

Pieters Bouwtechniek
Cruquiusweg 98-S
1019 AJ Amsterdam
020-3050940

info.amsterdam@pieters.net
www.pietersbouwtechniek.nl

Het Ravenstein Definitief Ontwerp

Opdrachtgever:	Woonzorg Nederland
Architect:	[REDACTED]
Opgesteld door:	[REDACTED]
Projectleider:	[REDACTED]
Datum:	22 november 2024
Wijziging:	
Ref.:	R-723052-DO-001A



Inhoudsopgave

1	Algemeen	3
1.1	Projectgegevens.....	3
1.2	Projectomschrijving.....	3
1.3	Leeswijzer	3
2	Uitgangspunten	4
2.1	Normen en voorschriften	4
2.2	Gevolklasse, ontwerplevensduur en gebouwcategorieën.....	4
2.3	Opgelegde belastingen	5
2.4	Horizontale belastingen op vloerafscheidingen.....	5
2.5	Brandeisen-constructie	6
2.6	Belasting door sneeuw, regenwater en waterretentie.....	7
2.7	Windbelasting.....	8
2.8	Vervormingen en trillingen.....	9
2.9	Contactgeluidsisolatie	9
2.10	Buitengewone belastingen met bekende oorzaak.....	10
2.11	Buitengewone belastingen met onbekende oorzaak.....	10
2.12	Geotechnisch onderzoek	10
2.13	Grondwater.....	11
2.14	Bestaande situatie en belendingen.....	13
2.15	Duurzaam bouwen.....	13
3	Constructief ontwerp	14
3.1	Ontwerp draagconstructie.....	14
3.2	Brandwerendheid	14
3.3	Stabiliteit en gebouwdilataties	15
3.4	Ontwerp fundering.....	15
3.5	Tweede draagweg	15
3.6	Installaties.....	15
3.7	Noodoverstorten.....	16
3.8	Aandachtspunten bij nadere uitwerking	16
4	Belastingen	17
5	Technische omschrijving	20
5.1	Fundering en betontafel.....	20
5.2	Bovenbouw.....	21
6	Stabiliteitsbeschouwing.....	24
6.1	Omschrijving	24
6.2	Windbelasting cijferassen.....	27
6.3	Resultaten.....	28

Bijlage 1 Demarcatielijst werkzaamheden Technisch Ontwerp en Uitvoeringsgereed Ontwerp

Bijlage 2 "Richtlijn Toepassing Bouwconstructies in CLT"

Bijlage 3 Geotechnisch advies

Bijlage 4 Second opinion Brandveiligheid Het Ravenstein (TUE)

1 Algemeen

1.1 Projectgegevens

Project	Het Ravenstein
Opdrachtgever	Woonzorg Nederland
Architect	Ketting Huls
Adviseur bouwfysica	DGMR
Adviseur brand	DGMR
Adviseur installaties	Hiensch
Adviseur constructies	

1.2 Projectomschrijving

Het project ligt aan de Ravensteinstraat te Amsterdam West.

Naast een bestaand appartementengebouw van Woonzorg Nederland wordt een nieuw 7-laags appartementengebouw toegevoegd.

Het programma bestaat in hoofdlijnen uit de volgende onderdelen:

- Bergingen en stallingen
- Woningen (appartementen)
- Liftkern / trappenhuis / verkeerszone / balkons / galerijen
- Daktuinen / retentiedaken / zonnepanelen
- Uitbreiding van bestaande bouw

1.3 Leeswijzer

Dit rapport dient gelezen te worden samen met de constructieve DO-tekeningen en tevens de DO set van de architect en kan gebruikt worden voor kostenraming voor het Definitief Ontwerp en als uitgangspunt voor de nadere uitwerking in het Technisch Ontwerp.

2 Uitgangspunten

2.1 Normen en voorschriften

De nieuwbouw moet voldoen aan het bouwbesluit 2012. Dit betekent dat voor het constructief ontwerp de Eurocodes van toepassing zijn.

De volgende normen worden gehanteerd inclusief de Nederlandse Nationale Bijlagen (NB):

NEN – EN 1990	Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN – EN 1991	Belastingen op constructies
NEN – EN 1992	Betonconstructies
NEN – EN 1993	Staalconstructies
NEN – EN 1994	Staal – betonconstructies
NEN – EN 1995	Houtconstructies
NEN – EN 1996	Metselwerkconstructies
NEN – EN 1997	Geotechnisch ontwerp (NEN 9997)

2.2 Gevolgklasse, ontwerplevensduur en gebouwcategorieën

Volgens NEN – EN 1990 en NEN-EN 1991-1-7 geldt voor de nieuwbouw:

Gevolgklasse	CC2b (Woongebouwen, hotels en kantoorgebouwen met 5 of meer bouwlagen)
Ontwerplevensduur	klasse 3 (ontwerplevensduur = 50 jaar)
Gebouwcategorie	Categorie A (woon- en verblijfsruimte) Categorie C (bijeenkomstruimtes)

In uiterste grenstoestand STR gelden de volgende partiële factoren:

Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
	Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (indien aanwezig)	Andere
CC2 (Vgl. 6.10a)	1,35 $G_{k,j,sup}$	0,9 $G_{k,j,inf}$		1,5 $\Psi_{0,1} Q_{k,1}$	1,5 $\Psi_{0,1} Q_{k,1} (i > 1)$
(Vgl. 6.10b)	1,2 $G_{k,j,sup}$	0,9 $G_{k,j,inf}$	1,5 $Q_{k,1}$		1,5 $\Psi_{0,1} Q_{k,1} (i > 1)$

In de bruikbaarheidsgrenstoestanden geldt partiële factoren $\gamma = 1,0$

2.3 Opgelegde belastingen

Conform NEN-EN 1991-1-1+C1:2011/NB:2011 Tabel NB.1-6.2 gelden voor de vloeren binnen dit project de volgende opgelegde belastingen:

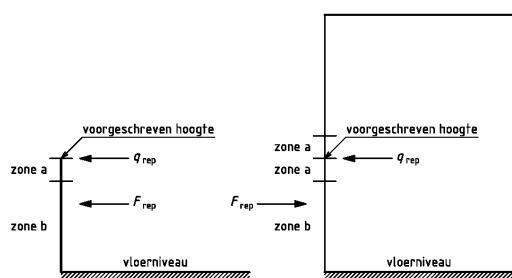
Klasse van belaste oppervlakte	Verdeelde belasting q_k		Geconcentreerde belasting Q_k		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Klasse A-vloeren (wonen en huishoudelijk gebruik)	1,75	kN/m ²	3,00	kN	0,4	0,5	0,3
Klasse A-ontsluitingswegen (wonen en huishoudelijk gebruik)	3,00	kN/m ²	3,00	kN	0,4	0,5	0,3
Klasse C3-zonder obstakels voor rondlopende mensen (bijeenkomst ruimten)	5,00	kN/m ²	7,00	kN	0,6	0,7	0,6
Klasse D1-kleinhandel (winkelruimten)	4,00	kN/m ²	7,00	kN	0,4	0,7	0,6
Klasse F-(voertuigverkeersruimten voor voertuigen lichter dan 25 kN)	2,00	kN/m ²	10,00	kN	0,7	0,7	0,6

2.4 Horizontale belastingen op vloerafscheidingen

Voor de horizontale belastingen op vloerafscheidingen gelden de eisen volgens bijlage NB.A van NEN-EN 1991-1-1+C1:2011/NB:2011.

Ruimte	q_{rep} Voorgeschreven hoogte of zone a	Voorgeschreven hoogte of zone a	F_{rep} Zone b	Zone a + b
Gemeenschappelijke ruimten met een woonfunctie	0,50 kN/m	1,00 kN	0,50 kN	0,30 kN

Voor de stootbelastingen op vloerafscheidingen gelden de eisen volgens bijlage NB.B van NEN-EN 1991-1-1+C1:2011/NB:2011.



Indeling vloerafscheiding ter plaatse van een hoogteverschil

2.5 Brandeisen-constructie

Volgens het bouwbesluit 2012 gelden voor dit gebouw de volgende eisen:

Woonfunctie (Nieuwbouw) - Lid 1, 2, 3

Gezondheidszorgfunctie (Nieuwbouw) met bedgebied - Lid 1, 5, 6

Winkelfunctie (Nieuwbouw) - Lid 1, 4, 6

Lid 1 (Nieuwbouw). Een vloer, trap of hellingbaan waarover of waaronder een vluchtroute voert, bezwijkt niet binnen 30 minuten bij brand in een subbrandcompartiment waarin die vluchtroute niet ligt. Dit geldt niet voor de vloer van een buitenruimte van een woonfunctie.

Lid 2 (Nieuwbouw). Een bouwconstructie bezwijkt bij brand in een brandcompartiment waarin die bouwconstructie niet ligt, niet binnen de in tabel 2.10.1 aangegeven tijdsduur door het bezwijken van een bouwconstructie binnen of grenzend aan dat brandcompartiment.

Voor zover dat brandcompartiment een woonfunctie is, geldt dit niet voor een bouwconstructie van een aan dat brandcompartiment grenzend subbrandcompartiment of grenzende buitenruimte.

Lid 3 (Nieuwbouw). In afwijking van het tweede lid wordt de in tabel 2.10.1 aangegeven tijdsduur met 30 minuten bekort, indien geen vloer van een verblijfsgebied van de gebruiksfunctie hoger ligt dan 7 m boven het meetniveau en de volgens NEN 6090 bepaalde permanente vuurbelasting van het brandcompartiment niet groter is dan 500 MJ/m².

Lid 4 (Nieuwbouw). Een bouwconstructie van een gebruiksfunctie met een vloer van een gebruiksgebied hoger dan 5 m boven het meetniveau of lager dan 5 m onder het meetniveau bezwijkt bij brand in een brandcompartiment waarin de bouwconstructie niet ligt, niet binnen 90 minuten door het bezwijken van een bouwconstructie binnen of grenzend aan het brandcompartiment.

Lid 5 (Nieuwbouw). Een bouwconstructie bezwijkt bij brand in een brandcompartiment waarin de bouwconstructie niet ligt, niet binnen de in tabel 2.10.2 aangegeven tijdsduur door het bezwijken van een bouwconstructie binnen of grenzend aan het brandcompartiment.

Lid 5 (Nieuwbouw). In afwijking van het vierde en vijfde lid, wordt de tijdsduur met 30 minuten bekort, indien de volgens [NEN 6090](#) bepaalde permanente vuurbelasting van het brandcompartiment niet groter is dan 500 MJ/m².

Conclusie:

De hoogste vloer van het verblijfsgebied ligt op een hoogte van circa 20,5 meter boven het niveau van de begane grond. Dit is hoger dan 13 meter, wat inhoudt dat er op de bouwconstructie een brandwerendheidseis van 120 minuten van toepassing is.

(Wanneer de permanent aanwezige vuurlast beperkt is, is een reductie mogelijk op de brandwerendheidseis van de hoofddraagconstructie. In dat geval kan de tijdsduur met 30 minuten worden bekort, indien de volgens NEN 6090 bepaalde permanente vuurbelasting van het brandcompartiment niet groter is dan 500 MJ/m². Dit aan te tonen middels rapport, op te stellen door de brandadviseur)

De woningscheidende CLT-wanden hebben in het huidige ontwerp een dikte van 220mm. Dit is in principe toereikend om zelfstandig te voldoen aan de eis van 120minuten, maar is wel afhankelijk van de opbouw van de CLT wand en de afbrandsnelheden van de betreffende leverancier.

Om de bijdrage van de houtconstructie aan de totale vuurlast verder te beperken is het voorstel om 60 minuten brandwerende beplating op de wanden te plaatsen. Zie voor verdere informatie betreffende brandwerende bekleding/beplating de rapportage van de DMGR (adviseur brand).

Op dit punt heeft de opdrachtgever ook een Second Opinion laten doen door TUE. Conclusie daarvan is dat met 60minuten brandwerende beplating van de houten wanden, de brandveiligheid van het bouwwerk is gewaarborgd binnen de brandveiligheidsfilosofie die de EUROCODE stelt.

2.6 Belasting door sneeuw, regenwater en waterretentie

Voor de bepaling van de belasting door sneeuw(ophoping) en regenwater op de daken moet NEN-EN 1991-1-3 aangehouden worden.

Om te voorkomen dat hemelwater kan accumuleren op het dak, moet de dakbedekking onder afschot worden gelegd. Tevens moeten er noodoverlaten in de gevels worden aangebracht om bij hevige regenval het hemelwater van het dak af te voeren. De belasting ten gevolge van wateraccumulatie wordt zo beperkt ook als de reguliere afvoeren niet functioneren.

Daar waar er sprake is van "waterretentie" op de daken over waar er uitgebreide groenvoorzieningen worden opgenomen, dienen de waarden van het accumulerende vermogen en de daaruit volgende daklasten van het gekozen daksysteem te worden gehanteerd, conform opgave van de leverancier. In het ontwerp is er sprake van 4 typen dakbedekking, Optigrün 300 en 700 kg/m², terrasdaken en grinddaken met zonnepanelen.

De ψ factoren bij belasting door regenwater zijn: $\psi_0 = 0,0 \quad \psi_1 = 0,0 \quad \psi_2 = 0,0$

Uitgangspunt belasting door wateraccumulatie:

Wateraccumulatie max: $q_k \leq 1,00 \text{ kN/m}^2$

Uitgangspunt belasting door sneeuw:

Karakteristieke waarde: $s_k = 0,70 \text{ kN/m}^2$

Sneeuwbelasting dak $\alpha = 0^\circ$ (geen ophoping): $s = 0,56 \text{ kN/m}^2$

ψ factoren bij sneeuwbelasting: $\psi_0 = 0,0 \quad \psi_1 = 0,2 \quad \psi_2 = 0,0$

Bij overgangen van dak niveaus kan op het lagere dak sneeuw ophopen. In de uitgangspunten wordt rekening gehouden met de hogere belasting door sneeuwophoping.

2.7 Windbelasting

Het gebouw is gelegen op het terrein van woonzorgcomplex Het Ravenstein in Amsterdam Zuidoost, nabij de Reigersbosdreef. Vanwege de omliggende laagbouw en de nabijheid van het parkeerterrein behorende bij Winkelcentrum Reigerbos aan de oostzijde wordt er gerekend met een onbebouwde omgeving. Het maaiveld rondom het gebouw verschilt in het hoogte, voor de referentiehoogte wordt gekeken naar het laagste niveau van het maaiveld.

Conform NEN-EN-1991-1-4 geldt:

Locatie Amsterdam

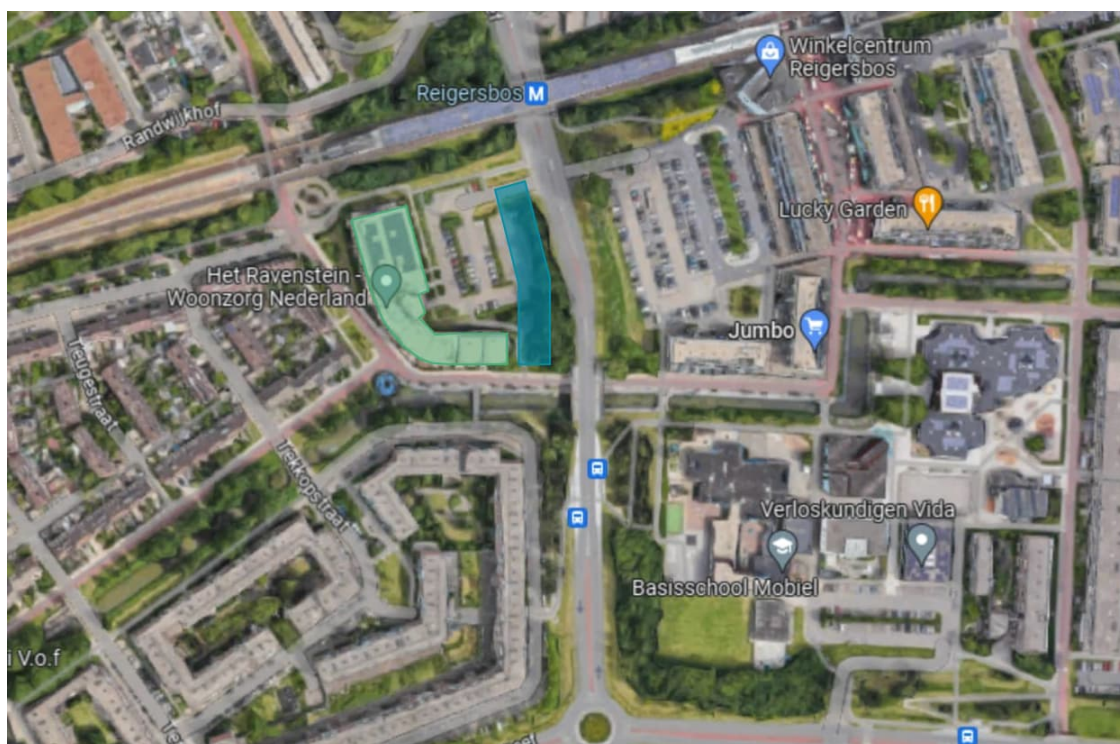
Windgebied II: het resterende deel van de provincie Noord-Holland, het vasteland van de provincies Groningen en Friesland en de provincies Flevoland, Zuid-Holland en Zeeland

Terreincategorie II - Onbebouwd gebied

Gebouwhoogte ≤ 30 meter boven maaiveld

Stuwdruk $q_p(z)$ 1,20 kN/m²

De Ψ factoren bij windbelasting zijn: $\Psi_0 = 0,0$ $\Psi_1 = 0,2$ $\Psi_2 = 0,0$



2.8 Vervormingen en trillingen

Volgens NEN – EN 1990 (+NB) geldt:

Toelaatbare horizontale vervormingen in karakteristieke belastingscombinatie:

Voor gebouwen met één bouwlaag

- $u \leq 1/150 \times h$ (voor industriegebouwen)
- $u \leq 1/300 \times h$ (andere gebouwen)

Voor gebouwen met meer dan één bouwlaag:

- $u \leq 1/500 \times h$ (voor het gehele gebouw)
- $u \leq 1/300 \times h$ (per bouwlaag)

Waarin h de kleinste gevelhoogte of de kleinste bouwlaaghoogte is.

Toelaatbare vervorming van afscheidingen ter plaatse van een hoogteverschil:

- $u \leq 20\text{mm}$ bij karakteristieke belastingcombinatie



Toelaatbare verticale vervormingen van vloeren in bruikbaarheidsgrenstoestanden:

- $w_2 + w_3 \leq 0,006 \times \ell_{\text{rep}}$ (hekwerken/balustrades t.p.v. vloerafscheidingen)
- $w_2 + w_3 \leq 0,004 \times \ell_{\text{rep}}$ (daken niet intensief gebruikt door personen)
- $w_2 + w_3 \leq 0,003 \times \ell_{\text{rep}}$ (daken en vloeren intensief door personen gebruikt)
- $w_2 + w_3 \leq 0,002 \times \ell_{\text{rep}}$ (t.p.v. steenachtige wanden, maximaal 15 mm, bij uitkragingen maximaal 10 mm)

Waarin ℓ_{rep} de lengte is van een overspanning of tweemaal de lengte van een uitkraging.

Lokaal kunnen bij de gevel vervormingen optreden tot circa 15 millimeter. De detaillering van de gevels dient door de gevelleverancier afgestemd te worden op de vervormingen die in de vloerranden optreden.

Trillingen van houten vloeren vormen een specifiek aandachtsgebied. De CLT vloeren 260mm voldoen rekentechnisch aan een trillingseis 6Hz. Dit wordt onder andere bereikt met behulp van 100mm tussenlaag massa (split 150 à 200 kg/m²) en 80mm anhydriet. Een trillingseis van minimaal 6 Hz wordt als afdoende voor het adequaat functioneren van de vloeren. EUROCODE 5 wordt vanuit het bouwbesluit niet aangewezen daar waar het vervormingen en trillingen betreft. De gehanteerde ondergrens van 6 Hz is in overleg met de opdrachtgever overeen gekomen. Zie ter informatie ook de brochure “Richtlijn Toepassing Bouwconstructies in CLT” mei 2022 van het Centraaloverleg Bouwconstructies, in de bijlage 3.

2.9 Contactgeluidsisolatie

De eisen aan de contactgeluidsisolatie zijn opgesteld door de adviseur bouwphysica. Deze dient tevens te controleren of de te treffen bouwkundige voorzieningen ten aanzien van contactgeluidsisolatie van vloeren en wanden afdoende is.

2.10 Buitengewone belastingen met bekende oorzaak

Volgens NEN-EN 1991-1-7 (+ NB) zijn de volgende buitengewone belastingen mogelijk van toepassing op dit gebouw:

- Stootbelastingen door wegvoertuigen
- Ontploffingen

Voor de constructie aan de kant van de doorgaande weg behoeft geen rekening te worden gehouden met aanrijbelastingen aangezien de constructie zich op meer dan 10m afstand bevindt van deze weg. Ook is het parkeerterrein niet direct aangrenzend.

Weg in stedelijk gebied:

$F_{dx} = 1000 \text{ kN}$ (normale rijrichting)

$F_{dy} = 500 \text{ kN}$ (loodrecht op normale rijrichting)

$d_b = 10 \text{ m}$

De bovengenoemde krachten mogen vermenigvuldigd worden met $\sqrt{1-d/d_b}$, waarin d de afstand is van het midden van de baan tot het botsingspunt. In dit geval leidt dit tot de factor "0".

2.11 Buitengewone belastingen met onbekende oorzaak

Vanwege de gevolklasse waarin het gebouw valt moet rekening gehouden worden met buitengewone belastingen met onbekende oorzaak. De hiervoor te volgen strategie wordt behandeld in de paragraaf tweede draagweg in hoofdstuk 3.

2.12 Geotechnisch onderzoek

Grondmechanisch onderzoek (veldwerk) is uitgevoerd door Van Dijk in rapport: vw 120369 versie 1 d.d. 29-06-2023. De posities van de sonderingen zijn in onderstaand fragment getoond. Er zal in 2 fases zoveel mogelijk worden gesondeerd om een zo goed mogelijk beeld van de grond te krijgen. De resterende sonderingen (9t/m12) zullen na de sloop worden uitgevoerd.



Sonderingen uitgevoerd door Van Dijk

Verder is er een voorlopig funderingsadvies gemaakt voor Hekpalen met groutinjectie d.d. 17-11-2023.

Uit het funderingsadvies kan gesteld worden dat het paalpuntniveau varieert tussen -12,0m t.o.v. NAP en -14,5m t.o.v. NAP.

Met toepassing van een trillingsvrij en geluidsarm paalsysteem zou een grondverdringende schroefpaal Ø324 (395) kunnen voldoen voor een draagvermogen van 1000kN.

Volgens van Dijk laat de bodemopbouw echter een slappe veenlaag boven zandpakket zien. In het verleden zijn er veel problemen geweest met insnoeringen bij een vergelijkbare bodemopbouw. Mocht dit het geval zijn, dan is een prefab kern noodzakelijk (combi paal). Dit is mogelijk vanaf afmeting 406/500 i.c.m. een kern 250x250 mm. Dit ter beoordeling aan de uitvoerende partij.

