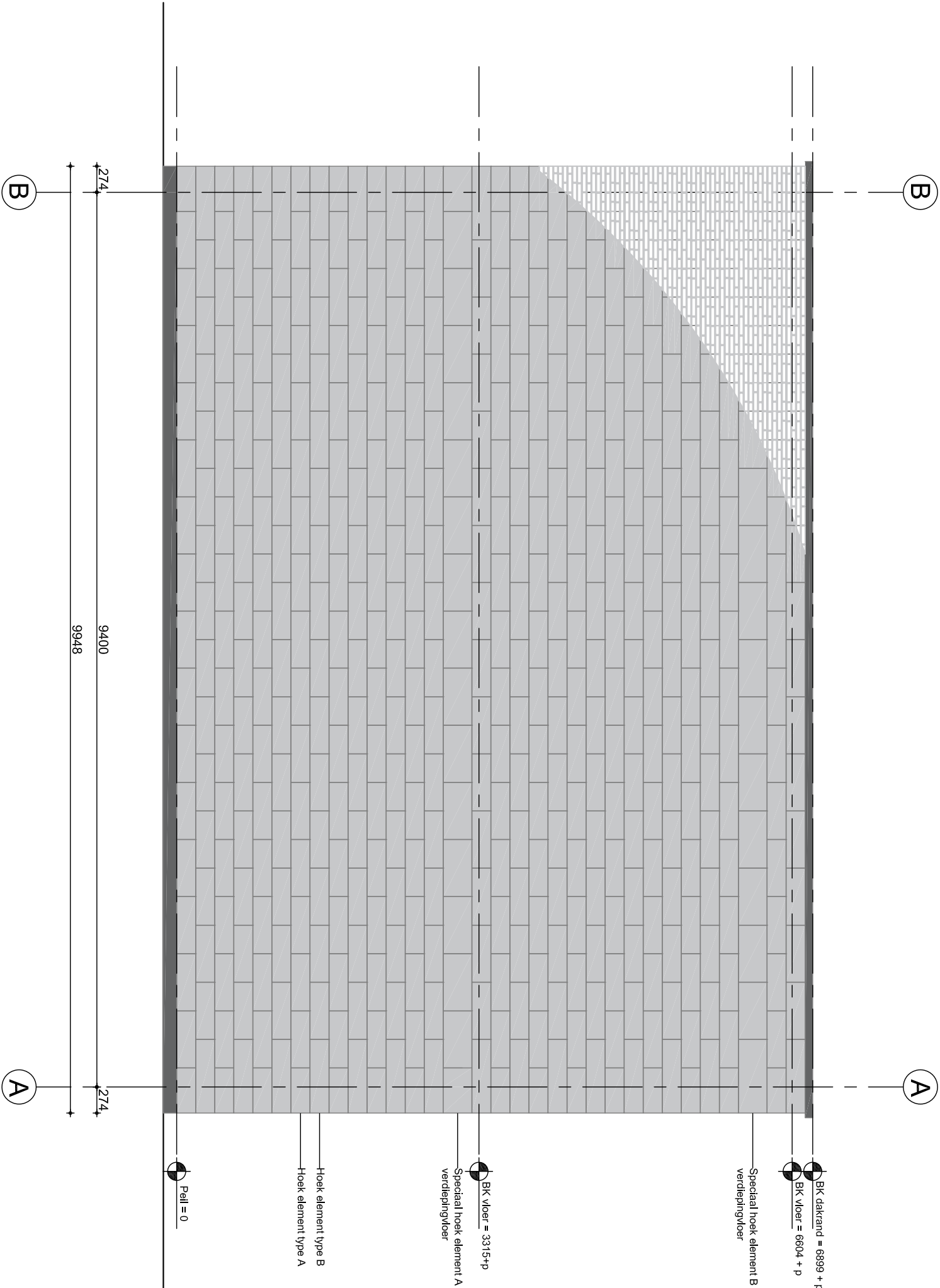
Hogeschool Utrecht
Bachelder Bulthuis Eindhoven
Postbus 99
3504 CH Utrecht

AA-03



Achtergevel

Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	R. Landman	RLA 24-05-2019	
Onderwerp	:	Achtergevel			
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
PLEGT-VOOS HOGESCHOOL UTRECHT Plegt-Vos west B.V. Wimthorsten 6-E 3526 KV Utrecht Hogeschool Utrecht Bachelder Bulle Environment Padualaan 99 3504 CH Utrecht			Schaal	:	1:50
			Werknummer	:	
			Formaat	:	A3
			Status	:	VO
					Tekeningnr. AA-02



Linker gevel

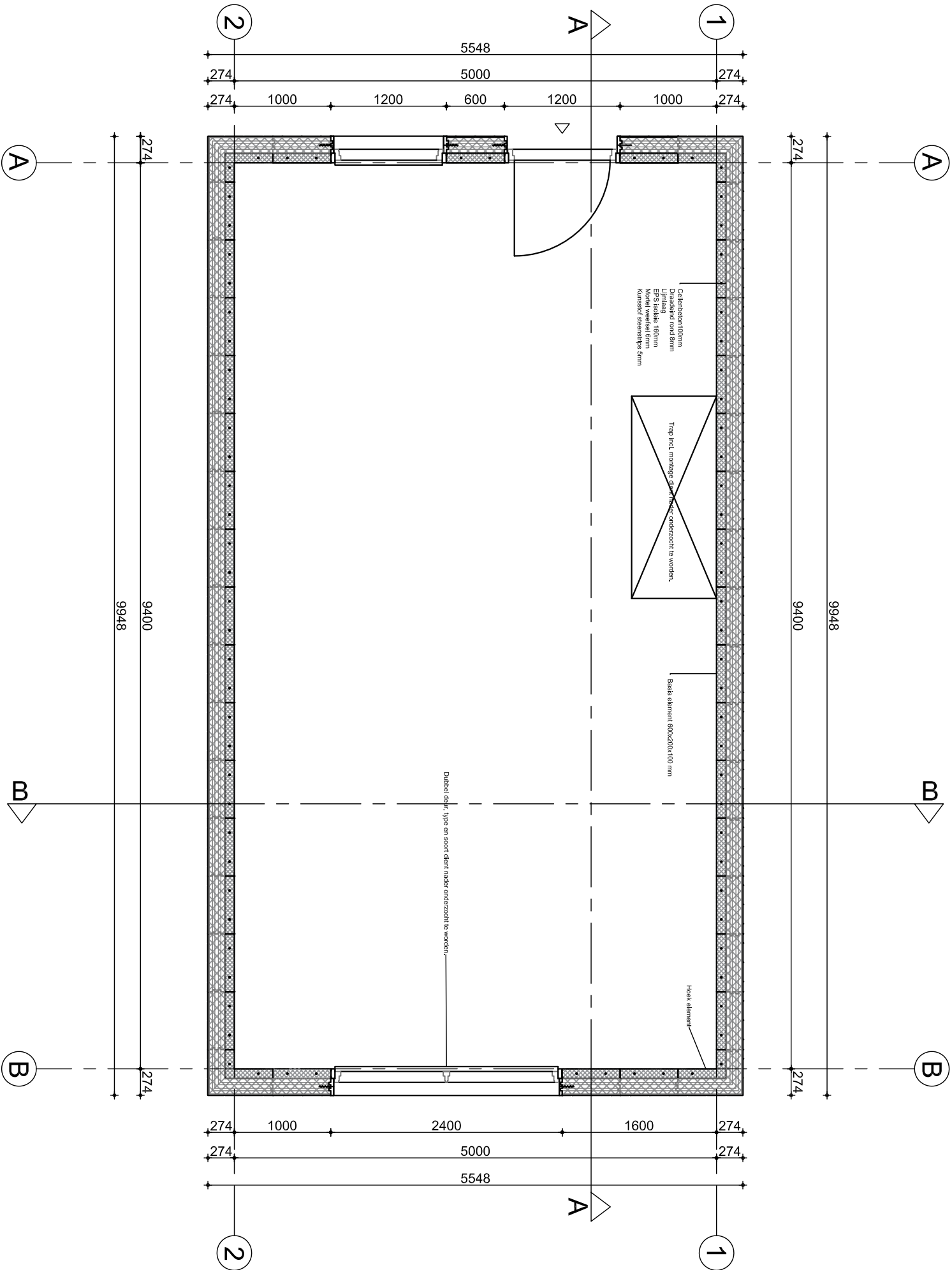
Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	R. Landman	RLA 24-05-2019	
Onderwerp	:	Linker zijgevel			
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
			Schaal	:	1:50
			Werknummer	:	
			Formaat	:	A3
			Status	:	VO
			Tekeningnr.		
			AA-04		