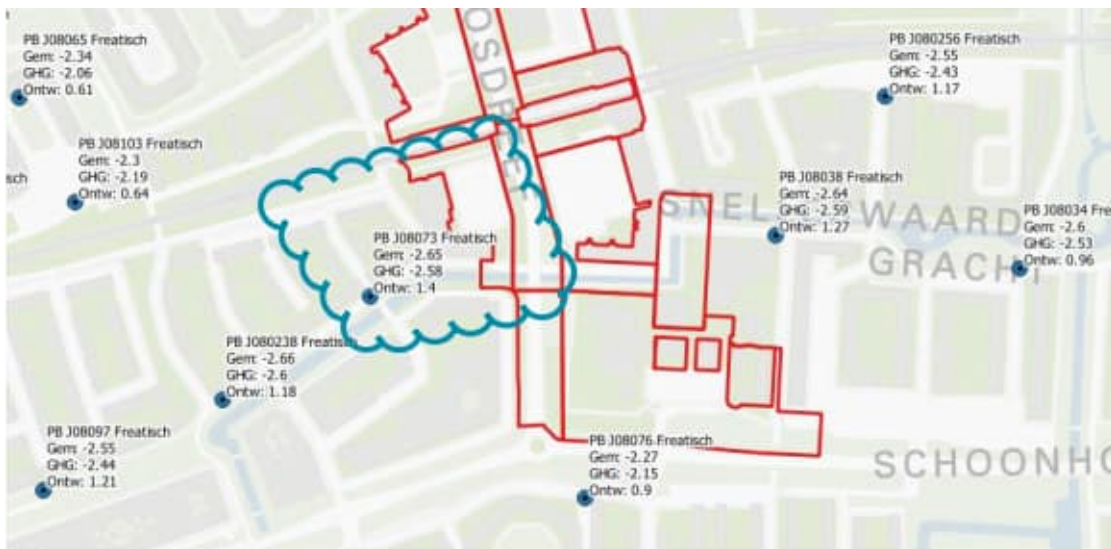
Het maaiveld is ingemeten op gemiddeld op -1,25m t.o.v. NAP.

Kwalitatief / milieutechnisch grondonderzoek wordt verricht door de Gemeente Amsterdam, waarvan de resultaten door de opdrachtgever aan de uitvoerende partij zal worden aangeleverd.

2.13 Grondwater

De grondwaterstand ligt volgens de gemeente gemiddeld op – 2,25m t.o.v. NAP.

De grondwaterstand ligt volgens Van Dijk gemiddeld op -2,65m t.o.v. NAP, zie onderstaand figuur uit het Rapport “Grondwatertoets Reigerbos”.

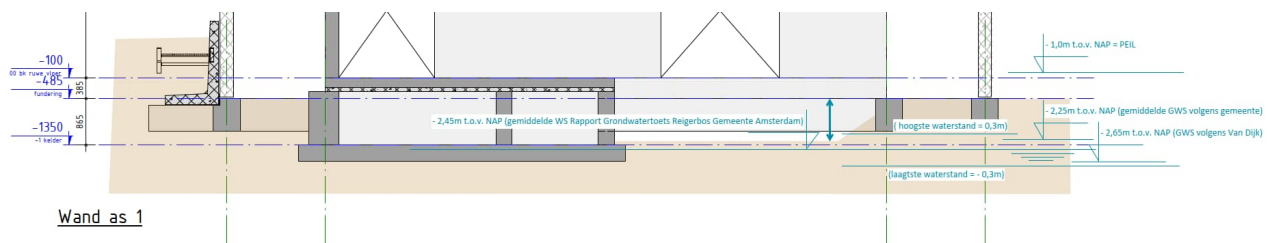


Figuur 2-5 Freatische peilbuizen Waternet met gemiddelde grondwaterstand en GHG [m +NAP] en ontwatering [m-mv]

Voor ons project is het zinvol aan te houden een gemiddelde GWS van -2,45m t.o.v. NAP met een HGWS van -2,15m t.o.v. NAP en een LGWS van -2,75m t.o.v. NAP.
Dit houdt in dat de kruipruimte gemiddeld genomen droog is.

Met een diepste indicatief aanlegniveau van de funderingspoeren op circa -2,95m t.o.v. NAP is plaatselijk tijdelijke bemaling noodzakelijk. Dit geldt tevens voor de Trafoput, lift put en waterberging.

Voor de aanleg van de overige funderingsconstructie op circa -2,3m t.o.v. NAP is dit waarschijnlijk niet noodzakelijk. Indien er een kruipruimte wordt aangelegd op -2,5m t.o.v. NAP, dan bestaat er de mogelijkheid dat deze niet alle seizoenen droog zal zijn, uitgaande van grondwaterfluctuaties orde grootte 0,3m (zie onderstaande afbeelding).



De regelgeving voor het onttrekken van grondwater zijn als volgt:

- 3. De vrijstelling, bedoeld in lid 1, onder b, is niet van toepassing op grondwateronttrekkingen
 - a. op het grondgebied van de provincie, ten behoeve van menselijke consumptie;
 - b. ten behoeve van overige doeleinden, en de te onttrekken hoeveelheid grondwater meer bedraagt dan 10 m3 per uur en 4.000 m3 per vier weken;
 - c. ten behoeve van een (bron)bemaling, (korte) bodemsanering of een pompproof:
 - 1°. met een duur langer dan 6 maanden; en
 - 2°. de te onttrekken hoeveelheid grondwater bedraagt meer dan:
 - i. 50 m3 per uur en 15.000 m3 per vier weken; of
 - ii. 150 m3 per uur en 65.000 m3 per vier weken op hogere gronden buiten Natura-2000 gebieden en een zone van 100 meter daaromheen;

Als aan bovenstaande wordt voldaan, dan is een vrijstelling met meldplicht van toepassing.

De berekening van de debieten moet altijd worden uitgevoerd o.b.v. de hoge grondwaterstand. Om dit te berekenen zal een bouwput en bemalingsadvies opgesteld moeten worden.

Voor het lozen van grondwater is een vergunning nodig. De instantie die de vergunning gaat verlenen is afhankelijk van de lozingsmethode. Bij lozing op het riool is dit vaak de gemeente. Bij lozen op het open water kan de gemeente, provincie, waterschap of Rijkswaterstaat de vergunningverlenende instantie zijn. De lozingsparameters moeten altijd worden bepaald voor het verkrijgen van een vergunning.

2.14 Bestaande situatie en belendingen

Op de projectlocatie is geen bebouwing aanwezig. Of dit in het verleden reeds het geval is geweest is niet bekend.

Aan één zijde is belendende bebouwing aanwezig, hiermee dient met het ontwerp rekening te worden gehouden. Aan de andere zijde bevindt zich het talud van een hoger gelegen verkeersweg. In hoeverre als gevolg van de nieuwbouw ingrepen in het talud noodzakelijk zijn is op dit moment niet geheel duidelijk. In de bouwkundige tekeningen wordt vooralsnog uitgegaan van een noodzakelijk grondkering van circa 800mm.

In het maaiveld zijn op verschillende plaatsen bestaande leidingen aanwezig met mogelijke noodzakelijke aanpassingen tot gevolg (twee fasen: bouwrijp maken en start bouw). Er liggen water- en gasleidingen in het maaiveld ook op het binnen terrein, dat is mogelijk een probleem.

Hiensch gaat dit in overleg met derden nader vastleggen. Conclusie is voorlopig dat alle leidingen door de gemeente naar de Dreefzijde worden verplaatst.

Ook de nieuwe leidingen liggen nu niet goed. Gemeente moet hierin oplossingen gaan bieden.

2.15 Duurzaam bouwen

Duurzaamheid vormt een belangrijk criterium voor het beoordelen van het constructief ontwerp. De volgende ontwerpaspecten zijn hierbij van belang:

Passief bouw

Optimalisatie van daglichttoetreding en zonnewarmte om het energie verbruik te minimaliseren

Duurzame bouwmaterialen

Reductie van de materiaalgebonden milieubelasting bijvoorbeeld te kwantificeren op basis van een MilieuPrestatie Gebouw (MPG) -berekening en/of op basis van beschouwing van de CO₂ belasting.

Bouw met demontabele en herbruikbare elementen

Door (grotendeels) te ontwerpen met demontabele, herbruikbare elementen, kunnen deze elementen na hun 1e levenscyclus opnieuw gebruikt worden. Onder andere door het toepassen van demontabele verbindingen en het documenteren van de toegepaste materialen in het gebouw, wordt een circulaire constructie worden gerealiseerd.

3 Constructief ontwerp

3.1 Ontwerp draagconstructie

De draagconstructie vanaf het dak tot op de 1^e verdieping bestaat uit een combinatie CLT (Cross Laminated Timber) wanden en vloeren.

De 1^e verdiepingvloer wordt ontworpen als onderdeel van een tafelconstructie die de houten wanden opvangt door bestaande uit betonnen systeem plaatvloeren (breedplaat) en (prefab) betonnen balken. De betonnen balken worden vanaf de BG vloer gesteund door (prefab) betonnen kolommen en wanden.

Deze kolommen en wanden gaan door tot op de fundering, waar ze afdragen op betonnen poeren en een raster van funderingsbalken.

De BG vloer bestaat uit een betonnen kanaalplaatvloer met daar onder een kruipruimte.

De CLT wanden hebben een dikte van 220mm. Deze maat is gebaseerd op de minimale maten ten aanzien van opleg-lengte van de vloeren (60mm), ruimte voor akoestische ont koppeling (20mm) en de minimale breedte (60mm) ten behoeve van verticale krachtsafdracht zonder extra versterkende constructieve voorzieningen.

De stabiliteit verlenende trappenhuis- en liftkern wordt opgebouwd uit betonnen wanden en betonnen prefab systeemvloeren (breedplaat).

Balkons en galerijen worden uitgevoerd in prefab betonelementen welke afdragen op een combinatie van prefab betonnen kolommen aan de balustradezijde en houten kolommen aan de woninggevelzijde. De houten worden geplaatst nadat de gevel is geplaatst en zijn daar geen integraal onderdeel van, dit mede afhankelijk van de bouwvolgorde. De stalen vluchtrappen worden middels momentvaste stalen consoles aan de galerij- en balkonplaten gekoppeld.

3.2 Brandwerendheid

De vereiste brandwerendheidseis van 120 minuten geldt voor de volgende onderdelen van de draagconstructie:

- Betonnen kolommen
- Betonnen wanden
- Betonnen systeemplaatvloer 1^e verdieping
- CLT wanden

Brandwerende bekleding op de houten wanden van 60 minuten is noodzakelijk, dit aangezien de wanden mogelijk een hoge bijdrage aan de brandlast hebben, die de Standaard Brandkromme overstijgen.

De CLT vloeren hebben een brandwerendheidsseis van 60 minuten.

Uitzondering daarop zijn de CLT vloeren ter plaatse van de kopgevels, deze hebben een eis van 120minuten brandwerendheid, aangezien deze de stabiliteit van de kopgevelwanden dienen te waarborgen tijdens brand.

3.3 Stabiliteit en gebouwdilataties

De stabiliteit van de constructie vanaf de 1^e verdieping tot aan het dak wordt in de dwarsrichting hoofdzakelijk verzorgd door een combinatie van CLT wanden en de CLT vloeren en in de langsrichting door de betonnen traphuis- en liftkern. Over de CLT vloeren zal een stalen strip worden aangebracht die de trekkracht t.g.v. windzuiging naar de kern zal brengen. De stabiliteitskracht t.g.v. de wind op de balkons dient via de oplegschoenen van de balkons overgebracht te worden naar de CLT vloeren.

Vanaf de fundering tot en met de 1^e verdiepingvloer zal de stabiliteit verzorgd worden door de betonnen tafelconstructie waarin de betonnen systeemplaatvloer de benodigde schijfvorming van de vloer verzorgt en de betonwanden zowel in dwars- als in langsrichting de stabiliteitselementen vormen.

Zowel de betontafel als de gestapelde houtconstructie zullen ongedilateerd worden uitgevoerd.

3.4 Ontwerp fundering

Het ontwerp van de fundering is een fundering op palen. Voor het funderingsadvies wordt verwezen naar het rapport van de geotechnisch adviseur (concept). Vanwege de aanwezigheid van belendingen en het voorkomen van geluidsoverlast in binnenstedelijk gebied wordt geadviseerd een trillingsarm/grondverdringend paalsysteem toe te passen.

Aan de zijde van de Reigersbosdreef zal er een grondkering in het gedeeltelijk te ontgraven talud van de weg dienen te worden opgenomen.

3.5 Tweede draagweg

Het gebouw moet voldoen aan de eisen uit de Eurocode met betrekking tot robuustheid / tweede draagweg. De regels voor de tweede draagweg staan omschreven in NEN-EN 1991-1-7: Algemene belastingen – Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen.

Concreet gezien betekent dit dat de vloeren, kolommen en wanden moeten worden voorzien van voldoende horizontale en verticale samenhang. Gezien de gekozen constructiesystemen is dat relatief eenvoudig te verzorgen. De gestapelde CLT wanden hebben voldoende samenhang in verticale richting, dit voor het geval waarin een wanddeel (max. 2,25 x wandhoogte) wegvalt als gevolg van een onbekende oorzaak. Voorwaarde is dat de wanden per verdieping uit één CLT element bestaan: ca. 2,9m x 10,5m. In horizontale richting dienen de vloeren doorgesloten te zijn. Dit is mogelijk middels het “verschroeven” van de CLT vloeren met de CLT wanden.

3.6 Installaties

Bij het ontwerp zal ook nadrukkelijk beoordeeld moeten worden of er sprake is van de aanwezigheid van complexe installaties (incl. leidingverloop). Indien er in de constructie leidingen moeten worden opgenomen kan dit consequenties hebben voor de afmetingen van de constructie (dikkere wanden en/of vloeren).

Advies:

- geen leidingen etc. in kolommen, wanden, vloerbalken en funderingspoeren op te nemen.

Belastingen ten behoeve van installaties (Luchtbehandelingskasten en dergelijke) nader te bepalen en te beoordelen t.a.v. de constructies.

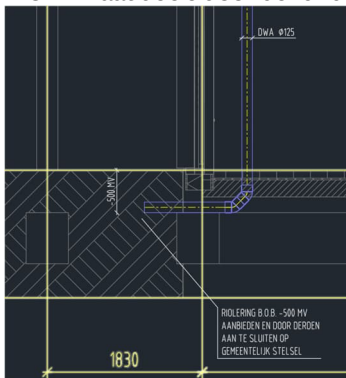
Waterbergingsmogelijkheden middels een losstaand vat, praktisch te funderen op Stelconplaten in het zand pakket in de fietsenberging BG.

3.7 Noodoverstorten

Noodoverstorten zijn nog niet bepaald. Dit zal uiteindelijk gedaan worden a.d.v. het afschot principe en de bouwkundige dakrand detaillering en het afwateringsprincipe van de betreffende dakdelen.

3.8 Aandachtspunten bij nadere uitwerking

- Volgens van Dijk laat de bodemopbouw een slappe veenlaag boven zandpakket zien. In het verleden zijn er veel problemen geweest met insnoeringen bij een vergelijkbare bodemopbouw. Mocht dit het geval zijn, dan is een prefab kern noodzakelijk (combi paal). Dit is mogelijk vanaf afmeting 406/500 i.c.m. een kern 250x250 mm. Dit ter beoordeling aan de uitvoerende partij.
 - Akoestische ontkoppelingen in de details, daartoe moet voldoende ruimte zijn.
 - Steigerloos bouwen. Dit is een door de opdrachtgever gesteld uitgangspunt in het ontwerp.
 - Werkplannen op te stellen door uitvoerende partij: droogbouwen (houten elementen), schade vrij bouwen van zichtwerkonderdelen (hout).... Werkplannen aan de directie ter beoordeling voor te leggen.
 - Installatie sparingen/tracés door de (beton)constructies dienen in een latere fase afgestemd te worden.
 - Positie van leidingen in de grond dient nader te worden onderzocht en uitgewerkt in relatie top de ingrepen in het bodempakket: fundingspalen, funderingsbalken, keerwanden etc. Het betreft o.a. gas- en waterleidingen.
 - Welke leidingen worden verplaatst welke blijven op hun huidige positie? Dit geldt ook ter plaatse van de te realiseren uitbreiding aan het bestaande gebouw.
 - Glazenwas/gevelsnoei mobiele kraan geeft druk op talud met leidingen er in. Kraan weegt 15.000kg.
 - Bouwkundige constructies:
 - Hekwerken galerijen en balkons (inclusief beplanting).
 - Trappen aan balkons.
 - Geluidsscherm mbt metro (valt buiten de verantwoordelijkheid van Woonzorg Nederland).
 - Uitwerking Pergola onafhankelijk van gebouw.
- Werkplannen op te stellen door uitvoerende partij: droogbouwen (houten elementen), schade vrij bouwen van zichtwerkonderdelen (hout).... Werkplannen aan de directie ter beoordeling voor te leggen.
- Aannemer dient werkplannen te maken en ter beoordeling aanbieden aan de directie.
- Prefab betonconstructies uit te werken door derden.
 - Rekening dient te worden gehouden met de uitlopers van de DWA het gebouw uit, welke i.v.m. de -500 B.O.B. maat deels door de funderingsbalken lopen.



- Waterreservoir (i.v.m. overloop waterretentie dak) eenvoudig te funderen op de grondslag, bijvoorbeeld m.b.v. stelconplaten (minimaal 140mm dik)
- Inrichting Trafo ruimte, deze dient te voldoen aan de uitgangspunten van Liander.

4 Belastingen

In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten voor de belastingen per onderdeel weergegeven. De opgelegde vloerbelastingen zijn aangehouden volgens de Eurocode en het programma van eisen van de opdrachtgever.

Daktuin

- Permanente belasting
 - CLT vloer h = 260mm = 1,20 kN/m²
 - Optigrün (300 en 900 kg/m²) gem. max. = 6,00 kN/m² **
 - Isolatie + bitumen = 0,50 kN/m² +
 - Totaal = 7,70 kN/m²
- Veranderlijke belasting
 - Optigrün onderhoud = 1,00 kN/m²

Dakterras

- Permanente belasting
 - CLT vloer h = 260mm = 1,20 kN/m²
 - Terras = 3,00 kN/m²
 - Isolatie + bitumen = 0,50 kN/m² +
 - Totaal = 4,70 kN/m²
- Veranderlijke belasting
 - Terrasfunctie gemeenschap. ($\psi_0 = 0,4$) = 2,50 kN/m² (Frep = 3,00 kN)

Dak grinddak

- Permanente belasting
 - CLT vloer h = 260mm = 1,20 kN/m²
 - Optigrün (225 kg/m²) = 2,50 kN/m² **
 - Zonnepanelen (lichtgewicht) = 0,50 kN/m²
 - Isolatie + bitumen = 0,50 kN/m² +
 - Totaal = 4,70 kN/m²
- Veranderlijke belasting
 - Onderhoud = 1,00 kN/m²

2^e t/m 6^e verdieping

- Permanente belasting
 - CLT vloer h=260mm = 1,20 kN/m²
 - Splitlaag/zand i.o.d. = 1,50 kN/m²
 - Afwerklaag h= 80mm anhydriet = 1,65 kN/m²
 - Afwerking = 0,25 kN/m² +
 - Totaal = 4,60 kN/m²
- Veranderlijke belasting
 - Woonfunctie ($\psi_0 = 0,4$) = 1,75 kN/m² (Frep = 3,00 kN)
 - Separatiewanden = 1,00 kN/m² +
 - Totaal = 2,75 kN/m²

** Dit is inclusief waterretentie. In nadere afstemming kunnen plaatselijk hogere belastingen worden toegepast.

1^e verdieping

■ Permanente belasting	
■ Breedplaatvloer h=260mm	= 6,50 kN/m ²
■ Afwerklaag h= 80mm anhydriet	= 1,65 kN/m ²
■ Afwerking	= 0,25 kN/m ² +
■ Totaal	= 8,40 kN/m ²
■ Veranderlijke belasting	
■ Woonfunctie ($\psi_0 = 0,4$)	= 1,75 kN/m ² (Frep = 3,00 kN)
■ Separatiewanden	= 1,00 kN/m ² +
■ Totaal	= 2,75 kN/m ²

Begane grond t.p.v. woningen

■ Permanente belasting	
■ Systeemvloer h=350mm	= 3,10 kN/m ²
■ Afwerklaag h=80mm anhydriet	= 1,65 kN/m ²
■ Afwerking	= 0,25 kN/m ² +
■ Totaal	= 5,00 kN/m ²
■ Veranderlijke belasting	
■ Woonfunctie ($\psi_0 = 0,4$)	= 1,75 kN/m ² (Frep = 3,00 kN)
■ Separatiewanden	= 1,00 kN/m ² +
■ Totaal	= 2,75 kN/m ²

Begane grond t.p.v. bijeenkomstfunctie

■ Permanente belasting	
■ Systeemvloer h=350mm	= 3,10 kN/m ²
■ Afwerklaag h=80mm anhydriet	= 1,65 kN/m ²
■ Afwerking	= 0,25 kN/m ² +
■ Totaal	= 5,00 kN/m ²
■ Veranderlijke belasting	
■ Bijeenkomstfunctie ($\psi_0 = 0,4$)	= 5,00 kN/m ² (Frep = 7,00 kN)

Begane grond t.p.v. waterkelder/trafo

■ Permanente belasting	
■ Betonvloer d=250mm	= 6,25 kN/m ²
■ Veranderlijke belasting	
■ Waterbelasting	= 15,00 kN/m ² (Frep = 3,00 kN)

Balkons en galerijen

■ Permanente belasting	
■ Prefab beton $h_{gem}=200mm$	= 5,00 kN/m ²
■ Borstwering / afscheiding	= 0,50 kN/m ² +
■ Totaal	= 5,50 kN/m ²
■ Veranderlijke belasting	
■ Ontsluitingsweg ($\psi_0 = 0,4$)	= 3,00 kN/m ² (Frep = 3,00 kN)

Trappen/bordessen (prefab beton)

■ Permanente belasting	
■ Prefab beton $h_{gem}=200\text{mm}$	= 5,00 kN/m ²
■ Borstwering / afscheiding	= 0,50 kN/m ² +
■ Totaal	= 5,50 kN/m ²
■ Veranderlijke belasting	
■ Verkeersruimte ($\psi_0 = 0,4$)	= 3,00 kN/m ² (Frep = 3,00 kN)

Wanden

■ Begane grond	
■ Betonwand d=250mm	= 6,25 kN/m ²
■ Bovenbouw	
■ CLT-wanden d=220mm	= 1,50 kN/m ²
■ Brandwerende beplating	= 0,90 kN/m ² +
■ Totaal	= 2,40 kN/m ²

Gevels

■ Houten regelwerk + isolatie+platen	= 0,75 kN/m ²
--------------------------------------	--------------------------

5 Technische omschrijving

5.1 Fundering en betontafel

1. Palen

- Nieuwbouw
HEKpaal Ø 324 (395) of als mogelijk alternatief DPA 460mm
Beoogd paal draagvermogen circa 1100 kN.
Gemiddeld inheinniveau tussen -12 en -14,5 mtr t.o.v. NAP.
Te rekenen op circa 140 palen.

De bodemopbouw laat een slappe veenlaag onder een boven zandpakket zien. In het verleden zijn er problemen geweest met insnoeringen bij een vergelijkbare bodemopbouw. Bij projecten in de directe omgeving zijn deze problemen niet bekend. Inventarisatie van een eventueel uitvoeringsrisico is aan uitvoerende partij en paallevancier.

Sonderingen zijn nog niet compleet. Nadat de sonderingen zijn uitgevoerd zal een definitief funderingsadvies worden opgesteld, inclusief draagvermogens voor het alternatief van de DPA-paal.

2. Fundering op begane grond niveau.

- 4-paals poeren, h=1250mm
Betonkwaliteit C30/37, milieuklasse XC3, wapening B500B, 175 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal.
- 2-paals poeren, h=1000mm
Betonkwaliteit C30/37, milieuklasse XC3, wapening B500B, 175 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal.
- Funderingsbalken 500x600
Betonkwaliteit C30/37, milieuklasse XC3, wapening B500B, 100 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal.