**PLEGT-VOS**

**HOGESCHOOL
UTRECHT**

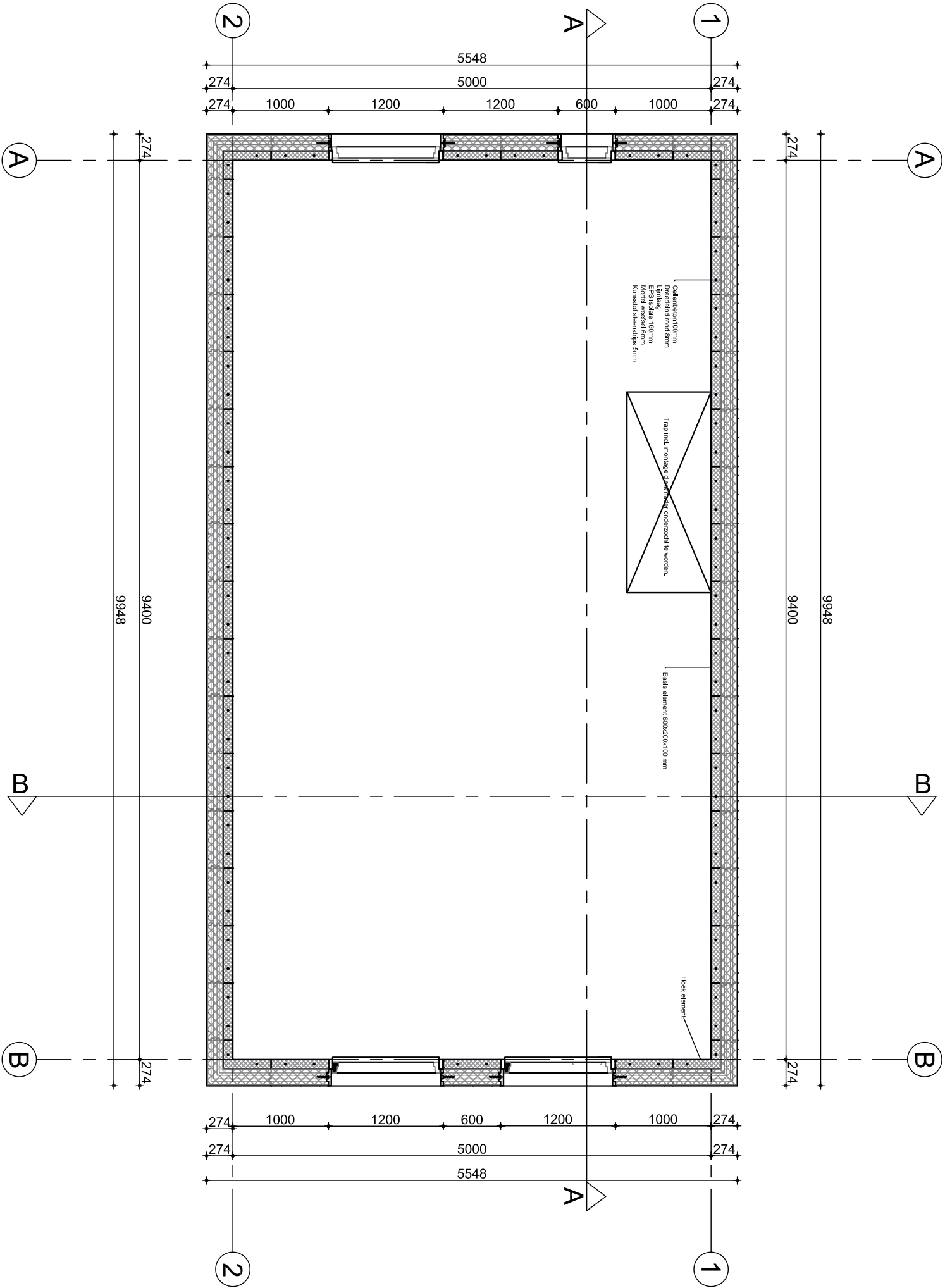
Plegt-Vos west B.V.
Winkelstraat 6-E
3526 KV Utrecht

Hogeschool Utrecht
Bachelordijk 99
3504 CH Utrecht



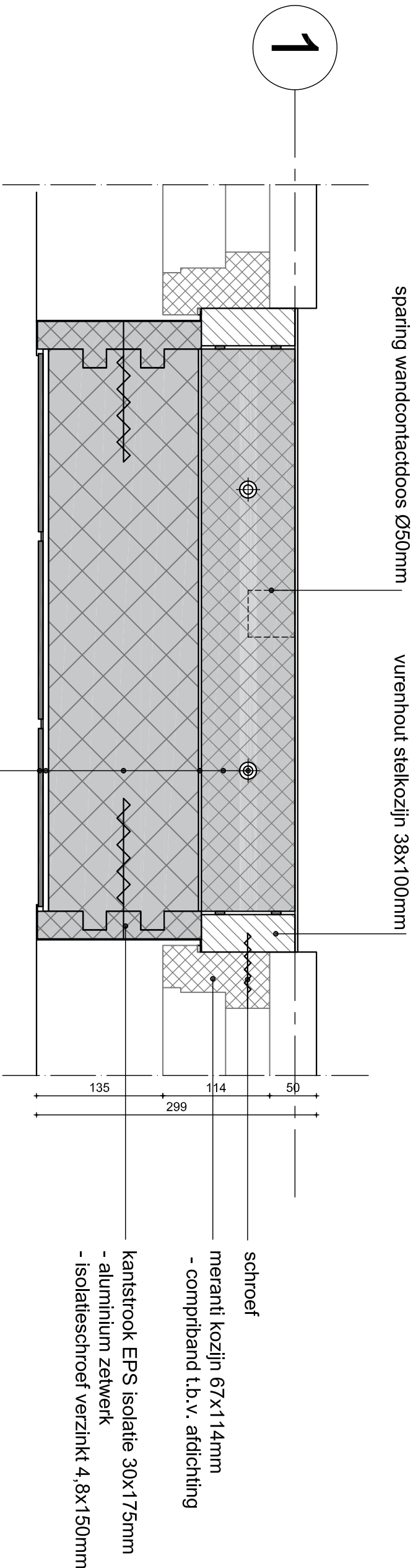
Beganegrond

Omschrijving project		Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	: Legohuis	J.Hassani	J.H 24-05-2019	
Onderwerp	: Plattegronden BG			
Opmachtgever	: Plegt-Vos West B.V.			
PLEGT-VO HOGESCHOOL UTRECHT Plegt-Vos west B.V. Wierthoudan 15-E 3526 KV Utrecht Hogeschool Utrecht Bachelder Builj Environment Padualaan 99 3584 CH Utrecht		Schaal	: 1:50	Tekeningnr. PL-01
		Werknummer	: 20190204	
		Formaat	: A3	
		Status	: VO	