3. Begane grond vloer.

- Geïsoleerde kanaalplaat vloer h=200mm, hoogte oplegnok = 180mm.
Betonkwaliteit betonvloer minimaal C35/45, Milieuklasse XC1. Kruipruimte aanwezig.
- Breedplaatvloer h=250mm
Betonkwaliteit betonvloer minimaal C30/37, Milieuklasse XC1.

4. Wanden

- Bouwmuren o.a. t.b.v. stabiliteit middels i.h.w. gestort beton d=250mm.
Betonkwaliteit C30/37, milieuklasse XC1, wapening B500B, gemiddeld 80 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal.

5. Kolommen en/of penanten

- Prefab betonnen penanten zoals aangegeven.
Betonkwaliteit C55/67, milieuklasse XC3, wapening B500B, 250 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal.
- In het werk gestorte kolommen zoals aangegeven.
Betonkwaliteit C35/45, milieuklasse XC3, wapening B500B, 250 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal.

6. 1^e verdieping

- Breedplaat systeemvloer h=260mm.
Betonkwaliteit C30/37, milieuklasse XC1, wapening B500, 80 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal.
- Balkstroken t.p.v. 1^e verdiepingsvloeren middels prefab betonnen balkbodems, afmetingen conform tekening.
Betonkwaliteit C30/37, milieuklasse XC1, wapening B500, 175 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal.

5.2 Bovenbouw

7. 2^e t/m 6^e verdieping

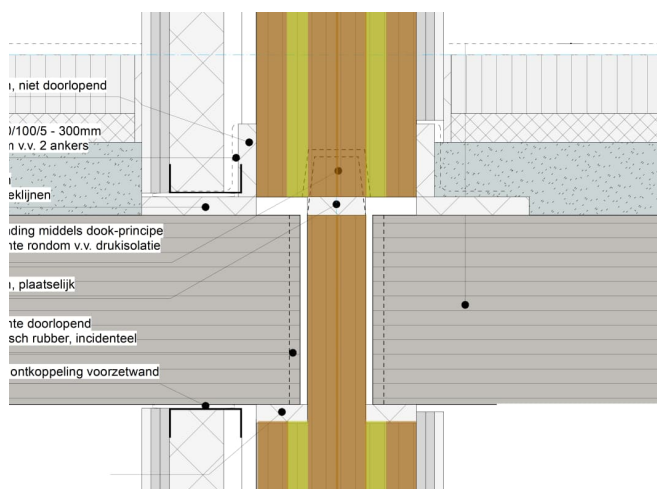
- CLT plaatvloer h=260mm.
Kwaliteit conform gegevens leverancier.
- Vloeren traphuis- Beeldplaat vloer h=260mm.
Betonkwaliteit C30/37, milieuklasse XC1, wapening B500, 80 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal.

8. Daken

- CLT plaatvloer h=260mm.
Kwaliteit conform gegevens leverancier.
- Dak traphuis- Beeldplaat vloer h=260mm.
Betonkwaliteit C30/37, milieuklasse XC1, wapening B500, 80 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal.

9. Wanden

- Wanden liftkern middels. i.h.w. gestort beton d=250mm.
Betonkwaliteit C30/37, milieuklasse XC1, wapening B500B, gemiddeld 70 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal.
- Woningencheidende wanden en wanden t.b.v. stabiliteit vanaf de 1^e verdieping.
CLT-wanden d=220mm. Kwaliteit en samenstelling te bepalen door leverancier mede op basis van belastbaarheid en gedrag bij brand. De zwaarst belaste wanddelen bevinden ter plaatse van de balkon oplegging 500 a 750 kN/m. Daar zwaarste samenstelling van een wanddeel 2x CLT110 (40-30-30) is de basis van het ontwerp, zie onderstaande afbeelding. Definitieve opbouw van de elementen is te bepalen door de betreffende leverancier.



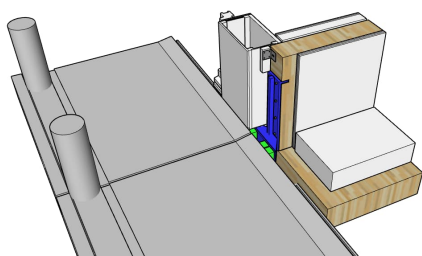
- Separatiewanden:
Ruimte scheidende wanden, gewicht maximaal 100 kg/m².

10. Kolommen en/of penanten

- Prefab betonnen kolommen / penanten zoals aangegeven.
Betonkwaliteit C55/67, milieuklasse XC1, wapening B500B, 250 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal.
- Stalen kolommen zoals aangegeven.
Staalkwaliteit S355, 120 minuten brandwerend afwerken/coaten.

11. Balkons

- Balkons d.m.v. prefab betonplaten.
- Prefab betonnen kolommen / penanten zoals aangegeven.
Betonkwaliteit C55/67, milieuklasse XC3, wapening B500B, 250 kg/m³ excl. knipverlies en hulpstaal
- Oplegschoen ter bevestiging aan houten CLT wanden (S235).



12. Trappen en bordessen

- Trappen in algemene ruimte middels prefab beton.
Betonkwaliteit minimaal C35/45, milieuklasse XC1, wapening B500B.
- Bordes middels prefab beton h=250mm.
Betonkwaliteit minimaal C35/45, milieuklasse XC1, wapening B500B.
Bordessen opleggen op hoekstalen L180x180x16
Staalkwaliteit S355, brandwerend bekleden.
- Trappen in buiten middels stalen profilering.
Staalkwaliteit S235. Thermisch verzinkt.

13. Gevels

- De gevels bestaan voornamelijk HSB elementen.
Uitgangspunt vanuit constructief oogpunt is dat HSB gevels worden bevestigd aan de CLT vloerranden.

14. Conservering staalconstructie

- Conservering inspecteerbare constructiedelen:
Alle stalen constructies binnen droge verwarmde ruimten voorbehandelen middels stralen en aanbrengen van een grondstelsel.
Alle stalen constructies in overige ruimten en welke met de buitenlucht in aanraking komen thermisch verzinken.
- Conservering niet-inspecteerbare constructiedelen:
Stalen constructies in de spouw en/of in contact met buitenspouwblad (vochtig) thermisch verzinken, zinklaagdikte 100µm.

15. Wapeningswerk, Betonstaal

- Bij de opgave is uitgegaan van traditioneel wapenen, dus wapenen met losse staven. Eventueel grotere hoeveelheden ten gevolge van het toepassen van netten door aannemer zelf in te schatten.
- Bij de opgegeven wapeningshoeveelheden is geen rekening gehouden met grotere laslengten in verband met het niet verspringend aanbrengen van wapening. Indien de aannemer in enig onderdeel wapeningsnetten in plaats van traditioneel gevlochten wapening (losse staven) wil toepassen en waarvan de wapeningstekeningen reeds door de constructeur zijn vervaardigd is dit slechts toegestaan indien:
- De aannemer vervaardigt de nieuwe wapeningstekeningen (netten met losse bijlegwapening) van de bedoelde onderdelen op basis van de door de constructeur verstrekte wapeningstekeningen.

- De hoeveelheid wapening als volgt berekenen:
 - vloeren: doorrekenen over balken en poeren.
 - balken: doorrekenen over balkkruisingen.
 - balk- en poerhoogten zijn inclusief vloerdikte.
- Voor het bepalen van de wapeningsgewichten zijn de theoretische staafgewichten aangehouden.
- Indicatie wapeningshoeveelheden (incl. 5% verankeringslengten en excl. knipverlies, supports en hulpstaal)

NOOT:

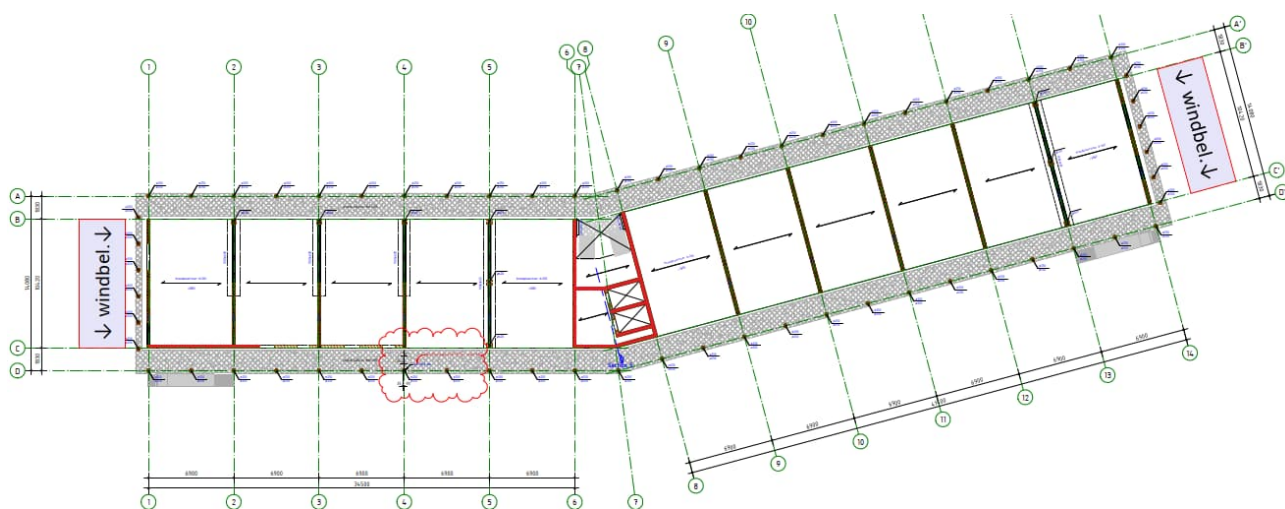
De opgegeven waarden zijn bepaald op basis van globale ontwerpberekeningen en kunnen nog wijzigen. In vervolgfases zullen de afmetingen en hoeveelheden nauwkeuriger kunnen worden bepaald.

6 Stabiliteitsbeschouwing

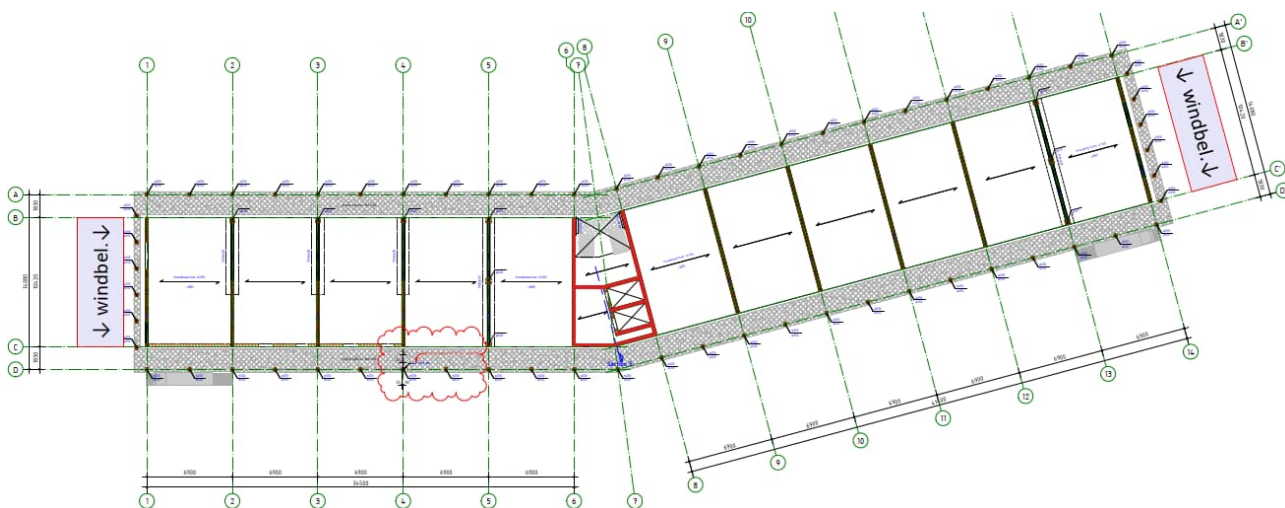
6.1 Omschrijving

De stabiliteit van het woongebouw wordt verzorgd door een in het werk gestorte betonkern. De kern heeft een afmeting van circa 10,4 x 6,5m.

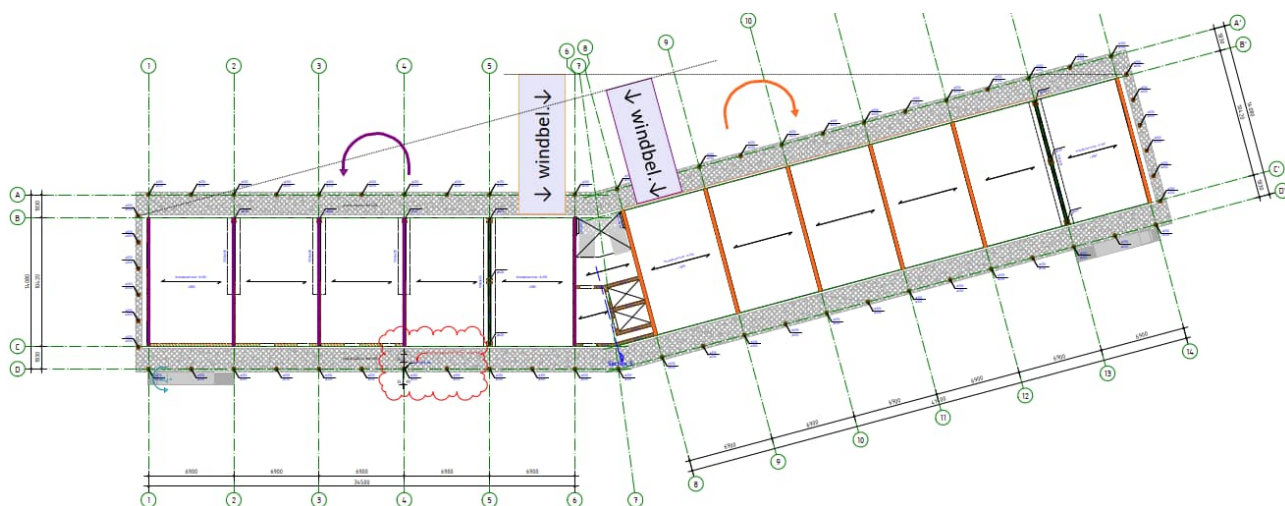
De meewerkende wanden per windrichting/onderdeel zijn onderstaande afbeeldingen weergegeven. De wanden in de kern werken volledig met elkaar samen.



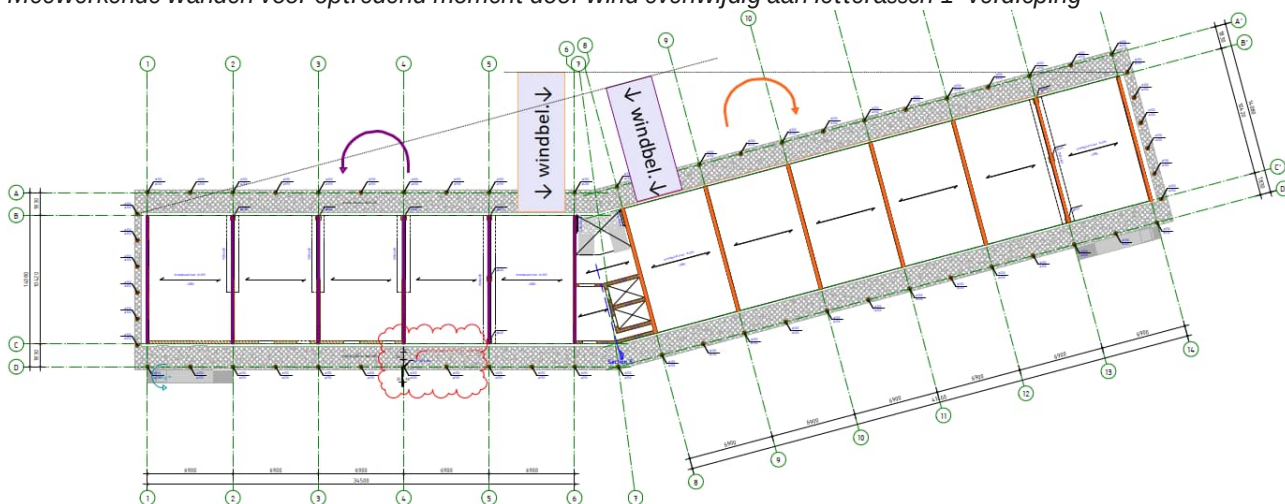
Meewerkende wanden voor wind evenwijdig aan letterassen 1^e verdieping



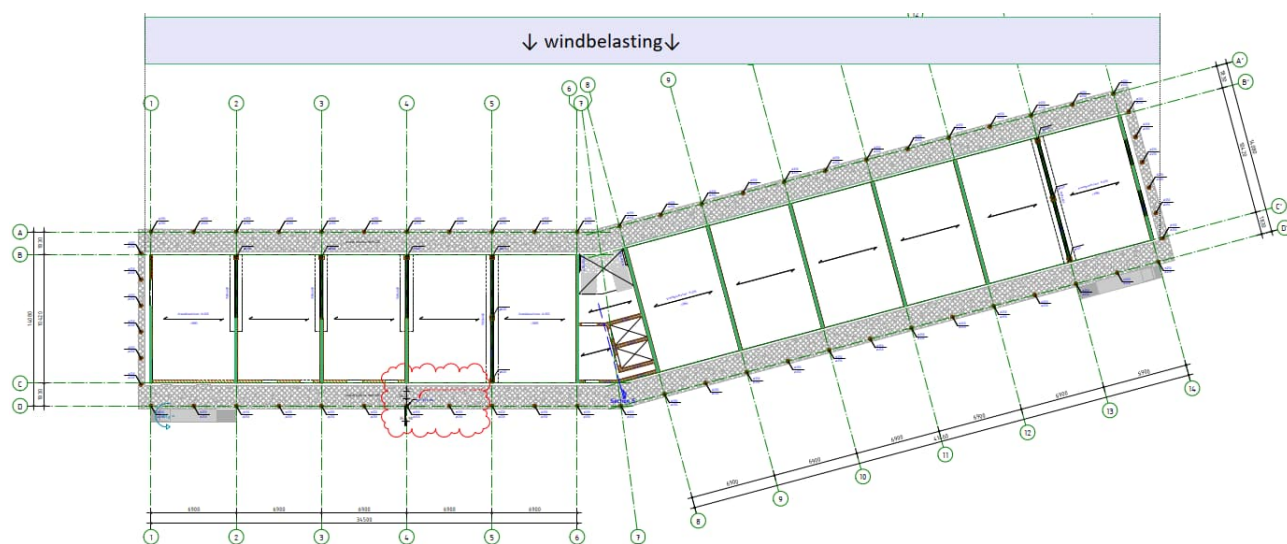
Meewerkende wanden voor wind evenwijdig aan letterassen 2^e t/m dakverdieping



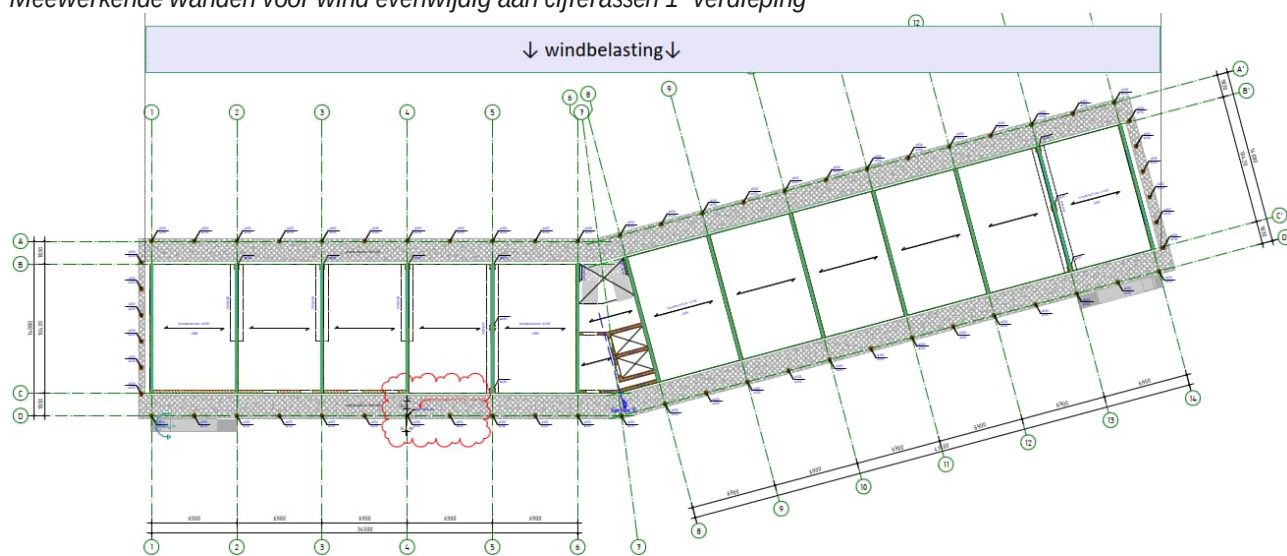
Meewerkende wanden voor optredend moment door wind evenwijdig aan letterassen 1^e verdieping



Meewerkende wanden voor optredend moment door wind evenwijdig aan letterassen 2^e t/m dakverdieping



Meewerkende wanden voor wind evenwijdig aan cijferassen 1^e verdieping



Meewerkende wanden voor wind evenwijdig aan cijferassen 2^e t/m dakverdieping

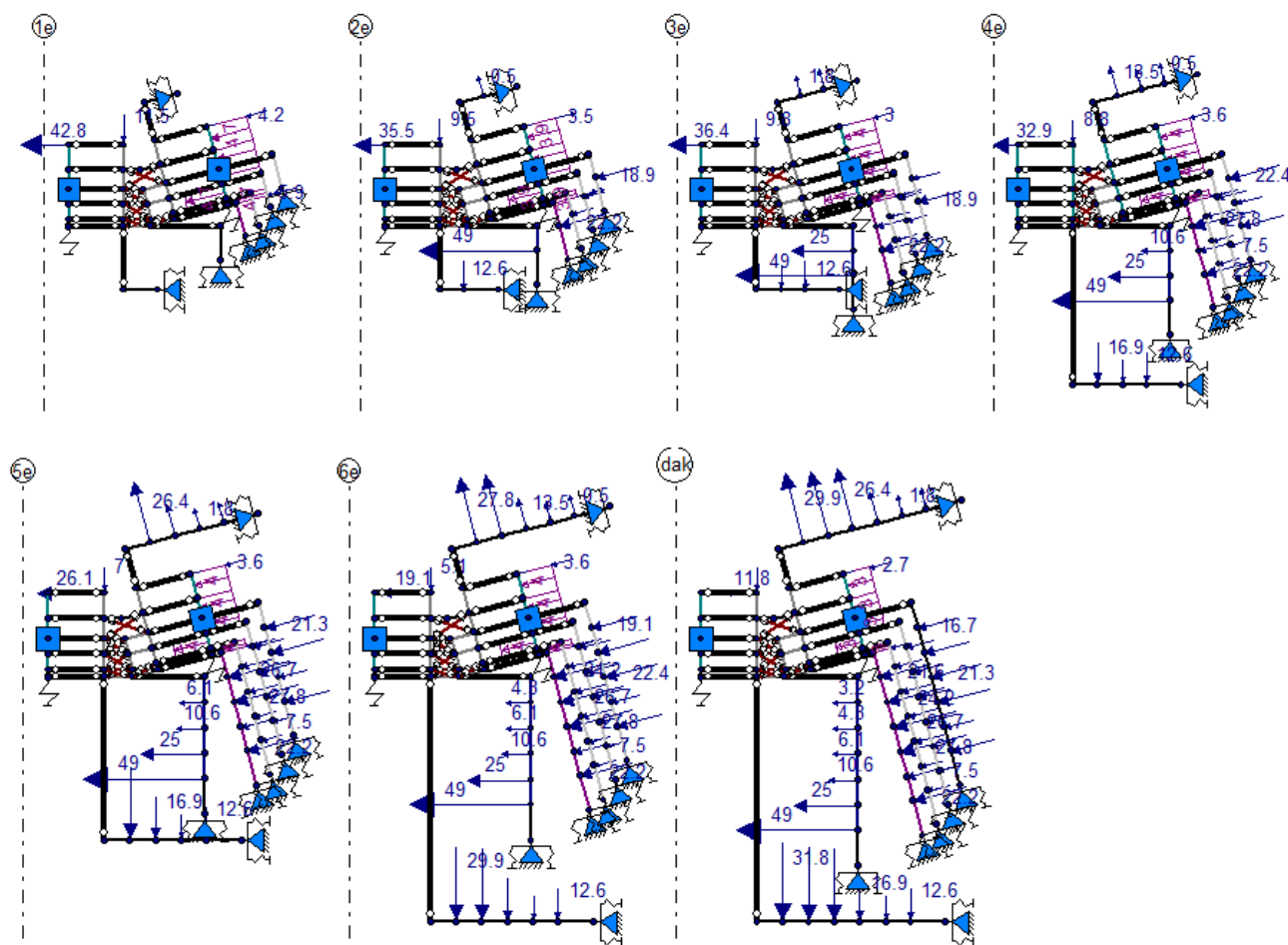
6.2 Windbelasting cijferassen

De stuwdruk aan de bovenzijde van het gebouw is circa $1,2 \text{ kN/m}^2$. De windbelasting is per verdieping aan gebracht als lijnlast op de vloer. Voor het bepalen van de lijnlast op de vloer is deze vermenigvuldigd met de verdiepingshoogte: 3,15 meter.

Daarnaast is de belasting t.g.v. het uitstekende gebouwdeel als puntlast berekend op de vloer.

Zoals in het eerdere hoofdstuk weergegeven wordt het moment in deze berekening opgenomen door de wanden op de cijferassen en dus niet meegenomen bij het berekenen van de vervorming van de kern.

Per verdieping is de windbelasting op de constructie bepaald.



Bijlage 1 Demarcatielijst werkzaamheden Technisch Ontwerp en Uitvoeringsgereed Ontwerp

Project: 723052 Het Ravenstein

Datum: 07-02-2024

Fase: TO en UO - fase

Onderdeel	Omschrijving	Verantwoordelijkheid	
		PBT	Aannemer
1	Algemeen		
	Tekenwerk		
	DO tekeningen nieuwe constructie (incl. doorsneden)	x	
	TO tekeningen nieuwe constructie (incl. doorsneden en details)		x
	UO tekeningen nieuwe constructie (incl. doorsneden en details)		x
	Slooptekeningen		x
	Berekeningen:		
	Rapport uitgangspunten constructief ontwerp	x	
	Gewicht- en stabiliteit berekeningen		x
	Hoofdberekeningen prefab beton, staal en hout		x
	Opgave belastingen ten behoeve van constructieonderdelen		x
	Diversen:		
	Knooppunten tussen verschillende onderdelen berekenen en coördineren		x
	Opgave constructiedilatatie in betonskelet		x
	Opstellen werkplannen en uitvoeringsplannen		x
	Controle constructieve onderdelen in werkplannen ten behoeve van uitvoering.	o	x
5	Bouwplaatsvoorzieningen		
	Voorzieningen standzekerheid (mobiele) bouwkranen (kraanfundering ed)		x
	Tijdelijke bemaling		x
	Inmeten bestaande situatie (belendingen etc)		x
10	Stut- en sloopwerk		
	slooptekeningen		x
	sloopplan incl. te treffen voorzieningen met bijbehorende berekeningen		x
	bestaande funderingsresten in kaart brengen		x
	0-meting van bestaande pand en belandende panden		x
	monitoringsplan		x
	geluids- en trillingsmetingen		x
	voorzieningen afwijkingen damwandconstructie		x
	tekeningen hak en breekwerk ten behoeve van kassen en opgave van vijzels		x
	berekeningen vijzels (type, vijzelkrachten, etc.)		x
	werkplaatstekeningen vijzels		x
	overzichtstekeningen van type vijzels en details en detailmaatvoering		x
	verifiëren van kwaliteit bestaande constructie (proefcilinders)		x
12	Grondwerk		
	AP04 onderzoek/ Schoon grond verklaring		x
	Traceren kabels en leidingen voor aanvang grondwerkzaamheden		x
	Omleggen leidingen, tijdelijke voorzieningen (nuts)leidingen		x
20	Funderingspalen en damwanden		
	Geohydrologisch advies	o	
	Uitwerking geohydrologisch advies (Peilbuizen etc)		x
	Bouwputadvies	o	
	Bemalingsadvies	o	
	Vergunning bemalingsadvies (binnen het huidige ontwerp bestaat een melding)		x
	Uitwerking bemalingsadvies		x
	Damwand advies	o	
	Damwandtekeningen		x
	KLIC-melding		x
	Uitwerking bouwputadvies		x
	Uitwerking stempelconstructie en/of verankeringen (berekeningen en tekeningen)		x
	Palenplan, incl. maatvoering en nummering		x
	Funderingadvies		x
	Paaltekeningen en -berekeningen		x
	Heitoezicht		x
	Inmeetgegevens damwand en paalafwijkingen		x
	Voorzieningen heiafwijkingen (ontwerpen aanpassen funderingsconstructie)		x
	Voorzieningen afwijkingen damwand (indien noodzakelijk voor uitvoering keerwand)		x
	Geotechnisch advies Prefab keerwand naast talud	o	
21	In het werk gestort beton		
	Vormtekeningen fundering (funderingsbalken, poeren en keerwanden) inclusief details TO en UO		x
	Wapeningsberekeningen en wapeningstekeningen fundering, poeren en kelderwanden UO		x
	Vormtekeningen liftputten inclusief details TO en UO		x
	Wapeningsberekeningen en wapeningstekeningen liftputten UO		x
	Vormtekeningen ihwg: kolommen, balken en wanden inclusief details TO en UO		x
	Wapeningsberekeningen en wapeningstekeningen ihwg: kolommen, balken en wanden		x
	Vormtekeningen ihwg vloeren inclusief details TO en UO		x
	Wapeningsberekeningen en wapeningstekeningen ihwg vloeren UO		x
	Afstemmen wapeningsnetten, nettenleverancier UO		x
	Vormtekeningen druklagen, te dichten sparringen, aanhelen constructie, passtroken UO		x
	Stortplan UO		x
	Sparingsstekeningen (installateurs en in te storten voorzieningen)		x
	Stut- en stempelvoorzieningen (berekeningen en tekeningen)		x
22	Metselwerk		
	Berekeningen (dragend) metselwerk		x
	Tekeningen (dragend) metselwerk incl. dilatatie, wapening		x
	Metselwerkondersteuning (beton / staal) tekeningen en berekeningen		x
23	Geprefabriceerd beton		
	SCHILPLAATVLOEREN		
	overzichtstekeningen plattegronden TO en UO		x
	hoofddimensies en principedetails en statische uitgangspunten en externe samenhang	o	x
	legplannen + oplegdetails + koppelingen schilplaatvloeren		x
	berekeningen schilplaat + druklaagwapening (inclusie versterkte stroken en pons)		x
	tekeningen schilplaat vorm, wapening, ravelingen en versterkte stroken		x
	tekeningen wapening druklagen schilplaatvloeren		x
	berekeningen + (schetsmatige) opgave t.b.v. de interne samenhang (schijfwerking)		x
	opgave eventuele oplegvoorzieningen (oplegvilt en voegen)		x

Project: 723052 Het Ravenstein

Datum: 07-02-2024

Fase: TO en UO - fase

Onderdeel	Omschrijving	Verantwoordelijkheid	
		PBT	Aannemer
	HOLLEWANDEN ELEMENTEN		
	overzichtstekeningen plattegronden		x
	hoofddimensies en principedetails en statische uitgangspunten en externe samenhang		x
	berekeningen en wapeningstekeningen binnen en buiten (mm²- opgave ivm hollewand)		x
	berekeningen en wapeningstekeningen knooppunten/aansluitingen hollewanden		x
	overzichts- en elementtekeningen hollewanden (incl. Wapening in elementen)		x
	KANAALPLAATVLOEREN		
	overzichtstekeningen plattegronden TO en UO		x
	hoofddimensies en principedetails en statische uitgangspunten en externe samenhang	o	x
	legplannen + oplegdetails + koppelingen kanaalplaatvloeren		x
	tekeningen kanaalplaat vorm + wapening + ravelingen		x
	berekeningen kanaalplaat + ravelingen (incl. vul c.q pas-- en randstroken)		x
	berekeningen wapening druklagen kanaalplaatvloeren		x
	berekeningen + (schetsmatige) opgave t.b.v. te dichten sparingen, aanhelen constructie, passtroken		x
	berekeningen + (schetsmatige) opgave t.b.v. de interne samenhang (schijfwerking)		x
	tekeningen wapening druklagen en druklagen kanaalplaatvloeren		x
	tekeningen trekbandwapening en voorzieningen t.b.v. de interne samenhang (schijfwerking)		x
	opgave oplegmateriaal algemeen, overzicht, type en afmeting		x
	COMBINATIEVLOER		
	overzichtstekeningen plattegronden		x
	hoofddimensies en principedetails en statische uitgangspunten en externe samenhang		x
	legplannen + oplegdetails + koppelingen combinatievloer		x
	tekeningen combinatievloer vorm + wapening + ravelingen		x
	berekeningen liggers + ravelingen (incl. vul c.q pas-- en randstroken)		x
	opgave oplegmateriaal algemeen, overzicht, type en afmeting		x
	STAALPLAATBETONVLOER		
	overzichtstekeningen plattegronden		x
	hoofddimensies en principedetails en statische uitgangspunten en externe samenhang		x
	legplannen + oplegdetails + koppelingen staalplaatbetonvloeren		x
	tekeningen staalplaatbetonvloeren vorm + wapening + ravelingen		x
	berekeningen staalplaat + ravelingen (incl. vul c.q pas-- en randstroken)		x
	opgave oplegmateriaal algemeen, overzicht, type en afmeting		x
	OVERIGE PREFAB ELEMENTEN (kolommen, wanden, trappen, bordessen, balkon- en galerijplaten)		
	overzichtstekeningen plattegronden TO en UO		x
	hoofddimensies en principedetails en statische uitgangspunten en externe samenhang		x
	overzichtstekeningen met alle voorkomende merken		x
	prefab elementen; berekenen van wapening incl. temperatuur, transport en stempelvoorzieningen		x
	prefab elementen; berekeningen aansluitdetails (incl. koppelingen)		x
	prefab elementen; productietekeningen vorm + wapening (incl. instortvoorzieningen en sparingen)		x
	oplegmateriaal algemeen, overzicht, type en afmeting		x
	BOUWKUNDIGE PREFAB ELEMENTEN (*)		
	overzichtstekeningen met alle voorkomende merken UO		x
	bouwkundig prefab; productietekeningen vorm + wapening (incl. instortvoorzieningen en sparingen)		x
	bouwkundig prefab; berekenen van wapening incl. temperatuur, transport en stempelvoorzieningen		x
	bouwkundig prefab; berekeningen aansluitdetails (incl. koppelingen)		x
	oplegmateriaal algemeen, overzicht, type en afmeting		x
24	Houtconstructies		
	overzichtstekeningen plattegronden TO en UO		x
	hoofddimensies en principedetails en statische uitgangspunten	o	x
	hoofdberekeningen (uitgangspuntendocument)	o	x
	berekeningen tbv vaststellen afmetingen (o.a. t.a.v. brand)		x
	overzichtstekeningen met alle voorkomende merken		x
	detailberekeningen verbindingen (in het materiaal als met andere materialen)		x
	productietekeningen vorm incl. bevestigingen en detailtekeningen		x
25	Staalconstructies		
	overzichtstekeningen (plattegrond, principedetail-doorsneden) voorzien van hoofdmaatvoering TO en UO		x
	hoofdberekeningen	o	
	berekeningen staalconstructie inclusief montagefase, tijdelijke hulp en steunconstructies		x
	berekeningen brandwerende bekledingen incl. brandwerend schilderwerk		x
	detailberekeningen (bouten, lassen, kopplaten, schotten, verankeringen aan beton e.d.)		x
	overzichtstekeningen van merken en details en detailmaatvoering		x
	werkplaatstekeningen		x
	berekeningen en schetsmatige opgave van verankeringen in ihwg beton		x
	berekeningen en schetsmatige opgave van verankeringen in geprefabriceerd beton		x
	tekeningen van stekkenplan voor de in het werk gestorte onderdelen welke door Pieters worden uitgewerkt		x
	tekeningen ankerplan (verankeringen in betonnen elementen)		x
	voorzieningen t.b.v. bouwkundige en installatie zaken		x
32	Stalen trappen, bordessen en hekken		
	hoofd- en detail berekeningen en tekeningen		x
	incl. balustraden (**)		x
	Werkplaatstekeningen		x
	overzichtstekeningen van merken en details en detailmaatvoering		x
43	Bouwkundig staal (**)		
	productietekeningen op basis van tekeningen architect + details		x
	berekeningen		x
49	Bouwkundige voorzieningen t.b.v. installaties (**)		
	vormtekeningen (opstortingen, zwevende vloeren e.d.)		x
	wapening		x
	ankerplan, instortvoorzieningen e.d.		x

Project: 723052 Het Ravenstein

Datum: 07-02-2024

Fase: TO en UO - fase

	Onderdeel	Omschrijving	Verantwoordelijkheid	
			PBT	Aannemer

x = verantwoordelijkheid van betreffende partij
0 = bijdrage of coördinatie van betreffende partij

(*) = Onder bouwkundig prefab beton vallen alle geprefabriceerde betonnen onderdelen die geen deel uitmaken van de hoofddraagconstructie, zoals bouwkundige gevelelementen t.b.v. opvang metselwerk afdekbanden etc.

(**) = Onder bouwkundige staalconstructies vallen alle staalconstructies die geen deel uitmaken van de hoofddraagconstructie, die worden toegevoegd t.b.v. ondersteuning, opvang en afsteuning van bouwkundige elementen zoals metselwerk, gevels, puilen, luifels, ravelingen t.b.v. installaties, deuren etc. volgens tekeningen architect.

Opmerkingen:

Deze demarcatielijst is een samenvatting van de in DO genoemde constructie onderdelen, betreffende de verantwoordelijkheden van de engineeringswerkzaamheden in de fasen TO en UO.

Daar waar het geschreven bestek en deze demarcatielijst elkaar tegenspreken prevaleert het geschreven bestek.

Toelichting: hoofdberekeningen Pieters Bouwtechniek

Pieters Bouwtechniek levert de hoofdberekeningen van de hoofddraagconstructie aan, gebaseerd op de eindsituatie.

De hoofdberekeningen bevat de belasting-uitgangspunten en de gewichts- en stabiliteitsberekeningen.

Op basis hiervan maakt de aannemer de berekeningen en detailberekeningen van de genoemde constructies, verankeringen en overige toebehoren.

Daar waar deelconstructies worden uitgewerkt door de aannemer en fysiek samen komen in het gebouw, dienen deze onderling constructief inhoudelijk te worden gecoördineerd.

De taak en verantwoordelijkheid voor deze coördinatie berust bij de aannemer.

Rapporten, berekeningen en tekeningen mogen zijn aangeleverd als pdf, tenzij de opdrachtgever anders wenst.

Pieters Bouwtechniek beoordeelt de stukken van derden op constructieve uitgangspunten. Daarnaast vindt steekproefsgewijze inhoudelijke controle op de constructieve uitwerking plaats.

Het betreft met nadruk geen 100% controle en geen de beoordeling op maatvoering, aantallen etc.

Indiening van definitieve constructieve gegevens bij het bevoegd gezag zal geschieden door of op aangeven van Pieters Bouwtechniek.

De verantwoordelijkheid voor de inhoud van de ingediende stukken blijft ten alle tijden berusten bij de partij die deze uitgewerkt heeft.

Alle kosten m.b.t. extra constructies c.q. wijzigingen aan constructies, inclusief alle kosten van wijzigingen van tekeningen, berekeningen en andere werkzaamheden door de constructeur, ten gevolge van voorstellen van de aannemer c.q. het in gebreke blijven van de aannemer zoals maatafwijkingen, te geringe kubusdruksterkte e.d., zijn voor coördinatie en rekening van de aannemer.

Bijlage 2 “Richtlijn Toepassing Bouwconstructies in CLT”

Richtlijn

Toepassing Bouwconstructies in CLT



Project Mooijburg Plein, Amsterdam; Architect: Natrufied-architecture; Hoofdaannemer: Weever Bouw; Ingenieursbureau: Goudstikker – De Vries; CLT leverancier: Laminated Timber Solutions.

Geachte lezer,

Het toepassen van bouwconstructies in CLT (Cross Laminated Timber) gaat de laatste tijd in vogelvlucht.

Ingenieursbureaus worden vaker door architecten en projectontwikkelaars benaderd om in CLT te bouwen, niet alleen woningbouw maar ook hogere appartementencomplexen. Technisch gezien is er veel kennis opgedaan en verder is een grote verscheidenheid aan leveranciers die hierin willen meedenken.

Echter passende regelgeving voor CLT ontbreekt en documentatie hierover is nog mondjesmaat beschikbaar. Bij het beoordelen en goedkeuren ervan stuit het Bouwtoezicht op problemen door het ontbreken van regelgeving. Indien innovatieve toepassingen niet onderbouwd kunnen worden door regelgeving, ontstaan discussies tussen toetsende en ontwerpende constructeurs over interpretaties van regelgeving die feitelijk van toepassing zijn op andere typen constructies. Aan de andere kant wil Bouwtoezicht meewerken aan innovaties. Om dit te kunnen doorbreken, heeft het COBc op initiatief van ingenieursbureau Goudstikker de Vries, deze Richtlijn opgesteld.

Deze Richtlijn biedt constructeurs van Bouwtoezichten een eenduidig toetsingskader bij het beoordelen van bouwconstructies in CLT en daarmee wordt mogelijk gemaakt dat die typen bouwconstructies breed toegepast kunnen worden in Nederland.

De COBc werkgroep “Construeren in CLT” heeft deze Richtlijn opgesteld en bij het opstellen ervan was de samenstelling van de werkgroep:

Mandy van Lunteren (*rapporteur*) en Jaap Dijks (beiden Adviesbureau Goudstikker de Vries), Gert-Jan Rozemeijer (Adviesbureau Lüning), Geert Ravenshorst (TU Delft), Frans Raijmakers (*voorzitter*), Arie Jonkman en Ron Kerp (*secretaris*).

Om bouwconstructies in CLT te kunnen realiseren vertrouwt de werkgroep erop dat deze Richtlijn een handreiking biedt aan zowel de ontwerpende als de toetsende constructeur. Mocht u bij het gebruik ervan tegen onduidelijkheden of onvolkomenheden aanlopen, meld dat dan bij de secretaris van deze werkgroep (*email: arkerp@ziggo.nl*). Naar aanleiding van ontvangen reacties zal de Richtlijn worden herzien.

Dick Bezemer, *voorzitter COBc*

1 Inleiding

1.1 Toepassingsgebied

2 Beschikbare normen en beoordelingsdocumenten

3 Aanpak conform de vigerende regelgeving (Bouwbesluit 2012)

4 Bouwmateriaal en materiaaleigenschappen

4.1 Productie, algemeen

4.2 Sterkte

4.3 Ontwerp

4.4 Verificatie

5. Bezwijkmechanismen

5.1 Spanningen en vervormingen

5.2 Trillingen

6. Levensduur

6.1 Uitgangspunten

6.2 Controle

7 Brandgedrag

7.1 Rekenmethode

7.2 Controle

8 Akoestische eigenschappen

9 Verbindingen

10 Uitvoering

11 Aandachtspunten

Bijlage / State of the art

1 Inleiding

Hoe langer hoe meer worden bouwconstructies in Cross Laminated Timber (CLT) uitgevoerd, in het Nederlands wordt CLT ook kruislaaghout genoemd. Omdat hiervoor in Nederland onvoldoende regelgeving bestaat, is deze Richtlijn opgesteld als leidraad voor een eenduidig toetsingskader door Bouwtoezicht. Hiermee kan CLT in Nederland breed worden toegepast.

In basis kan CLT worden vergeleken met gelamineerd hout en is daarmee een niet geheel onbekend materiaal, echter hun eigenschappen en mechanismen zijn significant anders.

1.1 Toepassingsgebied

- CLT kan worden toegepast in CC1, CC2 en CC3

2 Beschikbare normen en beoordelingsdocumenten

- NEN-EN 1990: Eurocode 0, Grondslag van het constructief ontwerp;
- NEN-EN 1991: Eurocode 1, Belastingen op constructies;
- NEN-EN 1995-1-1+C1+A1: Eurocode 5, Ontwerp en berekening van houtconstructies;
- NEN-EN 1995-1-2: Eurocode 5, Ontwerp en berekening van houtconstructies bij brand;
- NEN-EN 16351: 2021 en: Houtconstructies – Kruisgelaagd gelamineerd hout – Eisen; *(let op, het is nog geen geharmoniseerde norm. m.a.w. er is nog geen mandaat van de Europese Commissie)*;
- EAD 130005 – 00 – 0304, Solid wood slab element for use as structural element in buildings; European Assessment Document, march 2015 , EOTA, https://www.eota.eu/download?file=/2013/13-13-0005/ead%20for%20ojeu/ead-130005-00-0304-solid-wood-slab-element-structural-element-in-buildings_ojeu.pdf
- NEN-EN 15425: Lijmen – Een component polyurethaan, voor dragende houtconstructies – Classificatie en prestatie-eisen;
- NEN-EN 14080: Houtconstructies – Gelijmd gelamineerd hout en gelijmd massief hout;
- NEN-EN 338:2016 en: Hout voor constructieve toepassingen - Sterkteklassen
- NEN-EN 13501-1: Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen - deel 1: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag;
- NEN-EN 13501-2: Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen - deel 2: Classificatie op grond van resultaten van brandwerendheidsproeven, behalve voor ventilatiesystemen;
- Voor hout-beton-composiet constructies is de voornorm NVN-CEN/TS 19103:2021 en “Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies - Constructief ontwerp van constructies van hout-beton-composiet - Algemene regels en regels voor gebouwen” als definitief gepubliceerd, ook in Nederland.

In de huidige Eurocode 5 ontbreken echter rekenregels voor CLT, deze zijn wel opgenomen in de conceptversies voor de nieuwe versie van Eurocode 5, die naar verwachting na 2024 zal worden gepubliceerd. Naast het opnemen van CLT zullen in de nieuwe Eurocode 5 eveneens regels worden opgenomen voor hout - beton - composiet constructies.

Voor gecertificeerde producten zijn ETA's (*European Technical Assessments*) en EAD's (*European Assessment Documents*) van belang. Op basis van een EAD wordt een ETA opgesteld. Controleer deze certificaten of de daarin beschreven mechanische eigenschappen voldoen aan de vigerende wetgeving en aansluiten op het Bouwbesluit.

Let er tevens op dat de juiste EAD aansluit op de juiste ETA, voorkom lege DoP's (*declaration of performance / prestatieverklaring*) én gebruik de meest recent gepubliceerde uitgave. In de ETA's worden specifieke mechanische eigenschappen vermeld, echter geen rekenregels.