Eerste verdieping

Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	R.Landman	RLA 24-05-2019	
Onderwerp	:	Plattegronden eerste verdieping			
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
PLEGT-VOS Plegt-Vos west B.V., Wierthorlaan 6-E 3526 KV Utrecht HOGESCHOOL UTRECHT Hogeschool Utrecht Bachelder Buil, Environment Padualaan 99 3584 CH Utrecht			Schaal	:	1:50
			Werknummer	:	
			Formaat	:	A3
			Status	:	VO
Tekeningsnr.					PL-02



Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	J. Hassani	RLA 12-03-2019	
Onderwerp	:	Detail legoblok (standard)		JHA 24-05-2019	
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
PLEGT-VOOS HOGESCHOOL UTRECHT Plegt-Vos west B.V. Winkelstraat 6-E 3526 KV Utrecht Hogeschool Utrecht Bacheler Buijs Environment Padualaan 99 3504 CH Utrecht			Schaal	:	1:5
			Werknummer	:	20190204
			Formaat	:	A3
			Status	:	VO
Tekeningnr.					DE-08

1

275
175 100
12 80 80 3 45 10 45

- legoblok element
- draadeind Ø8mm
 - cellenbetonblok 100mm dik (G4/600) (druksterkte 4 N/mm²)
 - verlijming
 - EPS isolatie 160mm dik (λ-waarde 0,032 W/mK)
 - Mortelweefsellaag
 - verlijming
 - kunststof steenstrips 5mm dik

- afdichtingsband 5x12mm
- compriband 5x10mm (t.b.v. luchtdichting)

dekvloer

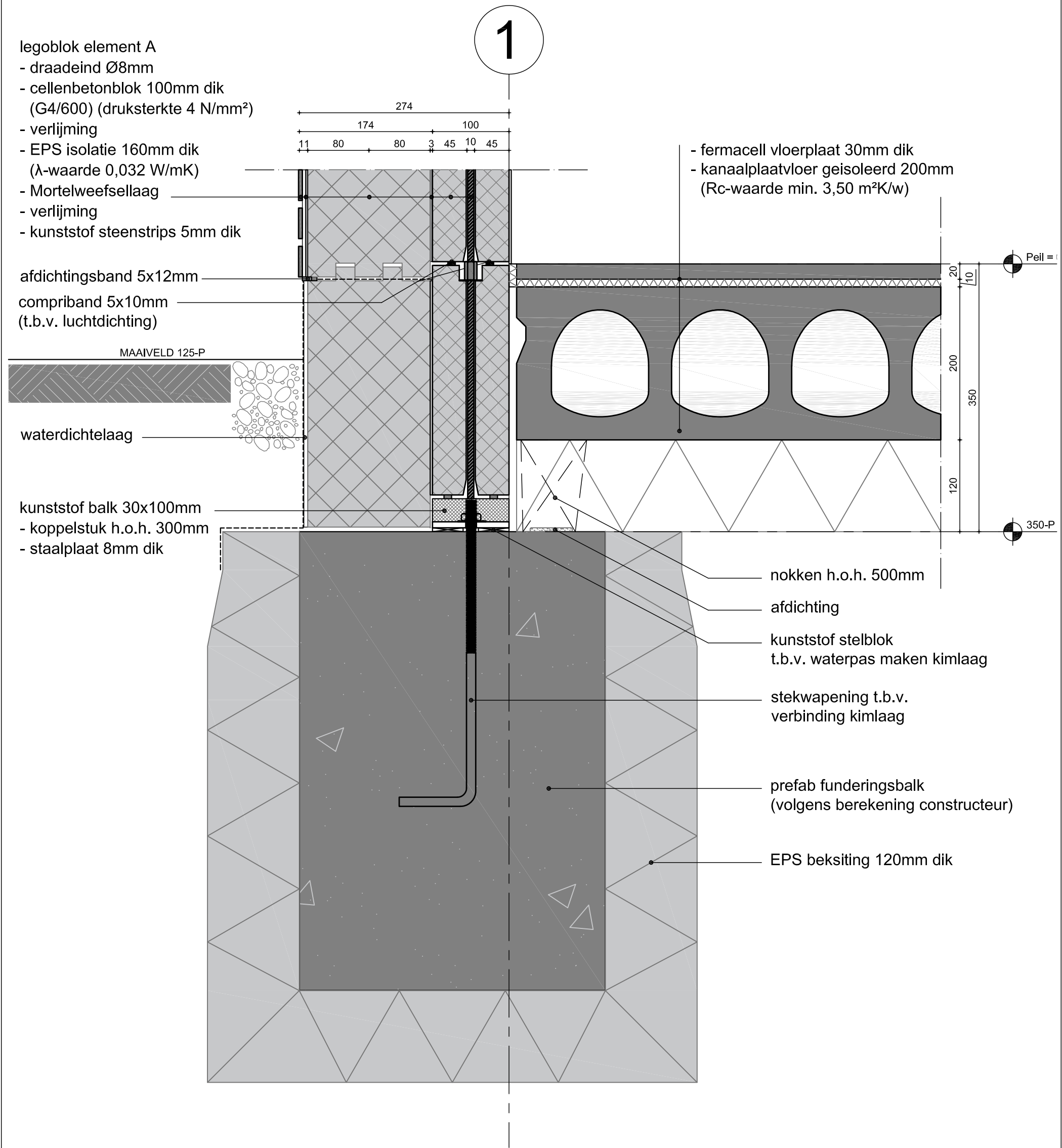
vloer systeem

hoogte vloer systeem

3315+P

verbindingsmoer Ø8mm (24mm lang)

Omschrijving project		Getekend	Gewijzigd d.d.		
Project	: Legohuis	R. Landman	RLA 12-03-2019		
Onderwerp	: Detail aansluiting houtenvloer		RLA 24-05-2019		
Opdrachtgever	: Plegt-Vos West B.V.				
 Plegt-Vos west B.V. Winthoutlaan 6-E 3526 KV Utrecht  Hogeschool Utrecht Bachelor Built Environment Padualaan 99 3584 CH Utrecht		Schaal : 1:5			Tekeningnr. DE-06
		Werknummer : 20190204			
		Formaat : A3			
		Status : VO			