3 Aanpak conform de vigerende regelgeving (Bouwbesluit 2012)

De aanvrager van de Omgevingsvergunning moet aantonen dat de kwaliteit van het product met betrekking tot sterkte en duurzaamheid gedurende de referentieperiode aan het Bouwbesluit 2012 afdeling 2.1, inclusief de aangewezen normen, voldoet. Zoals eerder aangegeven, ontbreekt voor CLT momenteel vigerende regelgeving.

Tot de publicatie van de nieuwe Eurocode 5 (*waarin CLT is opgenomen*) is het construeren en beoordelen van CLT bouwconstructies verantwoord door gebruik te maken van de combinatie van:

- Normen +
- ETA's en EAD's +
- Wetenschappelijke state of the art publicaties.

Houd er rekening mee dat de huidige EAD's voor CLT onvolledig kunnen zijn en niet altijd meer overeenkomen met de state-of-the art.

De aanvrager kan gebruik maken van de mogelijkheid tot gelijkwaardigheid (artikel 1.3). In de toelichting van het Bouwbesluit 2012, staat bij afdeling 2.1 dat rekening gehouden mag worden met voorzien onderhoud, daarbij staan in de Nationale Bijlage van de NEN-EN 1990 voorwaarden, zoals inspecteerbaarheid en mate waarin de constructie waarschuwt bij bezwijken.

Om aan te tonen dat de sterkte van CLT gedurende de referentieperiode voldoet aan het Bouwbesluit 2012, moet de vergunningaanvraag gedurende de periode van vergunningverlening en daarna tijdens de uitvoering aangevuld worden met de volgende gegevens en bescheiden:

- Beschrijving van het constructieprincipe (inclusief de wijze waarop duurzaamheid wordt geborgd);
- Een productomschrijving;
- Overzichts- en detailtekeningen;
- Berekeningen;
- Relatie met de in het Bouwbesluit 2012 aangewezen normen;
- Kwaliteitsverklaring met een nationale status (CE-markering, ETA's en EAD's);
- Bij het ontbreken van een kwaliteitsverklaring kunnen gegevens over laboratoriumonderzoek (o.a. hechting en brandwerendheid) nader ter beoordeling worden ingediend of opgevraagd;

- De wijze van aanbrengen, inclusief de omstandigheden tijdens de uitvoering, o.a. wisselingen van vochtigheid en temperatuur;
- Aansluitdetails. Let hierbij tevens op aansluitdetails t.b.v. akoestiek / geluidwering, die moeten consequent worden doorgevoerd in de totale constructie. Voorkom dat die details de sterkte, stijfheid en stabiliteit van het bouwwerk nadelig beïnvloeden;
- De kwaliteit van het product.

Daar producenten geen verantwoordelijkheid nemen, blijft discussie bestaan over de duurzaamheid van CLT gedurende de referentieperiode omdat dit door diverse oorzaken nadelig kan worden beïnvloed.

In deze Richtlijn wordt uitgegaan van certificaten, deze moeten in de vergunnings- en uitvoeringsfase overlegd worden. De aanvrager, of in het verlengde daarvan de constructeur, schrijft een CLT product voor. Hiermee wordt product A of gelijkwaardig bedoeld. Wordt tijdens de uitvoering echter product B toegepast, dan moet product B eveneens voorzien zijn van de benodigde certificaten en getoetst worden aan de uitgangspunten en de toepassing. Dat laatste houdt in: bij afwijking van de materiaaleigenschappen van product B t.o.v. product A, zal de (ontwerp)berekening, opgesteld op basis van de materiaaleigenschappen van product A, moeten worden herzien.

4 Bouw materiaal en materiaaleigenschappen

4.1 Productie, algemeen

- CLT is een engineered timber product;
- Uit planken gesorteerd hout worden grote platen hout gemaakt;
- De lamellen worden d.m.v. vingerlassen op de gewenste lengte gemaakt, kruislings verlijmd in 3, 5 of 7 lagen, dit ter indicatie, verschilt per leverancier. De opbouw is altijd symmetrisch. Er ontstaat hierdoor een groot formaat gelamineerd houten paneel;
- Afmetingen zijn variabel afhankelijk van de leverancier: maximum ca. 3,5m x 16m meestal rond 3m x 14m;
- Dikte van de panelen kan variëren tussen 80mm in 3 lagen tot 350mm in 7 lagen;
- Het is mogelijk de twee buitenste lamellen in dezelfde richting toe te passen.

4.2 Sterkte

- Het basismateriaal of de lamelsterkte is veelal houtkwaliteit C24. Een producent kan een andere lamelsterkte leveren of een combinatie van verschillende sterktes;
- De materiaalfactor $\gamma = 1,25$ (NEN-EN 1995-1 tabel 2.3), gelijk aan die van gelijmd gelamineerd hout;
- Berekening volgens hoofdstuk 2 “Beschikbare normen en beoordelingsdocumenten”;
- In de berekening moet rekeningen worden gehouden met belastingduurklasse, klimaatklasse etc.;

- Materiaaleigenschappen moeten minimaal voldoen aan:
 - NEN-EN 16351: 2021 EN (*let op, het is nog geen geharmoniseerde norm. m.a.w. er is hiervoor nog geen mandaat van de Europese Commissie*) óf,
 - de eigenschappen conform de van toepassing zijnde ETA óf,
 - door proeven zijn aangetoond;
- Enkel uitgaan van symmetrisch opgebouwde CLT panelen;
- CLT is opgebouwd uit gelijmde houten lamellen. Bij het berekenen van de doorsnede op o.a. sterkte, dwarskracht, stijfheid moet uitgegaan worden van gereduceerde waarden t.o.v. de waarden van het massieve / homogene materiaal hout.

4.3 Ontwerp

Bij het ontwerpen op hoofdlijnen t.b.v. de eerste dimensionering kan uitgegaan worden van de algemene mechanische eigenschappen van CLT.

In de definitieve fase of wanneer bekend is welke leverancier de CLT constructie elementen aanlevert, moet de ontwerp berekening worden herzien door de juiste specifieke materiaalgegevens toe te passen, die behoren bij het toegepaste CLT element.

Voor het construeren in CLT kan gebruik worden gemaakt van software:

- CLT designer (Universiteit van Graz - te downloaden via:
<https://www.cltdesigner.at/index.php?id=106&L=2>)
- Calculatis via <https://calculatis.storaenso.com/> van Stora Enso

Let op: gebruik in de berekening de correcte parameters / materiaaleigenschappen, die variëren per producent.

4.4 Verificatie

- CLT constructies dimensioneren conform hoofdstuk 2 “Beschikbare normen en beoordelingsdocumenten”;
- Controleer of de CLT bouwelementen zijn voorzien van de juiste ETA en EAD;
- Bij het dimensioneren tevens de verbindingen meenemen: wat is de invloed ervan op de gehele constructie;
- Welke verbindingsmiddelen worden toegepast, zijn deze gecertificeerd;
- het voldoen aan de geluidsnormering: aansluitdetails hiervan moeten eveneens worden beoordeeld op het blijven voldoen aan de sterkte, stijfheid en stabiliteit van de gehele bouwconstructie;
- Berekening moet uitgaan van de correcte mechanische eigenschappen. Dit houdt in dat de ontwerpberekening moet worden herzien met de juiste mechanische eigenschappen zoals die vermeld worden in de ETA van het geleverde CLT product;

- Wordt de juiste lijm toegepast. De producent moet in de ETA of de DOP aangeven welke lijm van toepassing is op welke specifieke CLT bouwconstructie producten. Daarnaast moet aangegeven worden of de lijm getest is bij een gewone inbranding dan wel bij een versnelde inbranding.

5. Bezwijkmechanismen

5.1 Spanningen en vervormingen, aandachtspunten:

- Stijfheid CLT: die moet gereduceerd worden t.o.v. de stijfheid van het massieve / homogene materiaal hout;
- Door de opbouw van CLT moet in de beschouwde doorsnede de correcte spanningsverdeling worden aangehouden;
- Controle op buiging als plaat, dan wel als balk;
- Controle op (rol)schuifspanning;
- Verminderde dwarskracht capaciteit bij platen door rolling shear;
- Controle op knik;
- Controle op stabiliteit en robuustheid, let daarbij op de verbindingen en op de details t.b.v. geluidwering / akoestiek;
- Controle van oplegdrücken.

5.2 Trillingen

- Trillingen volgens NEN-EN 1995-1-1 Hoofdstuk 7.3.3. Alhoewel het aspect trillingen niet wordt aangestuurd door het Bouwbesluit, wordt sterk aanbevolen aan trillingen aandacht te besteden;
- Controleer bij vloeren de eigenfrequentie.

6. Levensduur

6.1 Uitgangspunten

- Ervaring met de levensduur van CLT constructies is korter dan 30 jaar. Aangezien CLT in basis kan worden vergeleken met gelamineerd hout (positieve ervaring met de levensduur daarvan is 50 jaar en meer) kan voor CLT constructies in klimaatklasse 1 worden uitgegaan van de levensduur van 50 jaar. Let hierbij op de aanwezigheid van vochtige binnen locaties (o.a. *keuken, badkamer, toilet*) door onjuiste detaillering en vaak in combinatie met slechte uitvoering kunnen (verborgen) lekkages ontstaan, die nadelig van invloed zijn op de duurzaamheid;
- CLT constructies in klimaatklasse 2: bij toepassing in deze klasse moet worden aangetoond dat voldaan wordt aan de duurzaamheid;
- CLT constructies in klimaatklasse 3: In deze klasse geen CLT toepassen;

- Om aan te tonen dat de lijm constant blijft (niet veroudert), voert de producent op CLT producten versnelde verouderingsproeven uit. Dit wordt beschreven in de interne kwaliteitscontrole van de producent;
- Belangrijkste invloeden waardoor lijm kan degraderen: vochtverschillen en UV;
- Het basismateriaal en de lijm zijn niet anders dan in gelamineerde constructies;
- Bij gelamineerde constructies zijn geen voorbeelden van andere vormen van degradatie bekend dan bij massief hout.

6.2 Controle

- De lijm moet voldoen aan de eisen van het productieproces, zie EN 15425;
- De lijmverbinding moet getest zijn conform NEN EN 14080;
- Correcte detaillering voor toepassing in klimaatklasse 1 en 2.

7 Brandgedrag

7.1 Rekenmethode

Uitgaande van het Bouwbesluit moet zeker bij CLT Bouwconstructies, analoog aan bouwconstructies die uitgevoerd worden in metselwerk, beton, staal, enz., een risico beoordeling / integrale beschouwing worden uitgevoerd op het brandgedrag. De regels uit Annex A van de concept versies van de nieuwe Eurocode voor houtconstructies (prEN 1995 – 1 – 2) moeten worden toegepast indien een aanzienlijk deel van het gebouw niet brandwerend is bekleed.

Voor bouwwerken in gevolgklasse CC2 en CC3 moet die beoordeling worden uitgevoerd door een brandveiligheidsdeskundige.

In de beschouwing moet minimaal het volgende worden meegenomen:

- veiligheid van het gebouw;
- veiligheid van de brandcompartimenten;
- veiligheid van de sub compartimenten;
- veiligheid van de vlucht- en aanvalsroute;
- veiligheid van de omgeving.

Let daarbij op dat bij CLT bouwconstructies de vloeren en wanden een dubbele functie hebben: draagconstructie én scheidingsconstructie van (sub) brandcompartimenten.

Houd verder rekening met:

- Voor CLT geldt brandklasse D;
- In de huidige NEN-EN 1995-1-2 zijn geen regels opgenomen voor CLT, wel in de concept versies voor de nieuwe publicatie van Eurocode 5, naar verwachting na 2024;
- Tot de publicatie ervan raadpleeg hiervoor de laatste state of the art documenten, o.a. fire safety in timber buildings, technical guideline for Europe;

- Beschouw de invloed van brand niet alleen plaatselijk, maar eveneens voor de totale bouwconstructie;
- De Inbrandsnelheid β is afhankelijk van het CLT element dat wordt toegepast en moet worden aangetoond;
- Controleer welke inbrandsnelheden van toepassing zijn;
- Na delaminatie (*het afvallen van de onderste laag*) volgt een verdubbeling van de inbrandsnelheid. Dit effect treedt niet op bij wanden en kolommen (Swedish CLT Handbook);
- Door het gebruik van hittebestendige lijm kan delaminatie worden voorkomen;
- In de ETA moeten brandspecificaties worden vermeld.

7.2 Controle

- In de betreffende ETA moet verwezen worden naar EAD 13005-00-0304 “Solid wood slab element for use as structural element in buildings” – 2015;
- Controleer de inbrandsnelheden;
- Verbindingen moeten bestand zijn tegen brand.

Van belang is verder:

FP1402_1404_CLT-Conference_Proceedings

(https://webarchiv.typo3.tum.de/TUM/costfp1402/fileadmin/w00bt/www/All_Members/FP1402_1404_CLT_Conference_Proceedings.pdf). In deze wetenschappelijke proceeding is het volgende opgenomen: “Fire Design of CLT (2016, Klippel, M, et al. pagina 100-122)”, daarin worden de uitgangspunten beschreven die in de draft versies van de nieuwe Eurocode 1995-1-2 terugkomen.

Uitgangspunt is dat aangetoond moet worden of de kans bestaat dat de lamellen bij de lijmlagen eraf kunnen vallen of niet. Wanneer de naad tussen de lamellen kleiner is dan 2 mm, worden de volgende inbrandsnelheden gegeven:

1. Wanneer er geen kans is op afvallen van de lamellen t.p.v de lijmlagen: 0.65 mm/min voor vloeren en wanden;
2. Wanneer er kans is op afvallen van de lamellen t.p.v. de lijmlagen:
 - Voor vloeren: 0.65 mm/min voor de buitenste lamel, dan een verhoogde inbrandsnelheid van 1.3 mm/min tot de 2^e lamel 25 mm is ingebrand, daarna weer 0.65 mm/min. Bij de volgende lijm laag herhaalt dit proces zich;
 - Voor wanden: een contante inbrandsnelheid van 0.8 mm/min.
3. Wanneer de naad tussen de lamellen groter is dan 2 mm worden de inbrandsnelheden verhoogd.

In de huidige CLT producten worden veelal PU en MUF lijmen gebruikt. Daarvoor moet als uitgangspunt worden aangenomen dat de lamellen er af kunnen vallen. Indien met constante inbranding wordt gerekend, zal dat met proeven aangetoond moeten worden.

8 Akoestische eigenschappen

- In het ontwerp moet reeds rekening worden gehouden met akoestische eigenschappen / geluidwering;
- De gemaakte keuze moet consequent worden doorgevoerd in het gehele ontwerp;
- Let op dat de details niet van invloed zijn op de sterkte, stijfheid en stabiliteit van de gehele bouwconstructie.

9 Verbindingen

- Het schroeven van verbindingen wordt het meest toegepast;
- Verbindingen hebben invloed op de vervorming van de gehele bouwconstructie.
- Controleer of de schroeven zijn gecertificeerd;
- Verschillende leveranciers leveren diverse types, diameters en lengtes, veelal zelf borend, o.a. Rothoblaas / Wurth / Hecofix;
- Schroeven met gedeeltelijk schroefdraad kunnen worden gebruikt voor het laten aansluiten van elementen op elkaar. Volledige schroefdraad kan worden gebruikt voor wisselende krachtrichtingen en sterkere verbindingen;
- Schroeven in CLT constructies met een impact- of momentboor volgens richtlijnen van de producent;
- Bij grotere over te dragen krachten zoals bij aansluiting van stabiliteitselementen kunnen ook stalen verbinders worden toegepast. Dit kunnen speciale elementen zijn of standaard handelsproducten, zoals simpele trekankers of afschuifverbindingen, of zogenaamde 'Spiders';
- De leveranciers geven catalogi uit of rekenprogrammatuur waarmee de sterkte van de verbindingen kan worden bepaald;
- Aandachtspunt hierbij is dat gecontroleerd moet worden welke aannames in de berekeningen en catalogi worden gedaan voor wat betreft dichtheid van het basismateriaal, de randafstanden en onderlinge afstanden etc.

LET OP:

Bij CLT constructies zijn verbindingen veelal maatgevend. **Tijdens de vergunningsfase moet een principe voorstel zijn gedaan voor het waarborgen van de stabiliteit, inclusief detaillering ervan.**

Bij voorkeur niet schroeven in de kopse lamellen, altijd in de langs lamellen.

10 Uitvoering

Tref voldoende maatregelen tijdens de uitvoering ter voorkoming van delaminatie van de elementen o.a. door de elementen met folie af te plakken. Vermijd zo veel mogelijk natte weersomstandigheden en zorg voor voldoende ventilatie indien de elementen nat zijn.

Let bij natte weersomstandigheden op gladheid van houten vloeren.

11 Aandachtspunten

- Is het materiaal en de productie ervan gecertificeerd?;
- Zijn alle bezwijkmechanismen gecontroleerd;
- Zijn voldoende van belang zijnde principe-, aansluitdetails uitgewerkt en beschikbaar;
- Is de levensduur voldoende aangetoond? / Wat garandeert de CLT producent / Wat garandeert de lijm leverancier / Is er getest / Zo niet, is het een 'bewezen' lijm;
- Welke inbrandsnelheid is aangehouden en waarom?;
- Is het principe van de CLT bouwconstructie in de vergunningsfase consequent doorgevoerd in de uitvoering;
- Is de keuze die wordt gemaakt voor de geluidswering consequent doorgevoerd. Let daarbij op dat details t.b.v geluidswering niet nadelig zijn voor de sterkte, stijfheid en stabiliteit;
- Is in de vergunningsfase de wijze aangetoond van de stabiliteit van het bouwwerk, inclusief detaillering.

Bijlage / State of the art:

In de huidige normen worden geen rekenregels voor CLT gegeven. Op dit moment wordt gewerkt aan een nieuwe versie van de Eurocodes waarin wel rekenregels voor CLT zijn opgenomen. Deze zullen naar verwachting rond 2026 van kracht worden.

Tot die tijd zal gebruik gemaakt moeten worden van de state of the art. Daarbij is veel informatie te vinden bij "COST" acties die in Europees verband hebben plaatsgevonden, dat zijn:

1. COST Action FP 1404: Fire safe use of biobased building products:
<https://costfp1404.ethz.ch/>
2. COST Action FP 1402: Basis of structural timber design- from research to standards:
<https://webarchiv.typo3.tum.de/TUM/costfp1402/home/index.html>

Met name COST Action FP 1402 geeft een goed overzicht van de state-of-the art en is tevens input voor de toekomstige Eurocodes.

Zie de volgende webpagina met publicaties:

<https://webarchiv.typo3.tum.de/TUM/costfp1402/publications/index.html>

De huidige EAD's voor CLT kunnen onvolledig zijn en komen niet altijd meer overeen met de state-of-the art.

Voor hout-beton-composiet constructies is de voornorm NVN-CEN/TS 19103:2021 en "Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies - Constructief ontwerp van constructies van hout-beton-composiet - Algemene regels en regels voor gebouwen" als definitief gepubliceerd, ook in Nederland.

Overige literatuur die kan worden geraadpleegd:

- Swedish Wood: The CLT Handbook, het Zweedse handboek over CLT;
- Fire safety in timber buildings, technical guideline for Europe
- ProHolz: Cross-laminated Timber Structural Design;
- Cross Laminated Timber, Design: Structural Properties, Standards and Safety van Mustafa Mahamid;
- Cross Laminated Timber, handleiding voor architecten en bouwkundigen van architectenbureau Inbo.

Bijlage 3 Geotechnisch advies



Strijkviertel 30
3454 PM De Meern
030 - 666 1746
info@vandijktech.nl

GEOTECHNIEK EN MILIEU

IBAN: NL26 RABO 0156884186
BIC: RABO NL 2U
KvK Utrecht: 30128364
BTW nr: NL 803.844.451.B01

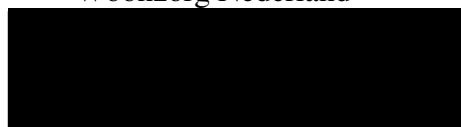
Datum : 29 juni 2023

Opdrachtnummer : **120369 versie 1**

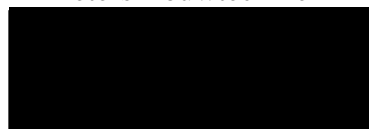
Project : nieuwbouw Het Ravenstein
Reigerbosdreef

Plaats : **AMSTERDAM**

Opdrachtgever : Woonzorg Nederland



Constructeur : Pieters Bouwtechniek Amsterdam b.v.