Omschrijving project		Getekend	Gewijzigd d.d.		
Project	: Legohuis	R. Landman	RLA 12-03-2019		
Onderwerp	: Detail fundering met kanaalplaatvloer		RLA 24-05-2019		
Opdrachtgever	: Plegt-Vos West B.V.				
 Plegt-Vos west B.V. Winthontlaan 6-E 3526 KV Utrecht  Hogeschool Utrecht Bachelor Built Environment Padualaan 99 3584 CH Utrecht		Schaal : 1:5			Tekeningnr. DE-05
		Werknummer : 20190204			
		Formaat : A3			
		Status : VO			

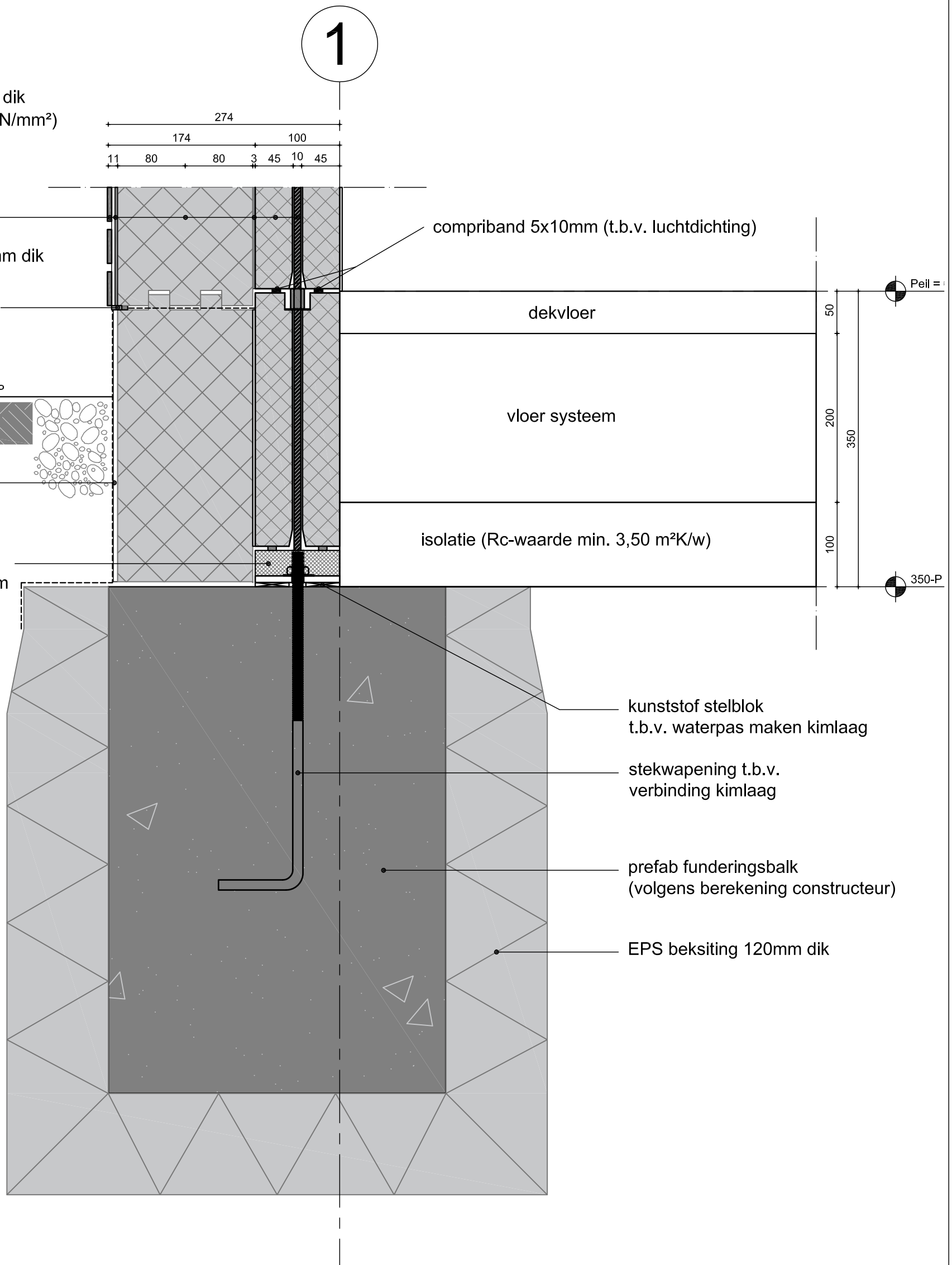
- legoblok element A
- draadeind Ø8mm
 - cellenbetonblok 100mm dik (G4/600) (druksterkte 4 N/mm²)
 - verlijming
 - EPS isolatie 160mm dik (λ-waarde 0,032 W/mK)
 - Mortelweefsellaag
 - verlijming
 - kunststof steenstrips 5mm dik

afdichtingsband 12mm

MAAIVELD 125-P

waterdichtelaag

- kunststof balk 30x100mm
- koppelstuk h.o.h. 300mm
 - staalplaat 8mm dik



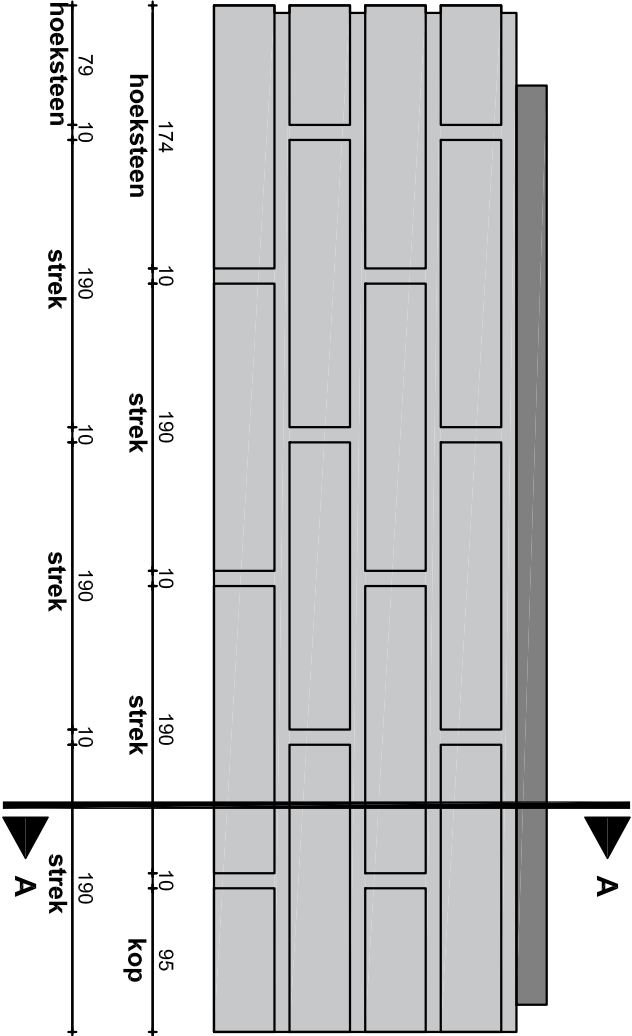
kunststof stelblok
t.b.v. waterpas maken kimlaag