Inhoud

Fotoreportage	:	1
Situatie	:	1
Sonderingen	:	7
Boringen	:	1
Inmeting	:	1
Elektrisch sonderen	:	1
Verklaring der tekens	:	1

FOTOREPORTAGE

Foto 1:



Foto 2:



Foto 3:



Legenda



GEOTECHNIEK EN MILIEU

Adviesbureau voor geotechniek en milieu Tel. : 030 - 666 17 46
Strijkviertel 30, Fax : 030 - 666 48 54
3454 PM DE MEERN E-mail : info@vandijktech.nl

Project: nieuwbouw Het Ravenstein
Reigerbosdreef

Plaats: Amsterdam
Opdrachtnr.: 120369
Datum: juni 2023
Volgnummer: 1/2

FOTOREPORTAGE VASTE PUNTEN

Dorpel:



Kruin weg:



Put:



Legenda

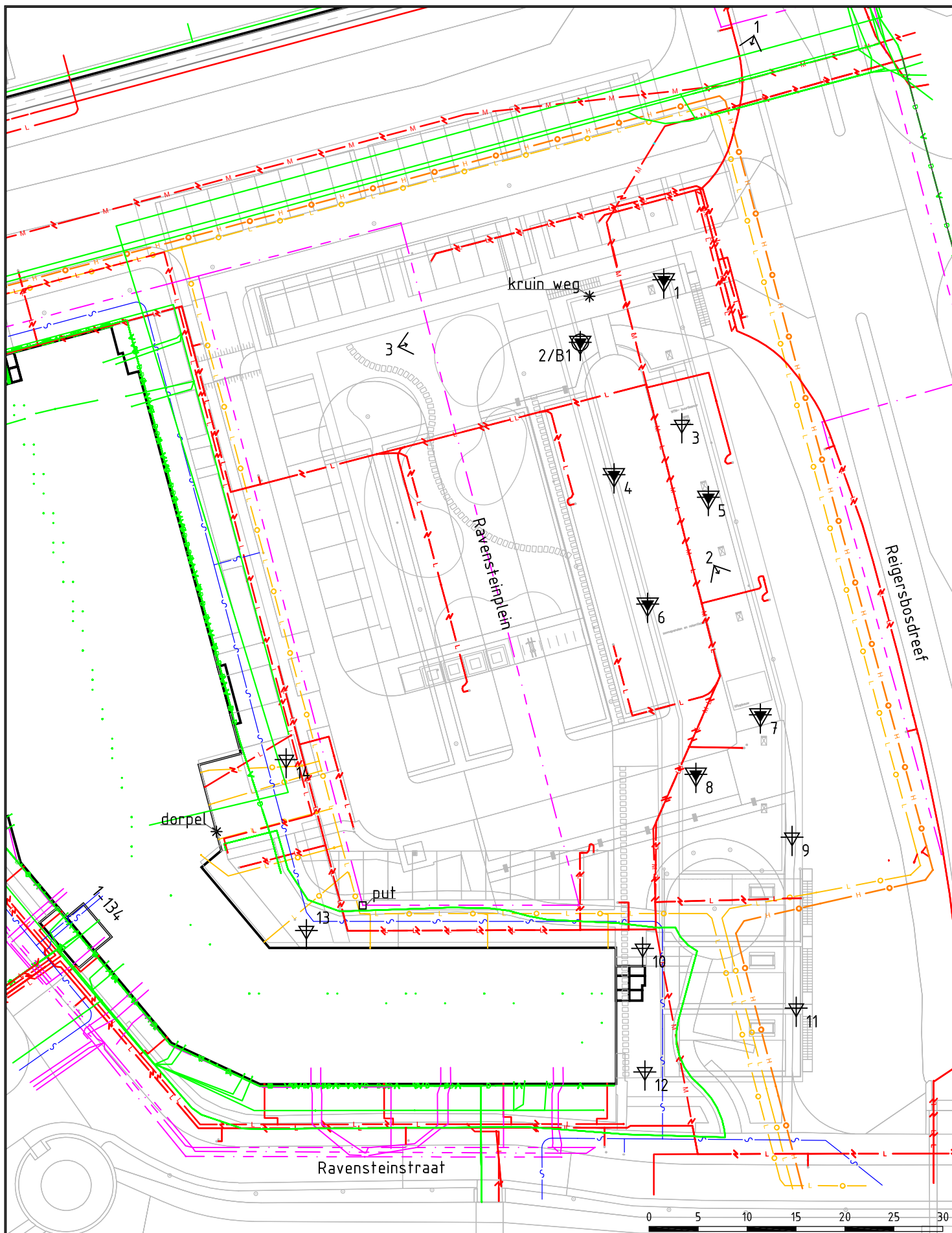


GEOTECHNIEK EN MILIEU

Adviesbureau voor geotechniek en milieu Tel. : 030 - 666 17 46
Strijkviertel 30, Fax : 030 - 666 48 54
3454 PM DE MEERN E-mail : info@vandijktech.nl

Project: nieuwbouw Het Ravenstein
Reigerbosdreef

Plaats: Amsterdam
Opdrachtnr.: 120369
Datum: juni 2023
Volgnummer: 2/2



Legenda KLIC

- v datatransport
- w water
- L gas lage druk
- H gas hoge druk
- P riool/persleiding
- L laagspanning
- wn stadsverwarming



Adviesbureau voor geotechniek en milieu
Strijkviertel 30,
3454 PM DE MEERN

Tel. : 030 - 666 17 46
E-mail: info@vandijktech.nl

Project: nieuwbouw Het Ravenstein,
Reigersbosdreef te Amsterdam

Opdrachtnr.: 120369

Schaal: 1:500 (A4)

Datum: 19-06-2023

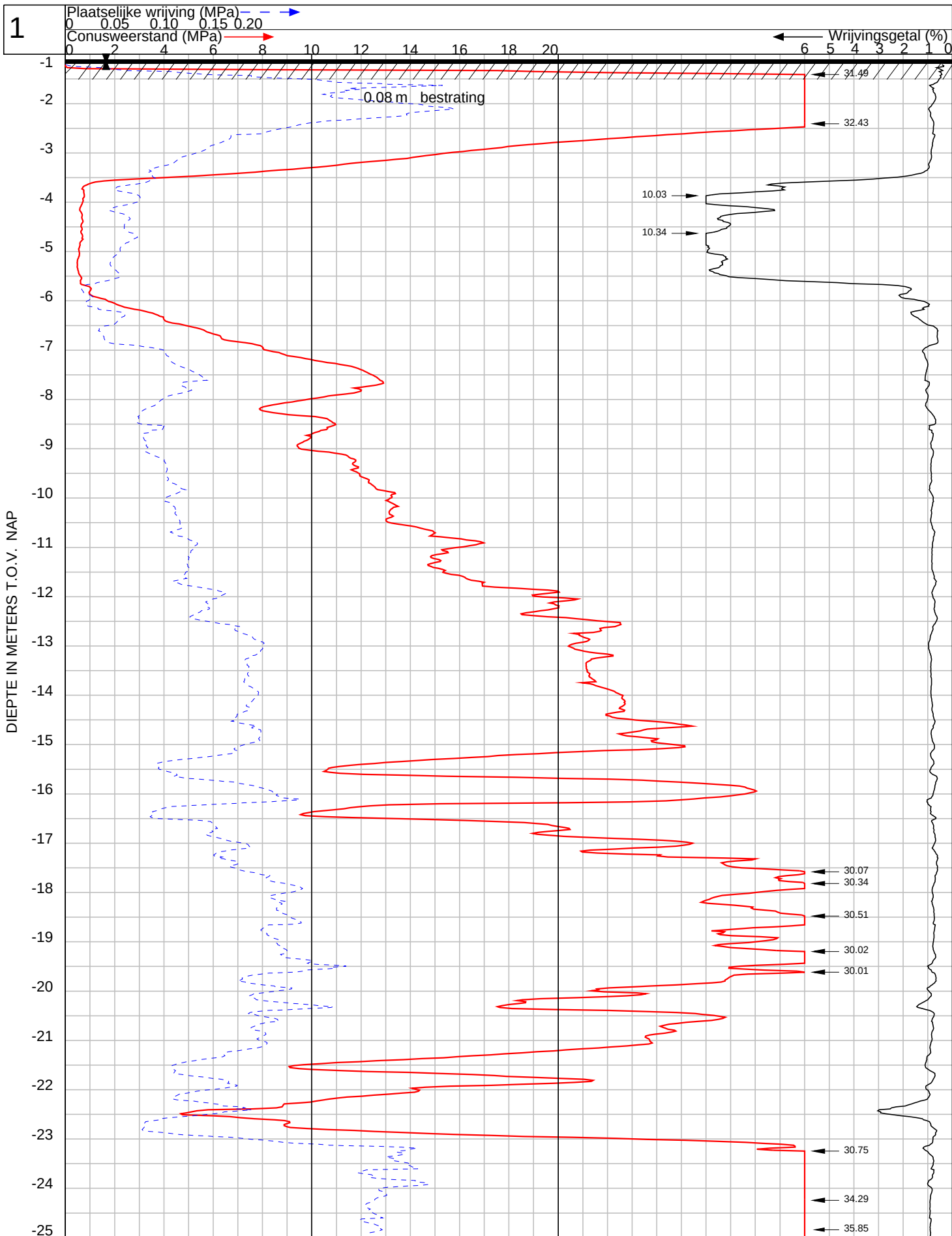
Getek.: R.Kool

Gewijzigd: 29-06-2023 AD

Gewijzigd:

Gewijzigd:

Controle:



Maaiveld : -1.11 m t.o.v. NAP

Conus: I-CFXY-15220413

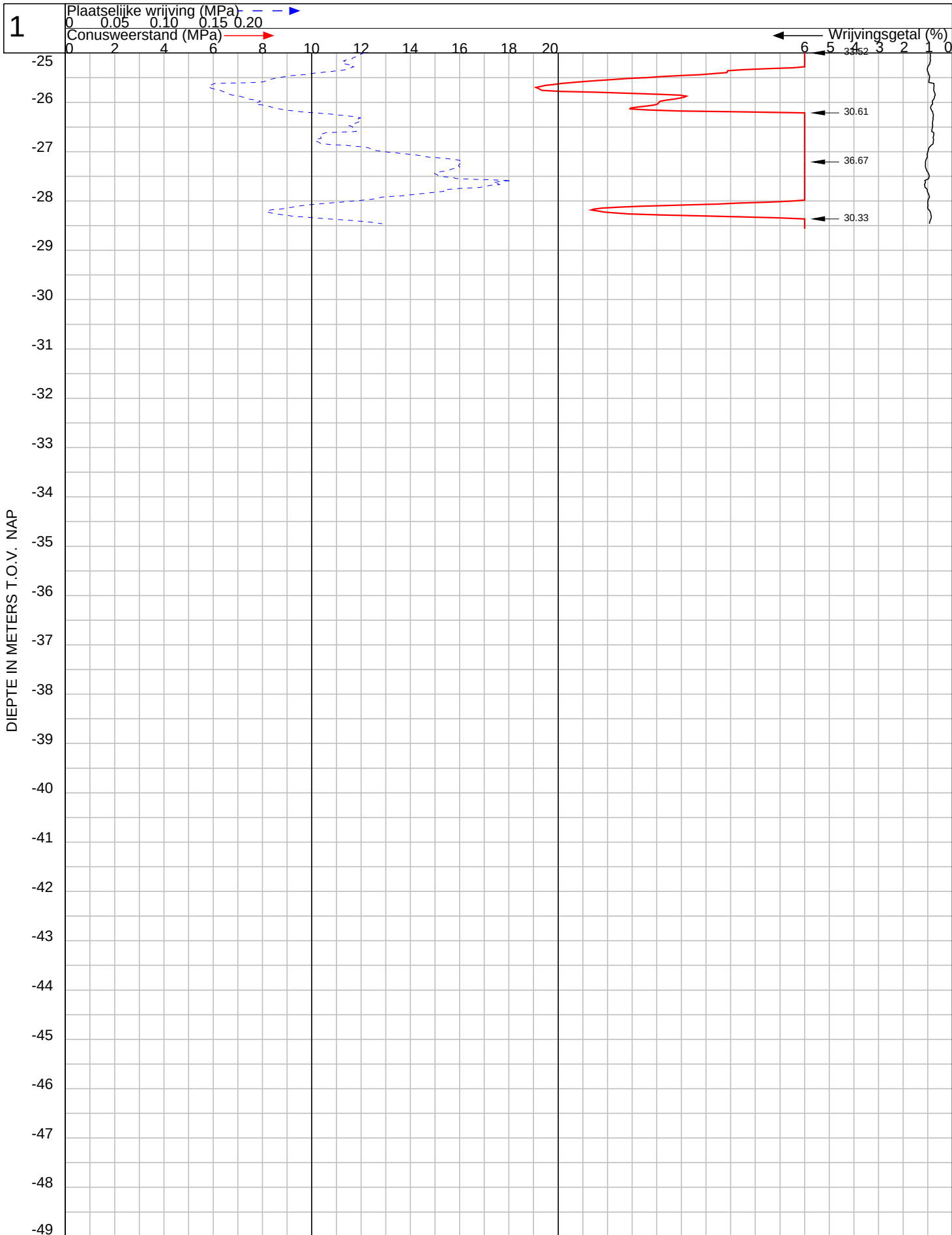
120369

Omschrijving : nieuwbouw Het Ravenstein, Reigerbosdreef

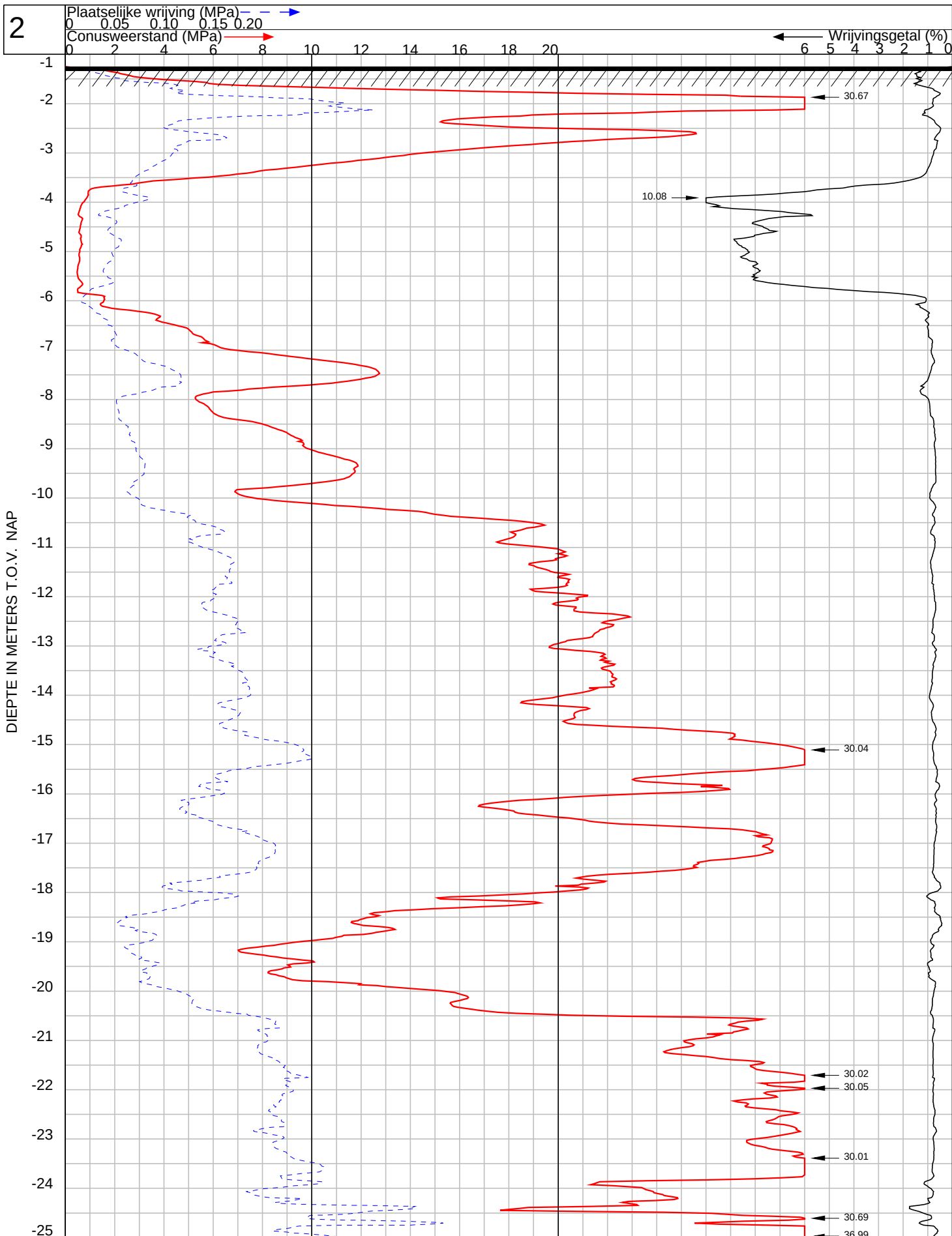
Plaats : Amsterdam

Uitgevoerd : 28-6-2023

Nr: 1



	Maaiveld : -1.11 m t.o.v. NAP	Conus: I-CFXY-15220413	120369
	Omschrijving : nieuwbouw Het Ravenstein, Reigerbosdreef Plaats : Amsterdam Uitgevoerd : 28-6-2023		Nr: 1



Maaiveld : -1.25 m t.o.v. NAP

Conus: I-CFXY-15220413

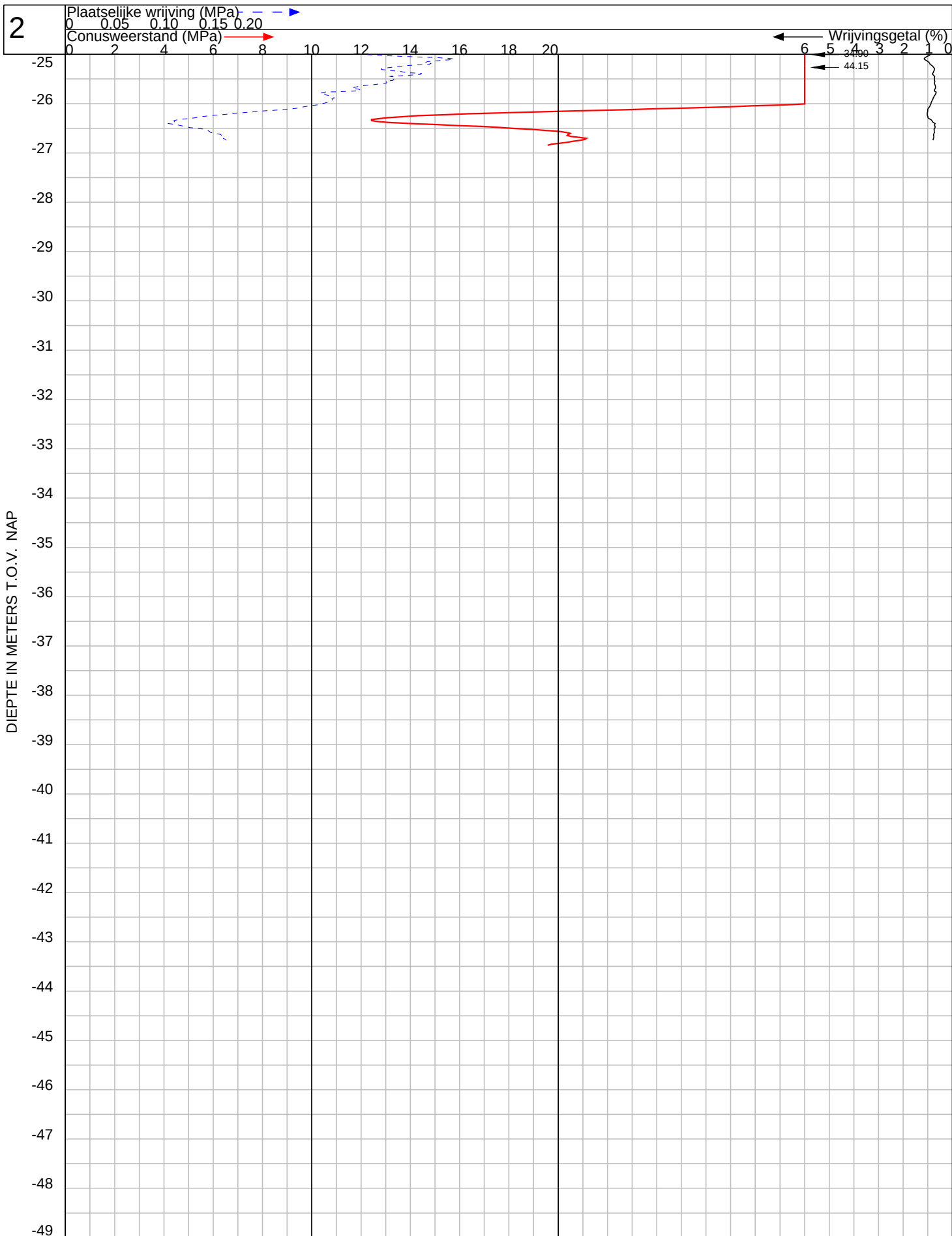
120369

Omschrijving : nieuwbouw Het Ravenstein, Reigerbosdreef

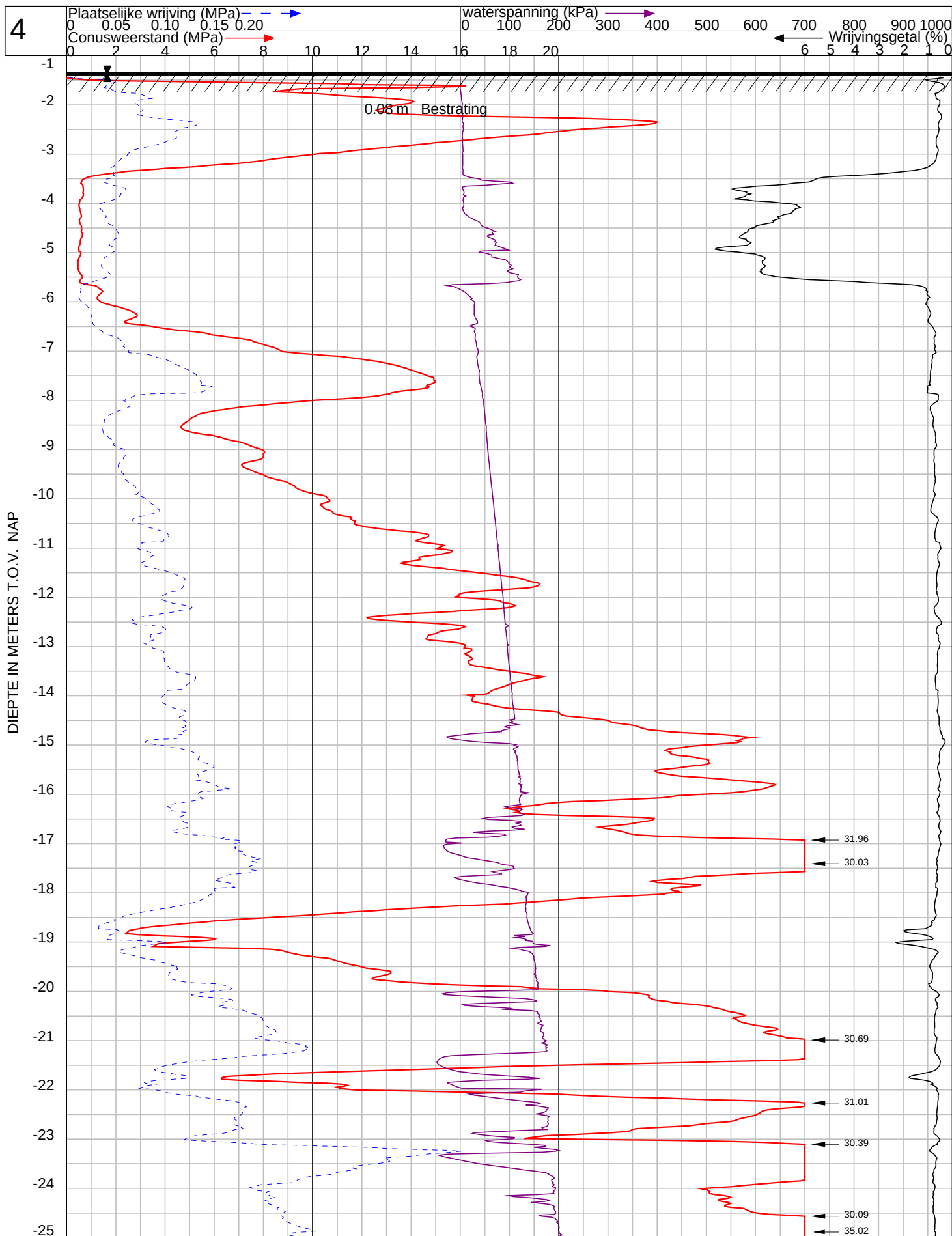
Plaats : Amsterdam

Uitgevoerd : 28-6-2023

Nr: 2



	Maaiveld : -1.25 m t.o.v. NAP	Conus: I-CFXY-15220413	120369
	Omschrijving : nieuwbouw Het Ravenstein, Reigerbosdreef Plaats : Amsterdam Uitgevoerd : 28-6-2023		Nr: 2



GEO- EN MILIEUTECHNIEK b.v.