stekwapening t.b.v.
verbinding kimlaag

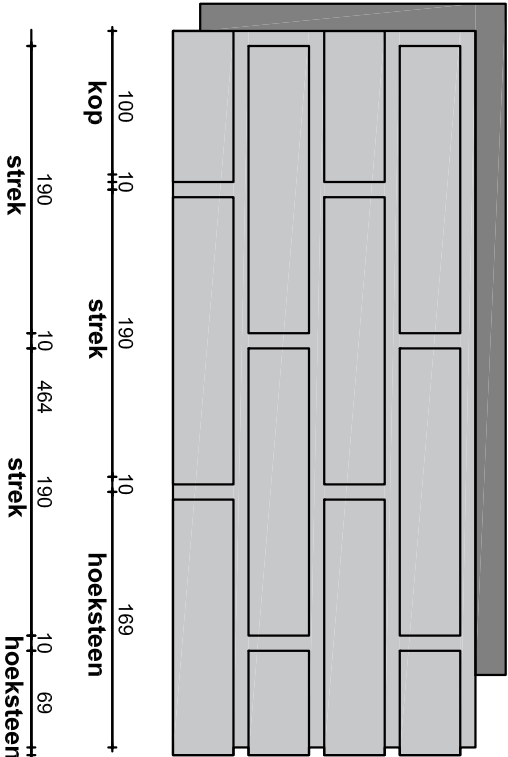
prefab funderingsbalk
(volgens berekening constructeur)

EPS beksiting 120mm dik

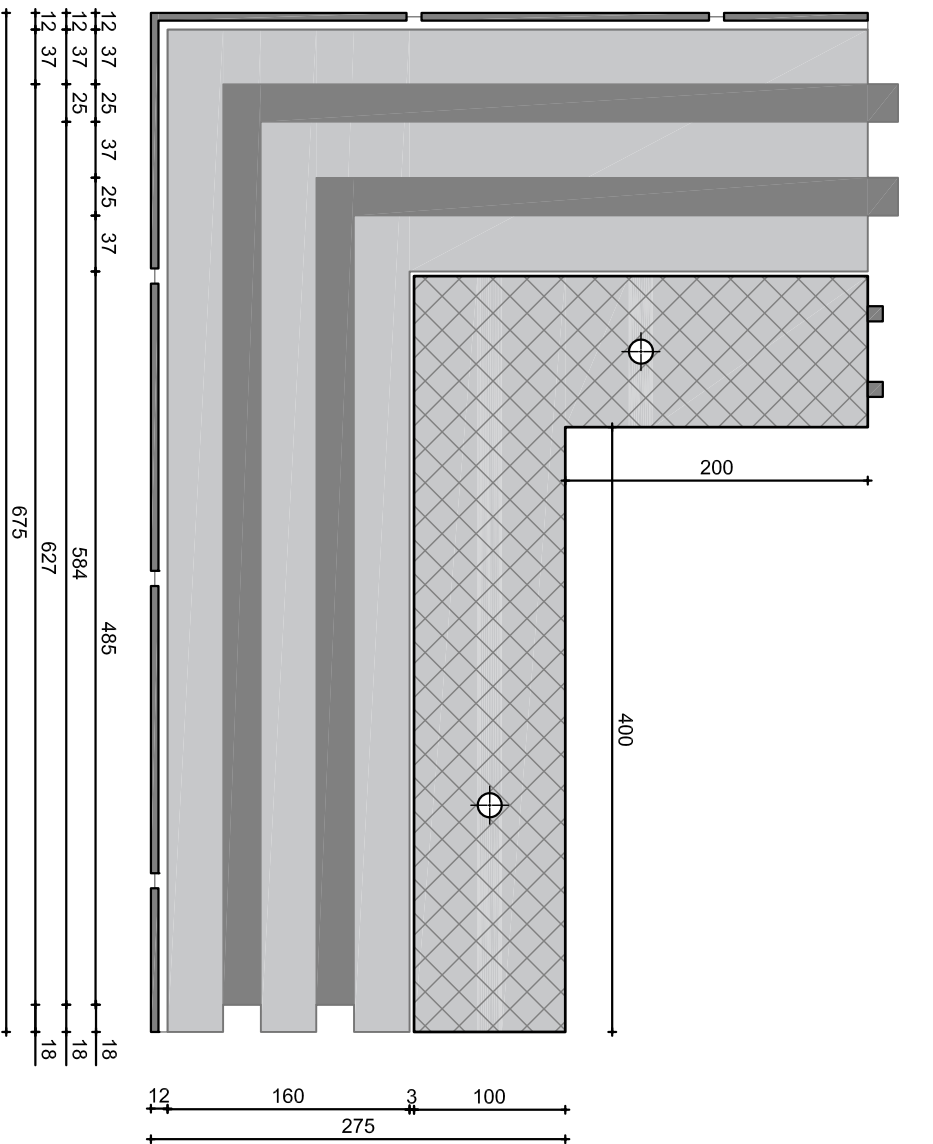
Omschrijving project		Getekend	Gewijzigd d.d.			
Project	: Legohuis	J. Hassani	RLA 12-03-2019			
Onderwerp	: Detail fundering principe		JHA 24-05-2019			
Opdrachtgever	: Plegt-Vos West B.V.					
 Plegt-Vos west B.V. Winthontlaan 6-E 3526 KV Utrecht		 Hogeschool Utrecht Bachelor Built Environment Padualaan 99 3584 CH Utrecht		Schaal	: 1:5	Tekeningnr. DE-04
				Werknummer	: 20190204	
				Formaat	: A3	
				Status	: VO	



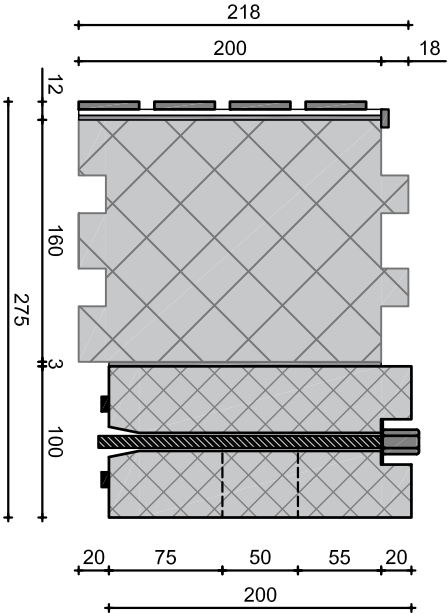
Voor aanzicht



Linkerzij aanzicht



Doorsnede A-A



Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	R. Landman	RLA 30-04-2019	
Onderwerp	:	Legoblok C (vloer element)		RLA 24-05-2019	
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
			Schaal	:	1:5
			Werknummer	:	20190204
			Formaat	:	A3
			Status	:	Werktekening