Plaats : Amsterdam

Maaiveld : -1.33 m t.o.v. NAP

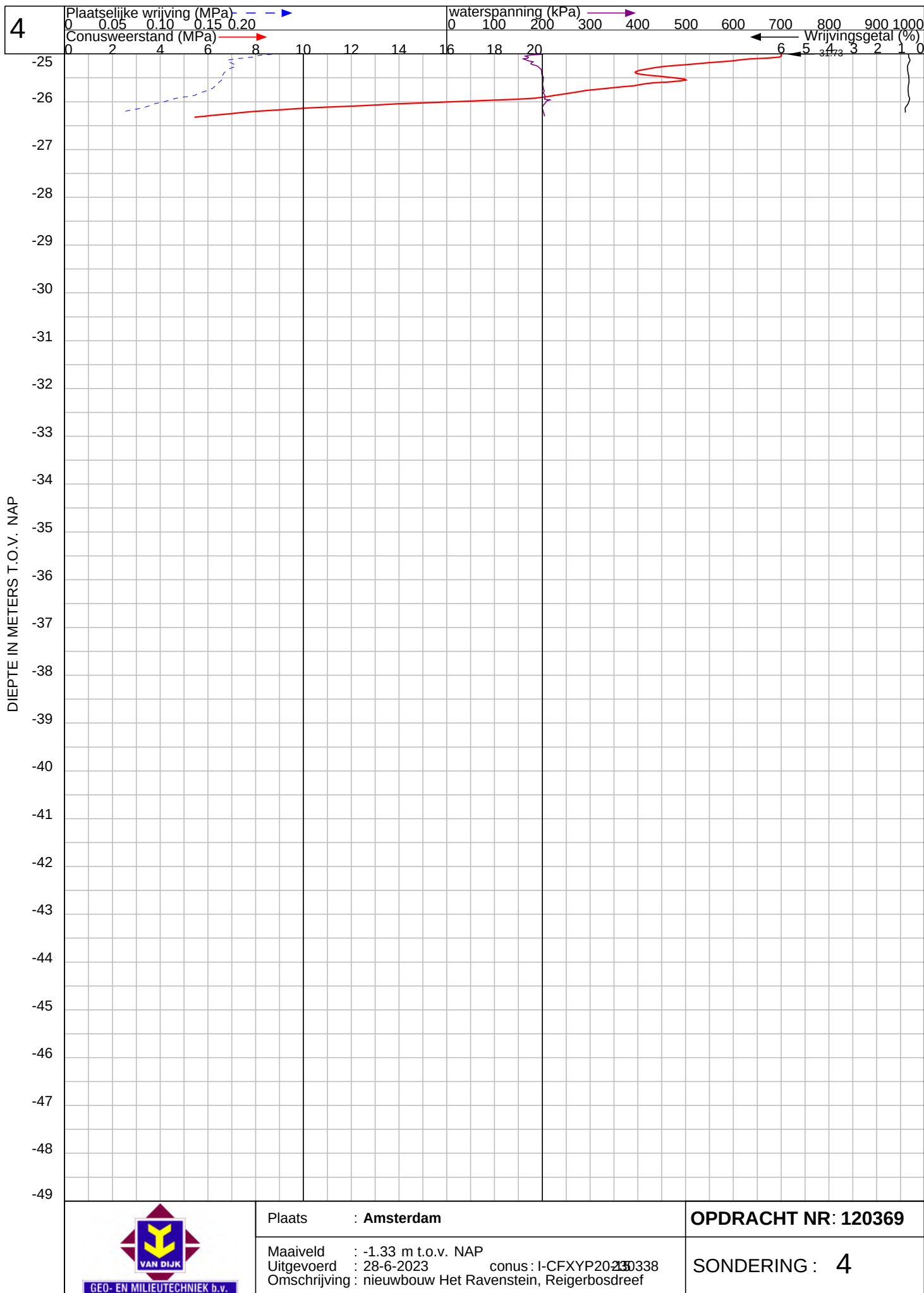
Uitgevoerd : 28-6-2023

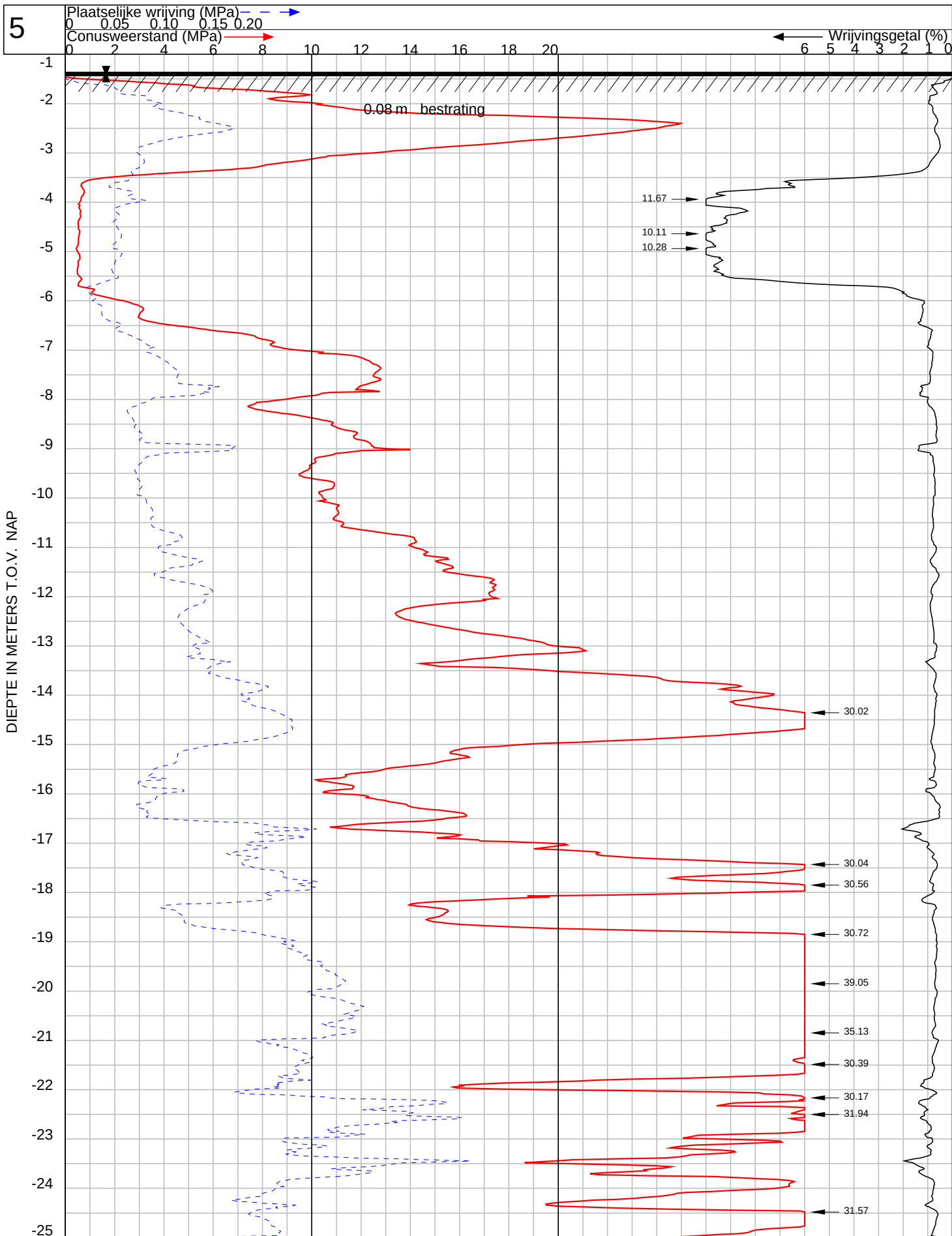
conus : I-CFXYP20210338

Omschrijving : nieuwbouw Het Ravenstein, Reigerbosdreef

OPDRACHT NR: 120369

SONDERING : 4





Maaiveld : -1.36 m t.o.v. NAP

Conus: I-CFXY-15220413

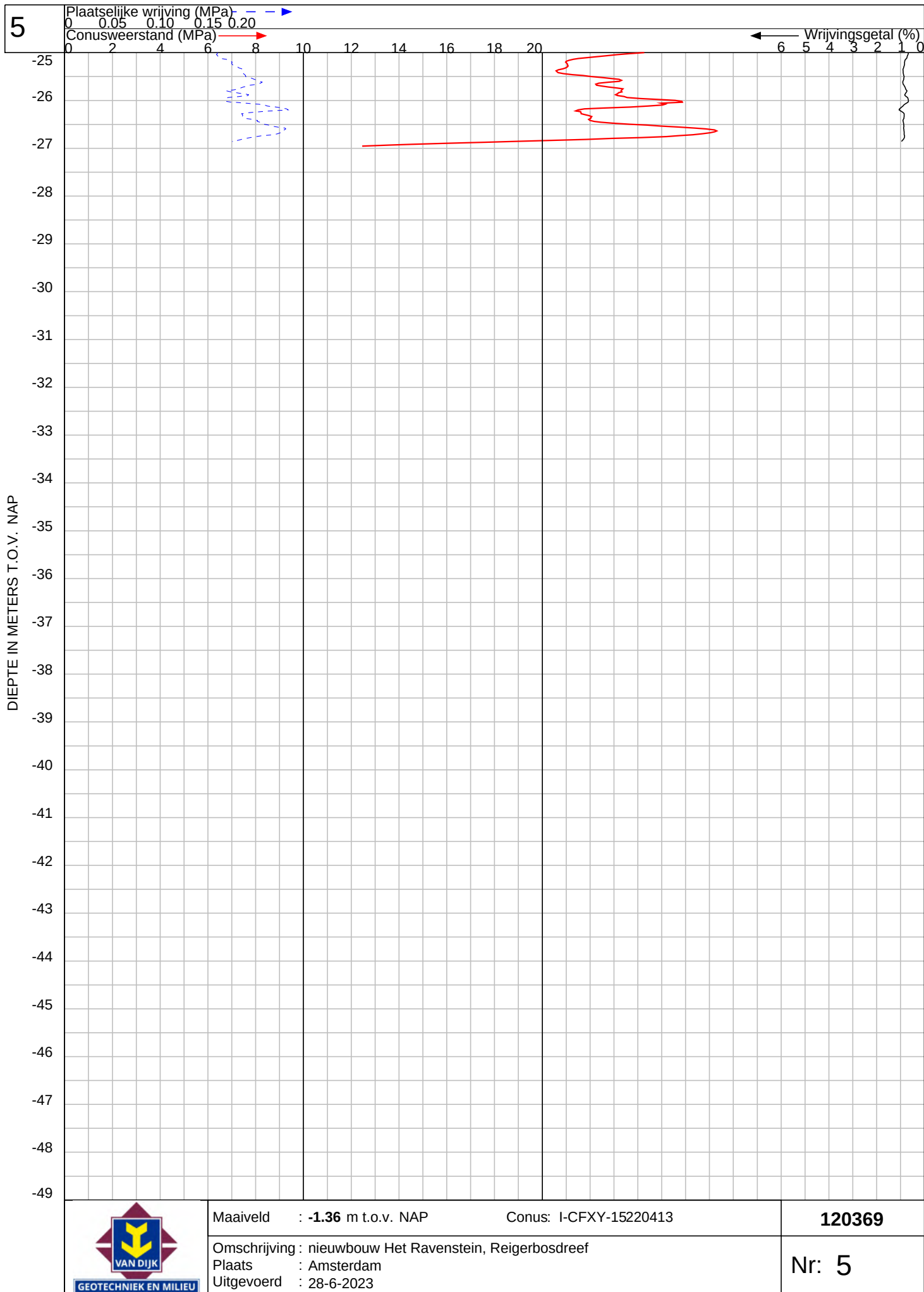
120369

Omschrijving : nieuwbouw Het Ravenstein, Reigerbosdreef

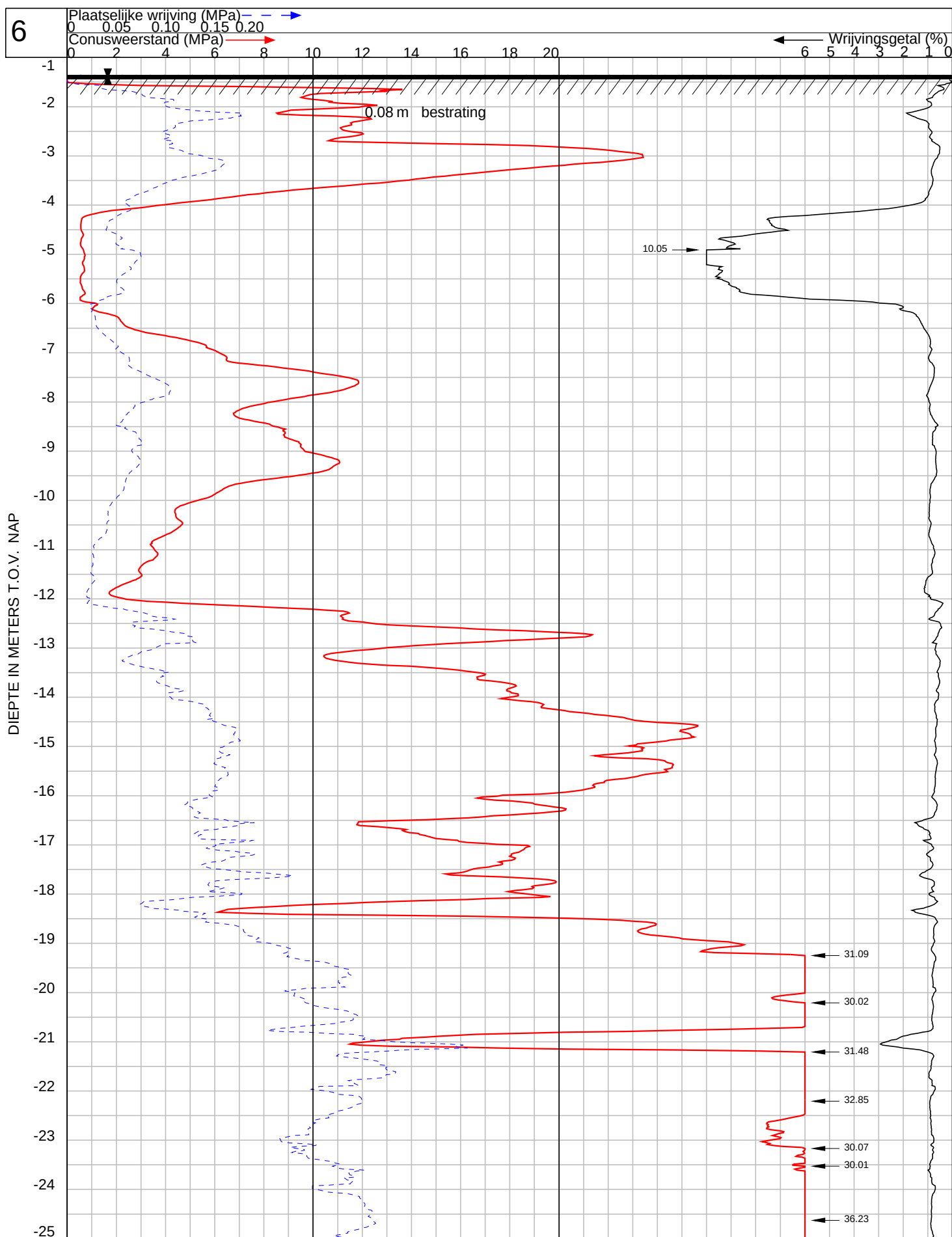
Plaats : Amsterdam

Uitgevoerd : 28-6-2023

Nr: 5



6



Maaiveld : -1.35 m t.o.v. NAP

Conus: I-CFXY-15220413

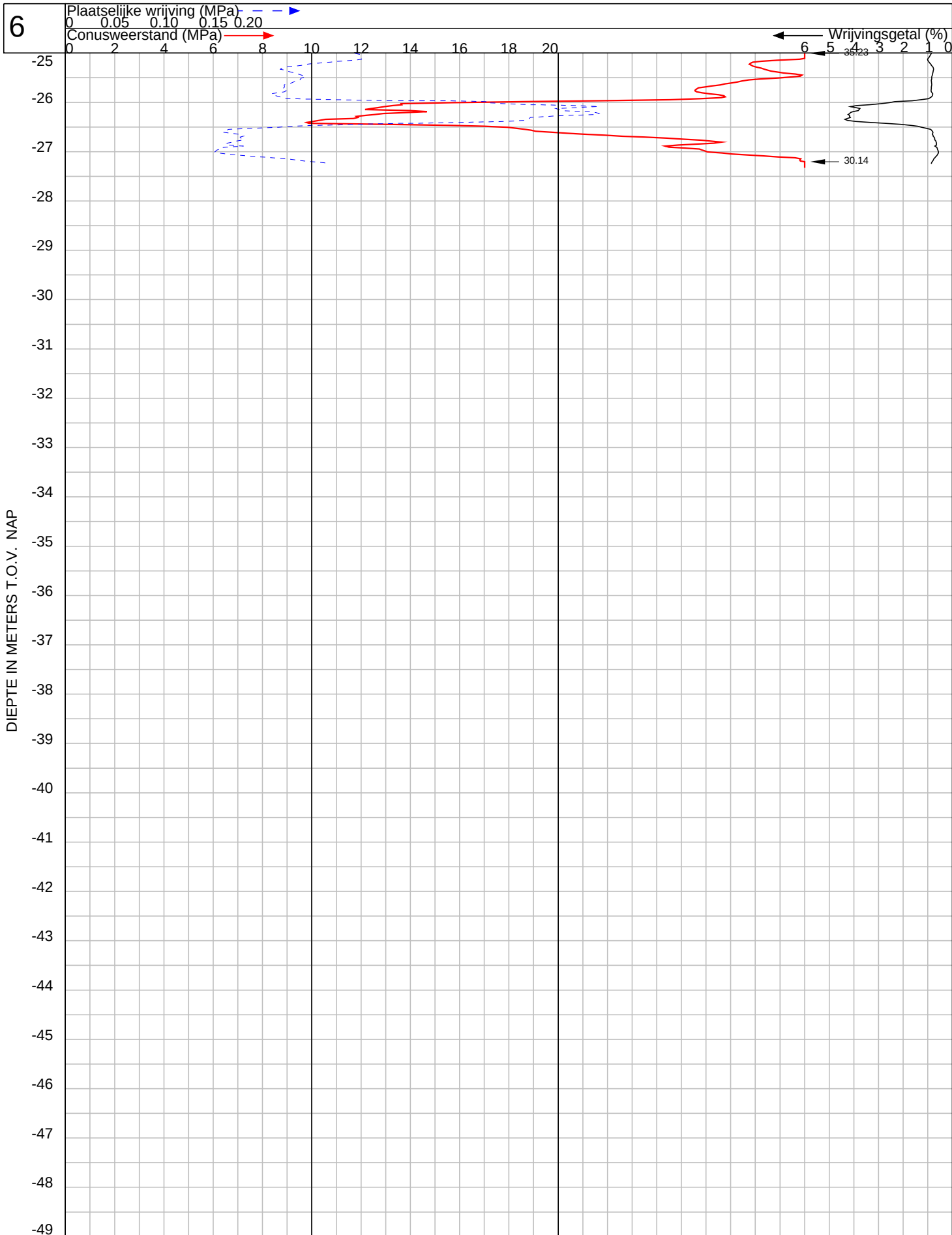
120369

Omschrijving : nieuwbouw Het Ravenstein, Reigerbosdreef

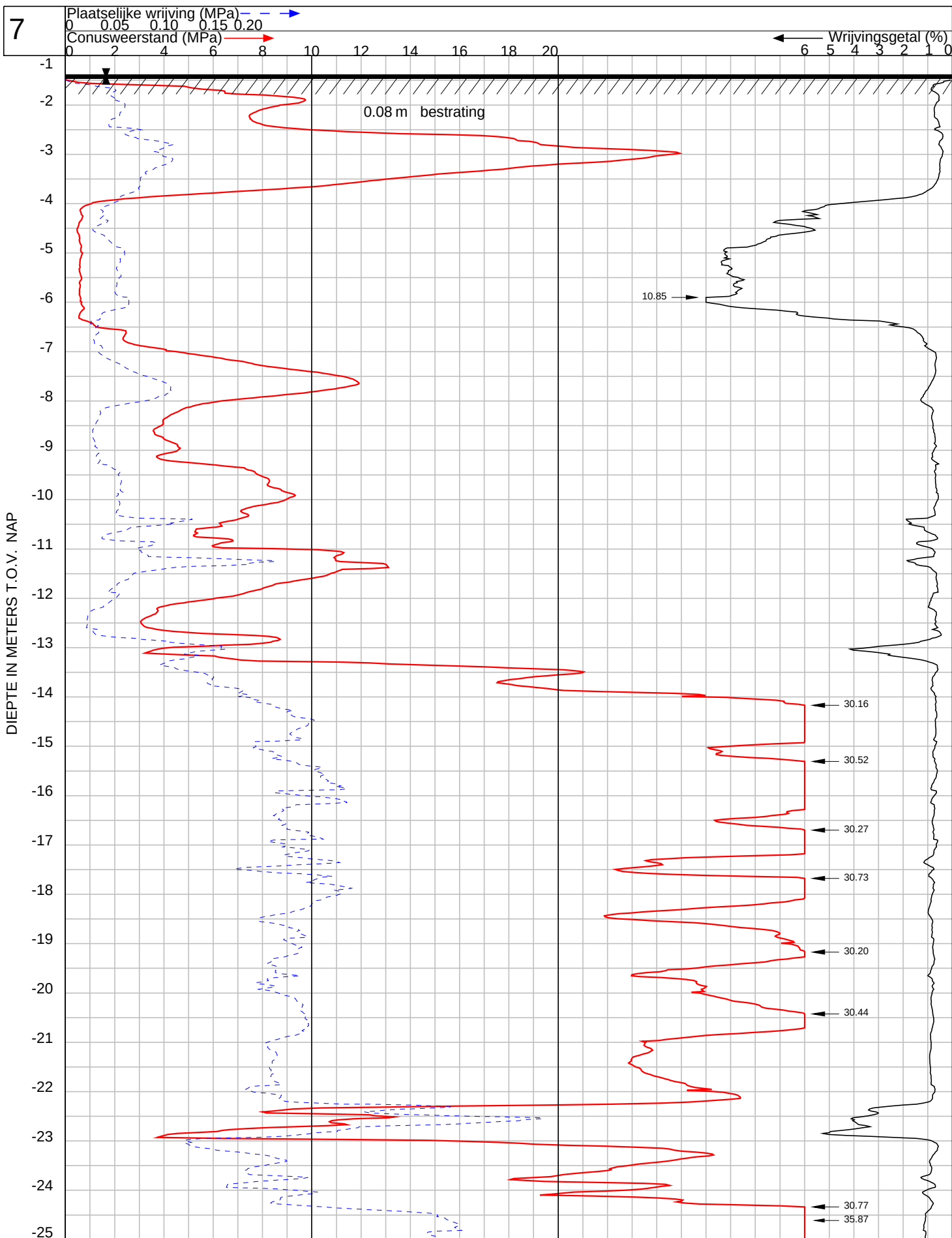
Plaats : Amsterdam

Uitgevoerd : 28-6-2023

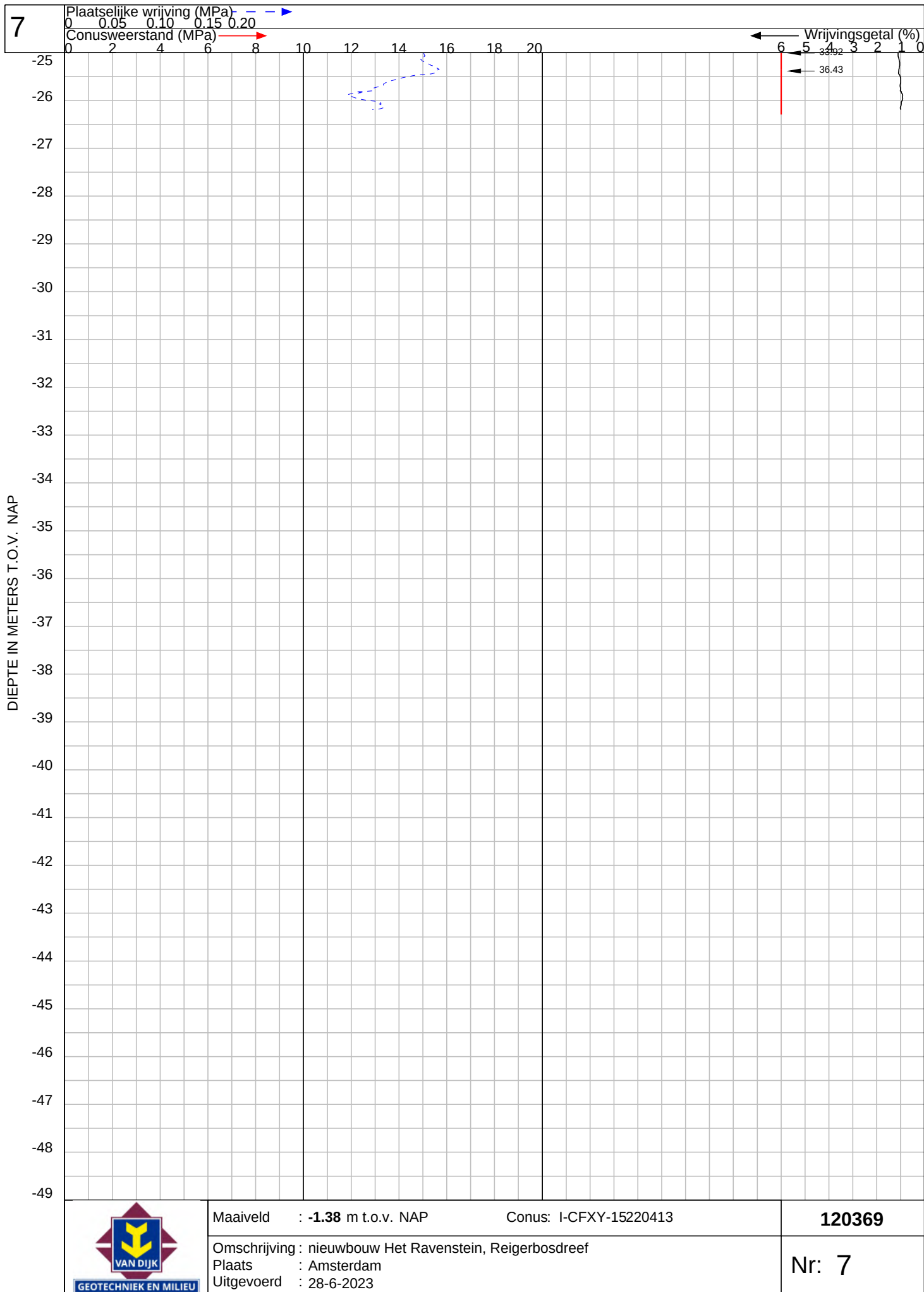
Nr: 6



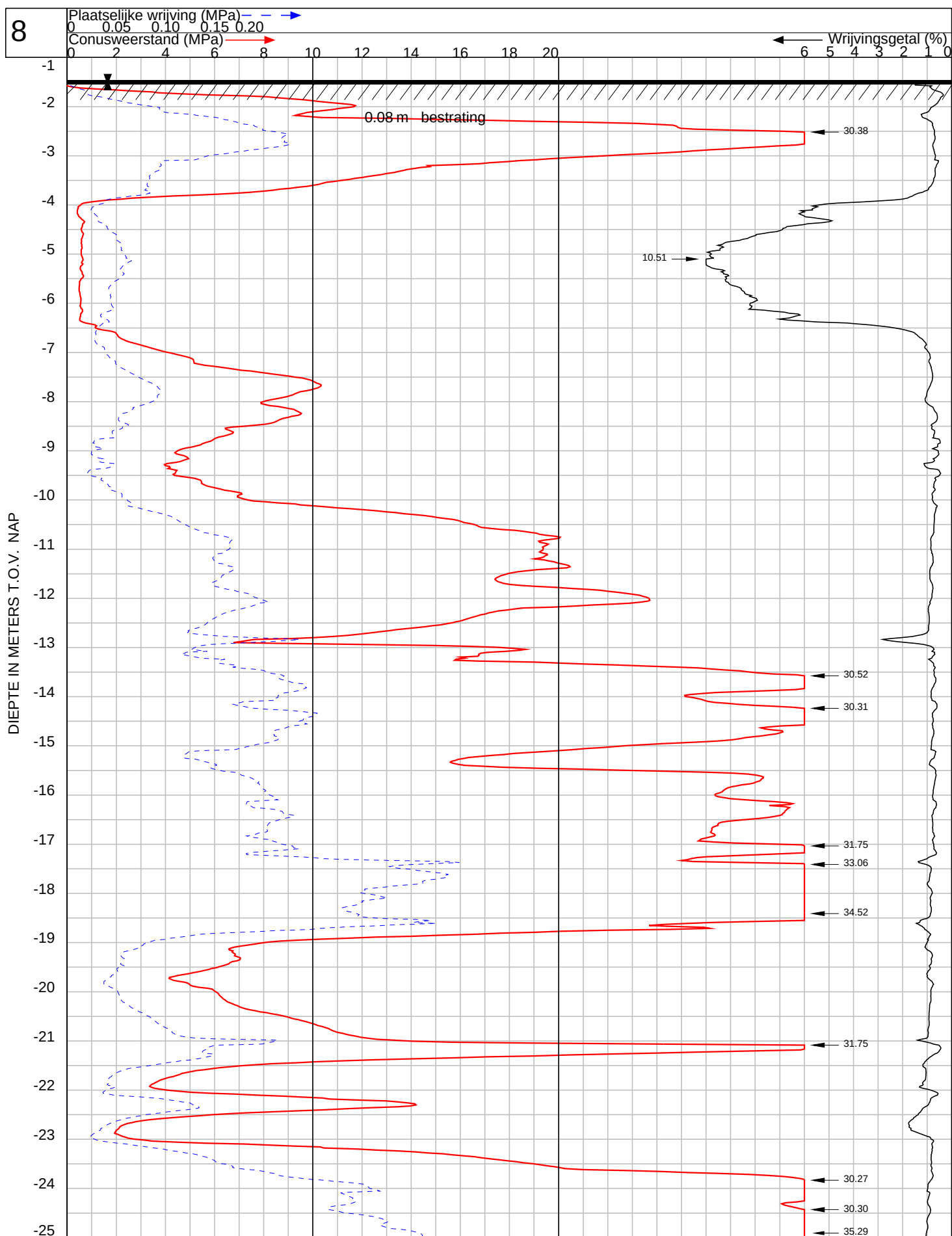
	Maaiveld : -1.35 m t.o.v. NAP	Conus: I-CFXY-15220413	120369
	Omschrijving : nieuwbouw Het Ravenstein, Reigerbosdreef Plaats : Amsterdam Uitgevoerd : 28-6-2023		Nr: 6



 VAN DIJK GEOTECHNIEK EN MILIEU	Maaiveld : -1.38 m t.o.v. NAP Conus: I-CFXY-15220413	120369
	Omschrijving : nieuwbouw Het Ravenstein, Reigerbosdreef Plaats : Amsterdam Uitgevoerd : 28-6-2023	Nr: 7



8



Maaiveld : -1.46 m t.o.v. NAP

Conus: I-CFX-15220413

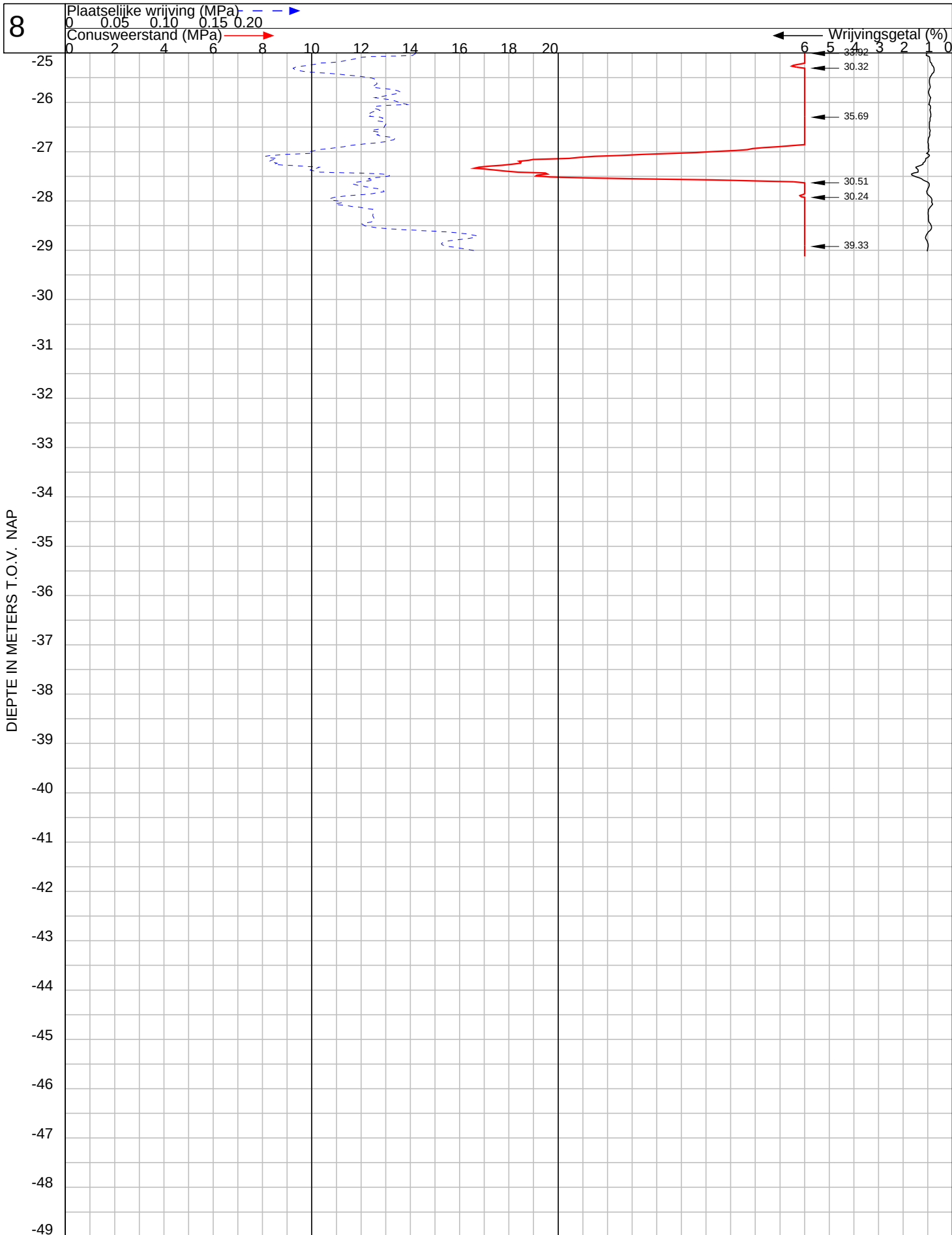
120369

Omschrijving : nieuwbouw Het Ravenstein, Reigerbosdreef

Plaats : Amsterdam

Uitgevoerd : 28-6-2023

Nr: 8

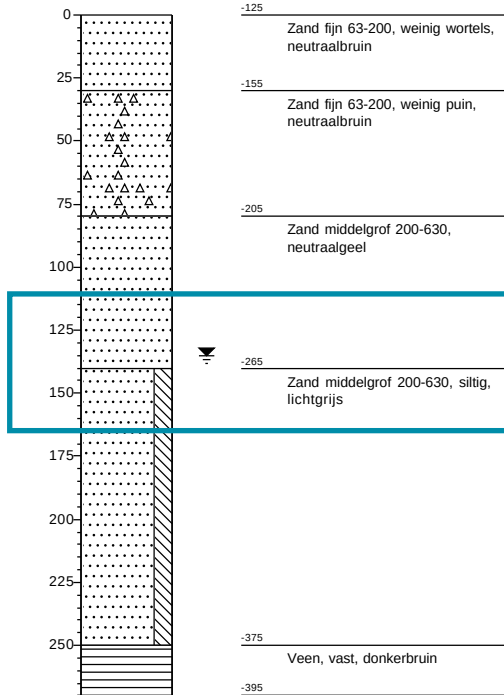


	Maaiveld : -1.46 m t.o.v. NAP	Conus: I-CFXY-15220413	120369
	Omschrijving : nieuwbouw Het Ravenstein, Reigerbosdreef Plaats : Amsterdam Uitgevoerd : 28-6-2023		Nr: 8

Boring:

B1

Datum: 28-6-2023
 Maaiveldhoogte: -1.25 t.o.v. N.A.P.
 GWS: -2.6 t.o.v. N.A.P.



Grondwaterstand in het boor- / sondeergat is eenmalig bepaald en dient als indicatief te worden beschouwd.

Project: nieuwbouw Het Ravenstein, Reigerbosdreef
 Lokatiennaam: Amsterdam

Boorbeschrijvingsklasse: NEN-EN-ISO 14688 klasse B3

Opdracht nr.: 120369

INMETING

OPDRACHTNR.: 120369		PLAATS: Amsterdam	
meetpunt nr	hoogte maaiveld in m t.o.v. NAP	RD X-coördinaten in m	RD Y-coördinaten in m
1	-1.11	126814.24	478661.83
2/B1	-1.25	126805.71	478655.44
4	-1.33	126809.15	478641.93
5	-1.36	126818.79	478639.62
7	-1.38	126824.10	478617.43
6	-1.35	126812.59	478628.72
8	-1.46	126817.51	478611.37
kruin weg	-1.26		
dorpel	-1.04		
put	-1.23		
De gemeten hoogten en coördinaten zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan deze rapportage			
Meetmethode:	Coördinaten en hoogten gemeten met 06-GPS		
Gemeten door:	van DIJK geo- en milieutechniek b.v.		
Datum meting:	22 juni 2023		
Datum verwerking:	29 juni 2023		

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

Algemeen

De sonderingen worden bij van Dijk Geotechniek en Milieu uitgevoerd conform NEN – EN-ISO 22476-1:2012/CI.

De sondeerresultaten geven een goed en betrouwbaar beeld van de gelaagdheid van de ondergrond.

De sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm² en een tophoek van 60° wordt met een constante snelheid van 20 mm/s in de grond gedrukt. Indien ook de plaatselijke wrijving gemeten moet worden, zal een conus met een mantel van ca 15000 mm² worden toegepast. De meetsignalen worden met een kabel, dan wel via een lichtgeleider (draadloos), naar een meeteenheid, verbonden aan een computer, gestuurd. De gedigitaliseerde meetsignalen worden opgeslagen.

De bestanden worden op kantoor definitief verwerkt. De gemeten parameters worden tegen de diepte uitgezet.

Klassenindeling

In de norm NEN-EN-ISO 22476-1:2012/CI is de nauwkeurigheid van sonderen in 4 toepassingsklassen verdeeld. Zoals uit onderstaande tabel volgt is de indeling gebaseerd op de nauwkeurigheid van meting van de parameters en de diepte.

toepassingsklasse	meetgrootheid	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand Plaatselijke wrijving Helling Sondeerdiepte	35kPa of 5% 5 kPa of 10% 2° 0,1 m of 1%	20 mm
2	Conusweerstand Plaatselijke wrijving Helling Sondeerdiepte	100 kPa of 5% 5 kPa of 15% 2° 0,1 m of 1%	20 mm
3	Conusweerstand Plaatselijke wrijving Helling Sondeerdiepte	200 kPa of 5% 25 kPa of 15% 5° 0,2 m of 2%	50 mm
4	Conusweerstand Plaatselijke wrijving Sondeerlengte	500kPa of 5% 50 kPa of 20% 0,2 m of 2%	50 mm
Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid (van de meetwaarde).			

Standaard zal van Dijk Geotechniek en Milieu sonderen in toepassingsklasse 2 met een meetinterval van 20 mm.

Wrijvingsgetal

Wordt tijdens het sonderen simultaan conusweerstand en plaatselijke wrijving gemeten, dan kan het wrijvingsgetal worden berekend.