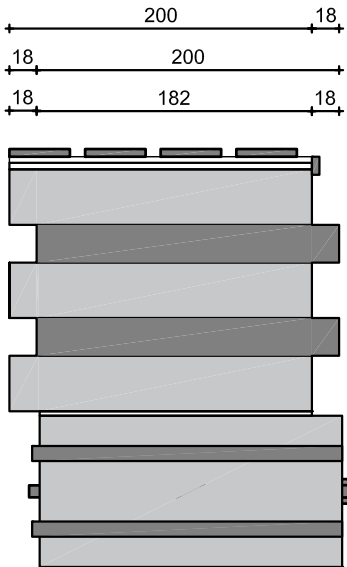
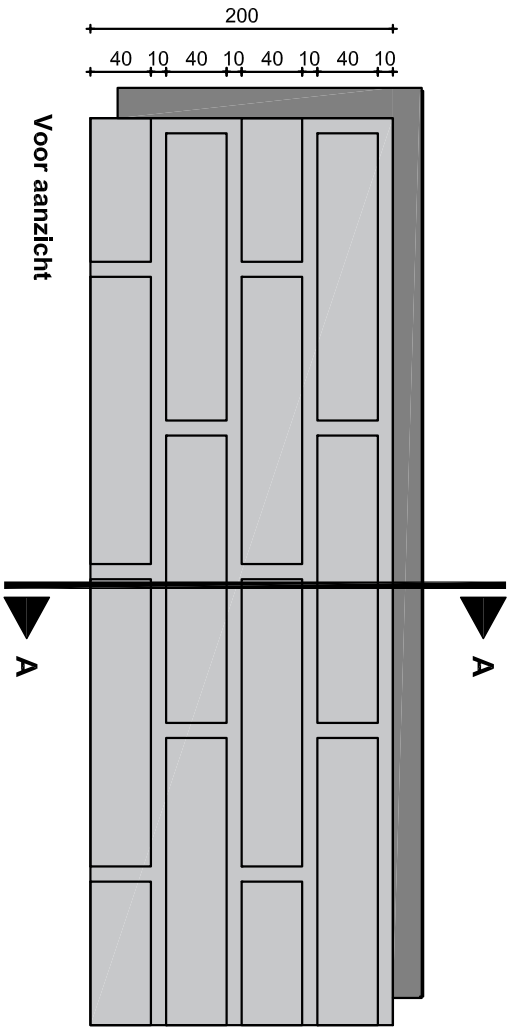
Plegt-Vos west B.V.
Winthorphan 6-E
3526 KV Utrecht



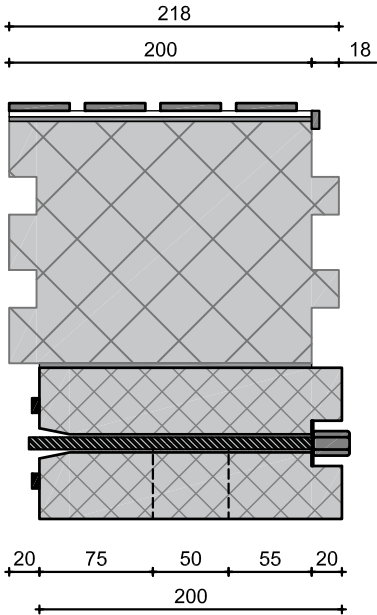
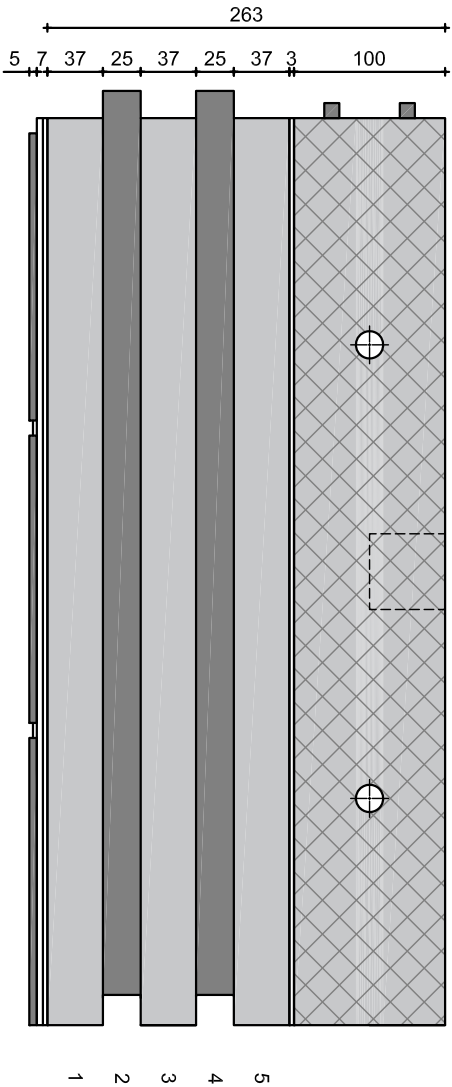
HOGESCHOOL
UTRECHT

Tekeningnr.

DE-03

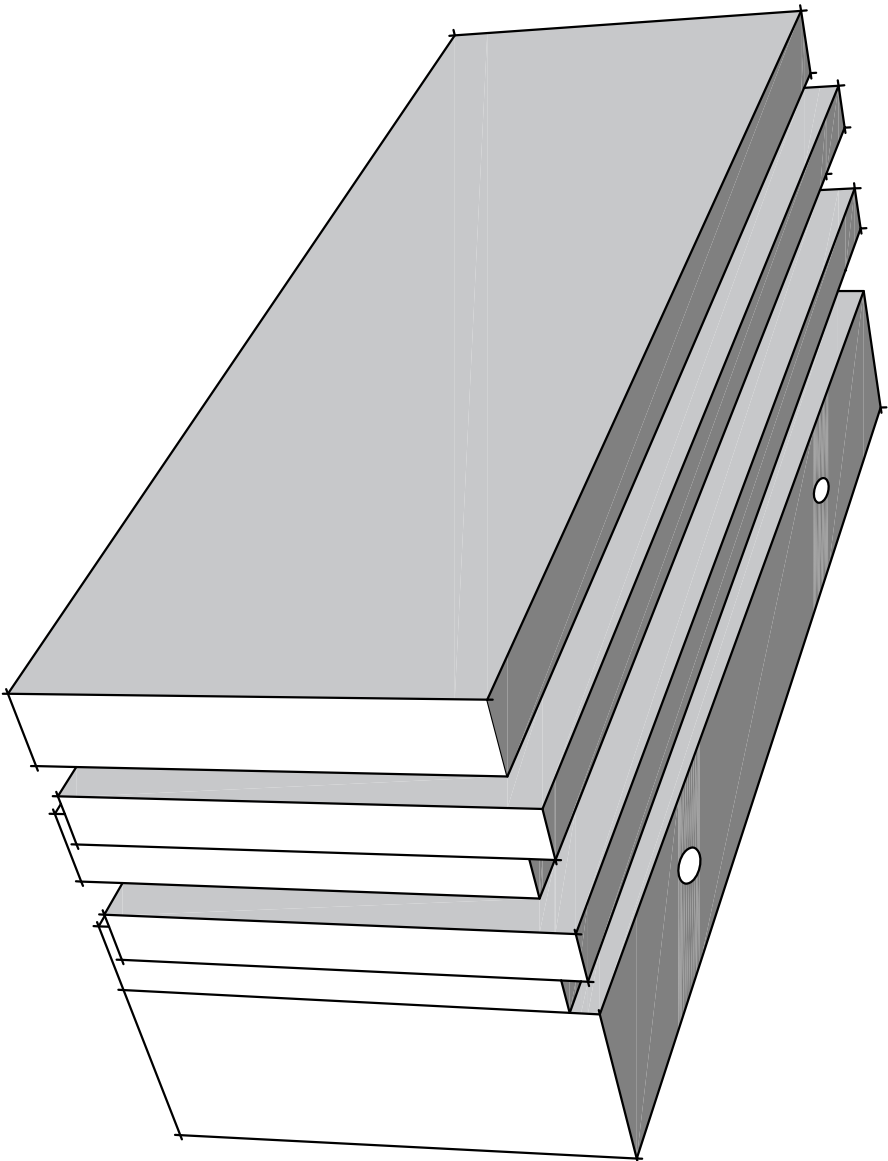


Zij aanzicht



Boven aanzicht

Doorsnede A-A



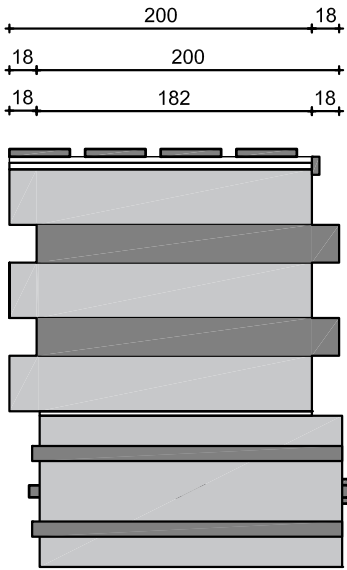
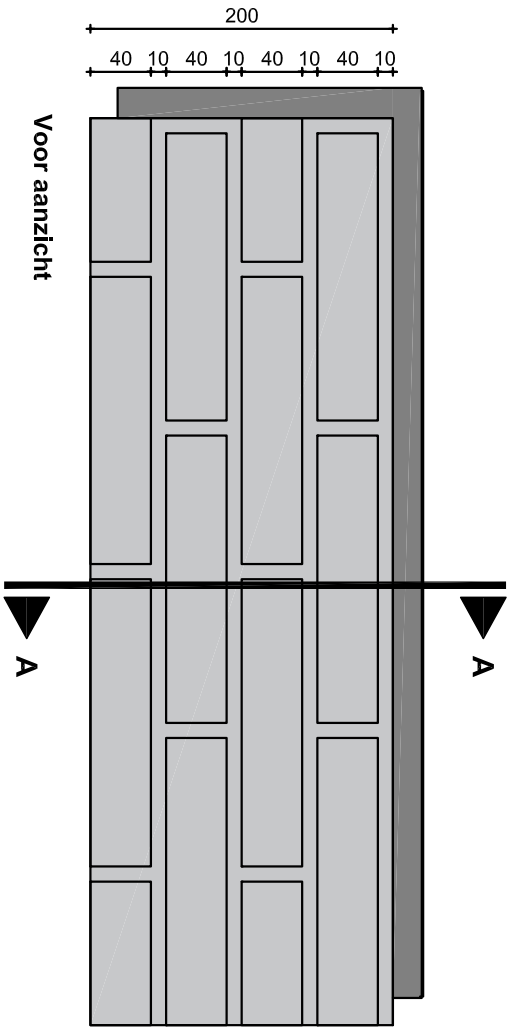
3D aanzicht

Omschrijving project				Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis		J. Hassani	RLA 30-04-2019	
Onderwerp	:	Legoblok B (hoek element)			JH-A 24-05-2019	
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.				
				Schaal	:	1:5
				Werknummer	:	20190204
				Formaat	:	A3
				Status	:	Werktekening

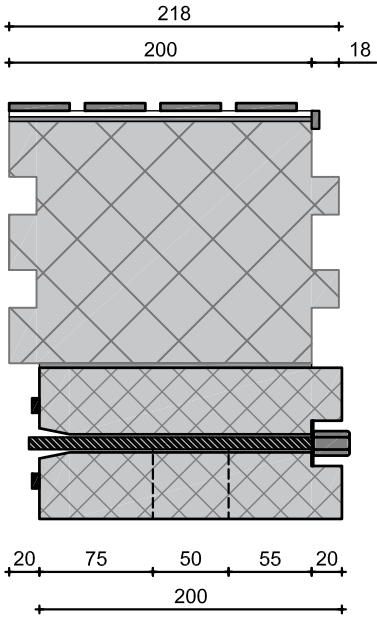
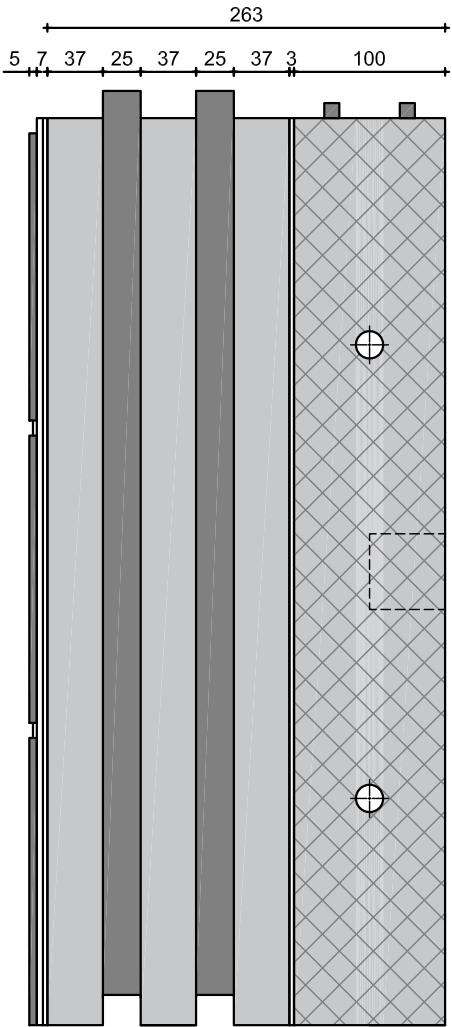
**PLEGT-VOOS**
Plegt-Vos west B.V.
Wierthorlan 6-E
3526 KV Utrecht

**HOGESCHOOL
UTRECHT**
Hogeschool Utrecht
Bacheler Bult, Enkhuizen
Padualaan 99
3504 CH Utrecht

DE-02

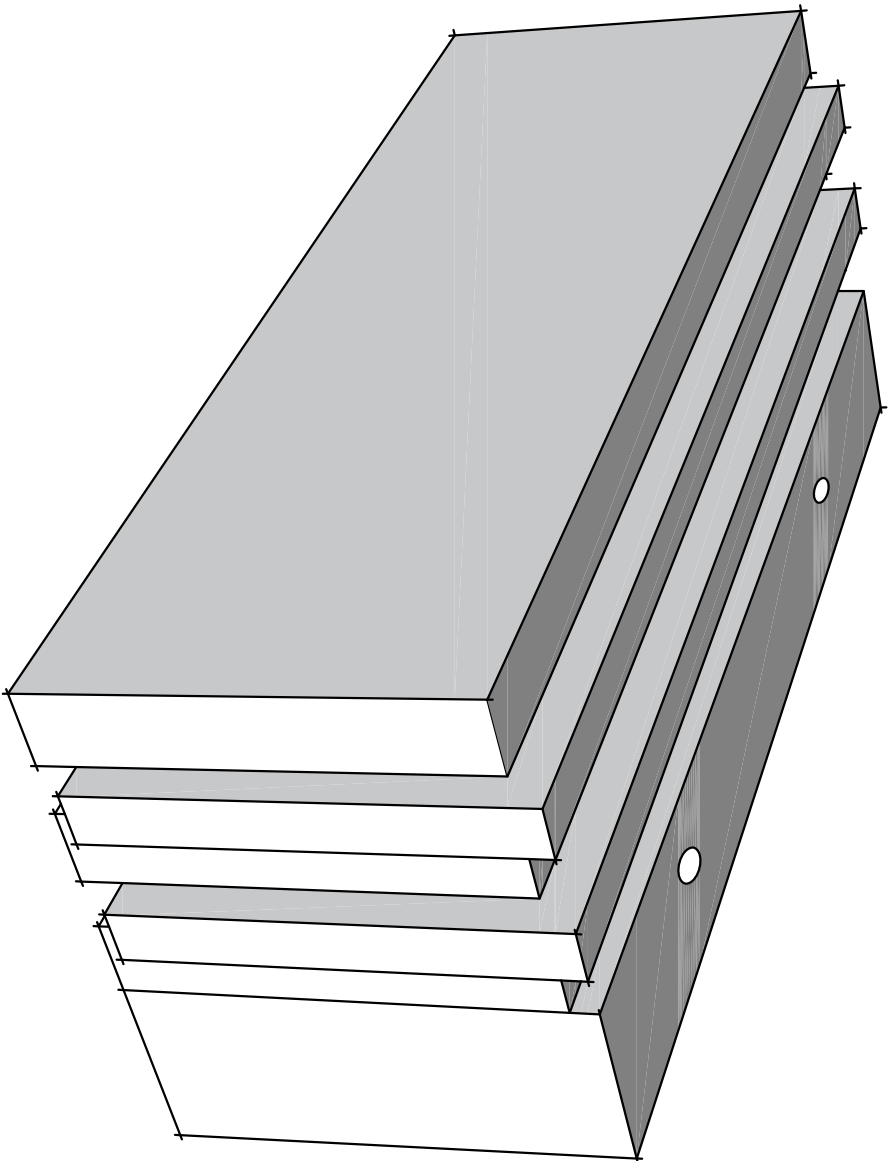


Zij aanzicht



Doorsnede A-A

Boven aanzicht

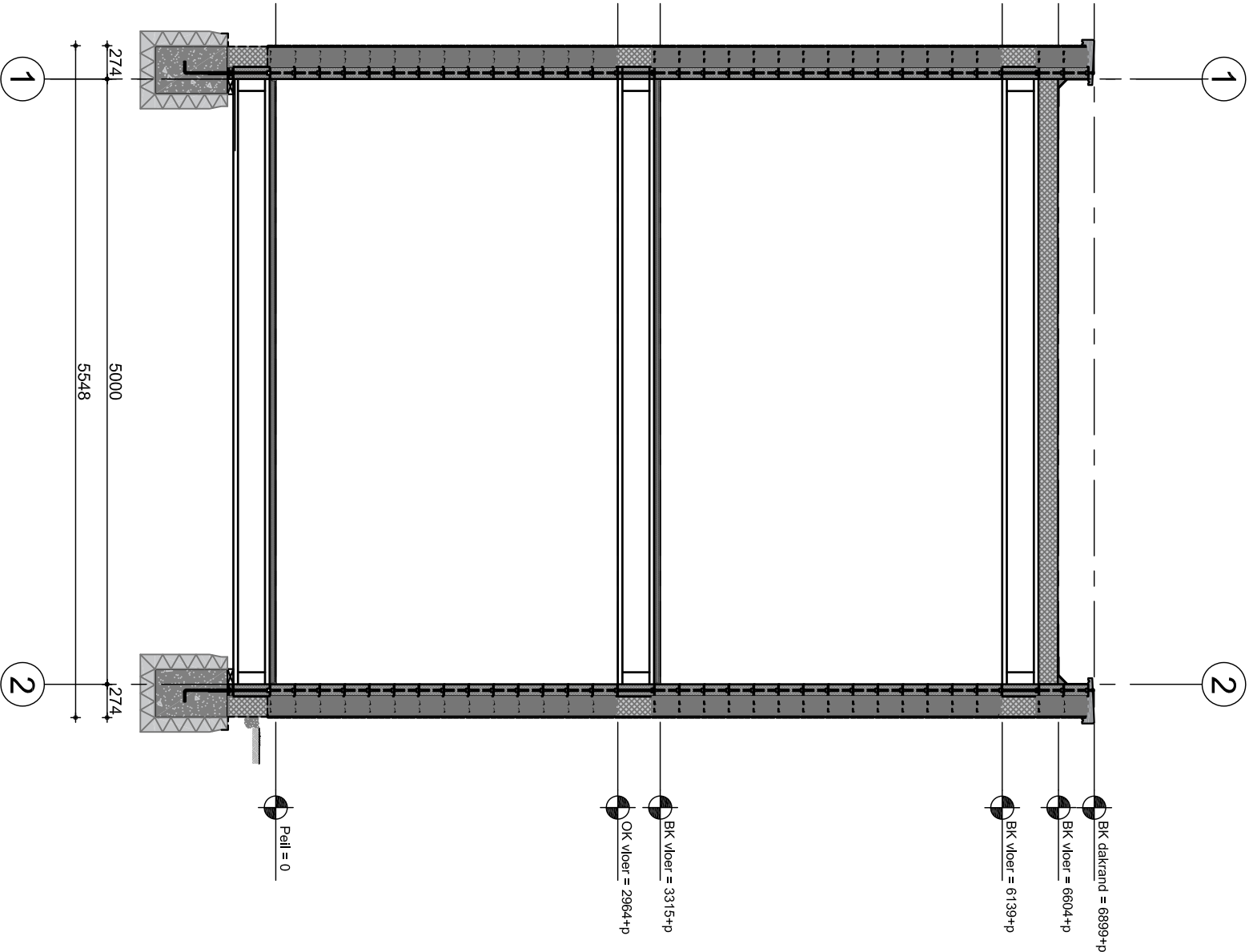


3D aanzicht

Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project	:	Legohuis	R. Landman	RLA 30-04-2019	
Onderwerp	:	Legoblok A (standaard variant)			
Opdrachtgever	:	Plegt-Vos West B.V.			
Schaal			:	1:5	Tekeningnr. DE-01
Werktuimnummer			:	20190204	
Formaat			:	A3	
Status			:	Werktekening	

**PLEGT-VOS**
Plegt-Vos west B.V.
Wierhorstlaan 6-E
3526 KV Utrecht

**HOGESCHOOL
UTRECHT**
Hogeschool Utrecht
Bachelder Bulthuis Environment
Padualaan 99
3504 CH Utrecht



Doorsnede B-B

Omschrijving project			Getekend	Gewijzigd d.d.	
Project : Legohuis			R. Landman	RLA 24-05-2019	
Onderwerp : Doorsnede BB					
Opdrachtgever : Plegt-Vos West B.V.					
			Schaal : 1:50		
			Werknummer :		
			Formaat : A3		
			Status : VO		
			Tekeningnr. D-BB		