Dit is het quotiënt uitgedrukt in procenten van de plaatselijke wrijving en conusweerstand op een bepaalde diepte ($R_f = f_s/q_c \cdot 100\%$).

Dit wrijvingsgetal geeft meer inzicht omtrent de bodemopbouw onder de grondwaterstand.

In grote lijnen kunnen de volgende hoofdgrondsoorten worden herkend:

grondsoort	R _f in %	grondsoort	R _f in %
grof zand	0,2 – 0,6	klei	3,0 – 5,0
zand	0,6 – 1,2	potklei	5,0 – 7,0
silt/leem	1,2 – 4,0	veen	5,0 – >10

Boven de grondwaterstand en in geroerde gronden kunnen aanzienlijke afwijkingen voorkomen. Overigens geven wrijvingsgetallen een indicatie van de samenstelling van de ondergrond. Boringen al dan niet met ongeroerde monsters, aangevuld met laboratorium proeven, geven uiteraard meer inzicht.

verklaring der tekens

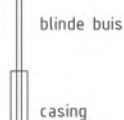


GEOTECHNIEK EN MILIEU

BOORSTAAT



peilbuis



grondwaterstand

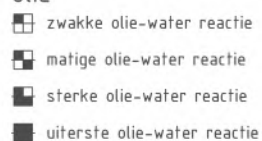
bentoniet afdichting

filter

geur



olie

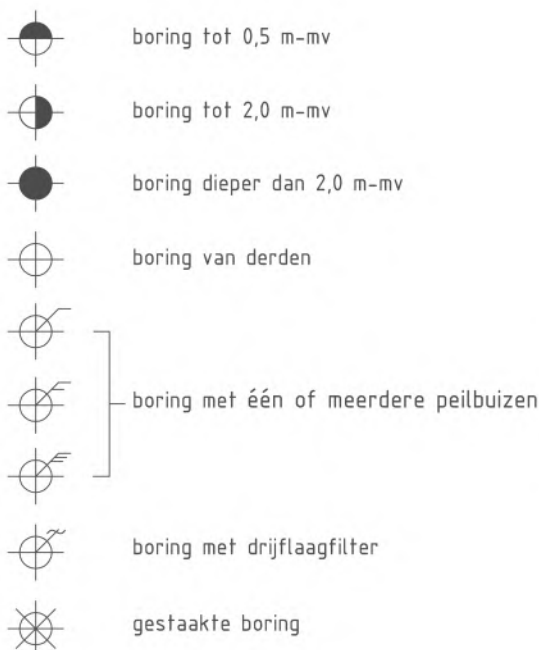


SITUATIE TEKENING

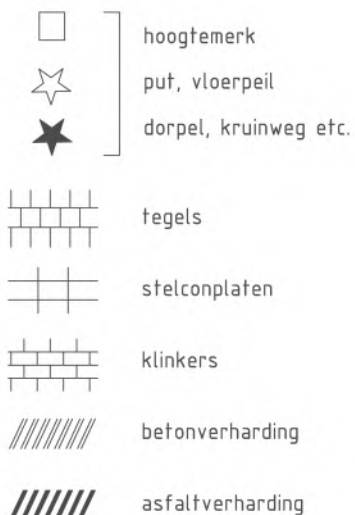
sonderingen



boringen - peilbuizen



diversen



Rapport voor D-Foundations 21.1

Ontwerp en Verificatie volgens Eurocode 7 van Stroom- en Paalfunderingen
Ontwikkeld door Deltares



Bedrijfsnaam: Van Dijk geo- en milieutechniek

Datum van rapport: 17-11-2023
Tijd van rapport: 07:44:15
Rapport met versie: 21.1.1.32449

Datum van berekening: 17-11-2023
Tijd van berekening: 07:43:06
Berekend met versie: 21.1.1.32449

Bestandsnaam: 120369 Amsterdam Hek palen met groutinjectie

Projectbeschrijving: Nieuwbouw Het Ravenstein
Reigerbosdreef te Amsterdam
D-Foundations 120369 Amsterdam Hek palen met groutinjectie

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Bearing Piles (EC7-NL): Resultaten van de Optie Voorontwerp-Indicatie Draagkracht	3
2.1 Rekenparameters	3
2.1.1 Factoren Paal	3
2.1.2 Paaltype : HEKpaal 395/324	3
2.1.3 Paaltype : HEKpaal 430/360	3
2.1.4 Paaltype : HEKpaal 450/380	4
2.1.5 Paaltype : HEKpaal 500/406	4
2.2 Overzicht Draagkracht bij Paaltype : HEKpaal 395/324	4
2.3 Overzicht Draagkracht bij Paaltype : HEKpaal 430/360	6
2.4 Overzicht Draagkracht bij Paaltype : HEKpaal 450/380	7
2.5 Overzicht Draagkracht bij Paaltype : HEKpaal 500/406	8
2.6 Samenvatting Rekenwaarde Draagkracht in kN	10

2 Bearing Piles (EC7-NL): Resultaten van de Optie Voorontwerp-Indicatie Draagkracht

2.1 Rekenparameters

2.1.1 Factoren Paal

gamma;b (NEN 9997-1:2016, tabel A.6 A.7 A.8, Grenstoestand EQU/STR/GEO) :	1,20
gamma;b (NEN 9997-1:2016, tabel A.6 A.7 A.8, de Bruikbaarheidsgrenstoestand) :	1,00
gamma;s (NEN 9997-1:2016, tabel A.6 A.7 A.8, Grenstoestand EQU/STR/GEO) :	1,20
gamma;s (NEN 9997-1:2016, tabel A.6 A.7 A.8, de Bruikbaarheidsgrenstoestand) :	1,00
ksi3 (naar eigen opgave) :	1,32
ksi4 (naar eigen opgave) :	1,32

2.1.2 Paaltype : HEKpaal 395/324

Paaltype :	In de grond gevormde geschroefde paal met gro
Materiaaltype paal :	Beton
Gladheidsbehandeling voor paal :	Geen gladheidsbehandeling
Paalvorm :	Ronde paal
beta (naar eigen opgave : Paalvoetvormfactor) :	1,00
s (NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3(h) : factor voor invloed vorm dwarsdoorsnede paalvoet) :	1,00
Paalafmetingen :	
Diameter [m] :	0,395

Naam Sondering	Alpha_s Zand/Grind	Alpha_s Klei/Leem Veen	Alpha_p
1	0,0090	--	0,6300
2	0,0090	--	0,6300
4	0,0090	--	0,6300
5	0,0090	--	0,6300
6	0,0090	--	0,6300
7	0,0090	--	0,6300
8	0,0090	--	0,6300

2.1.3 Paaltype : HEKpaal 430/360

Paaltype :	In de grond gevormde geschroefde paal met gro
Materiaaltype paal :	Beton
Gladheidsbehandeling voor paal :	Geen gladheidsbehandeling
Paalvorm :	Ronde paal
beta (naar eigen opgave : Paalvoetvormfactor) :	1,00
s (NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3(h) : factor voor invloed vorm dwarsdoorsnede paalvoet) :	1,00
Paalafmetingen :	
Diameter [m] :	0,430

Naam Sondering	Alpha_s Zand/Grind	Alpha_s Klei/Leem Veen	Alpha_p
1	0,0090	--	0,6300

Naam Sondering	Alpha_s Zand/Grind	Alpha_s Klei/Leem Veen	Alpha_p
2	0,0090	--	0,6300
4	0,0090	--	0,6300
5	0,0090	--	0,6300
6	0,0090	--	0,6300
7	0,0090	--	0,6300
8	0,0090	--	0,6300

2.1.4 Paaltype : HEKpaal 450/380

Paaltype :

In de grond gevormde geschroefde paal met gro

Materiaaltype paal :

Beton

Gladheidsbehandeling voor paal :

Geen gladheidsbehandeling

Paalvorm :

Ronde paal

beta (naar eigen opgave : Paalvoetvormfactor) :

1,00

s (NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3(h) : factor voor

invloed vorm dwarsdoorsnede paalvoet) :

1,00

Paalafmetingen :

Diameter [m] :

0,450

Naam Sondering	Alpha_s Zand/Grind	Alpha_s Klei/Leem Veen	Alpha_p
1	0,0090	--	0,6300
2	0,0090	--	0,6300
4	0,0090	--	0,6300
5	0,0090	--	0,6300
6	0,0090	--	0,6300
7	0,0090	--	0,6300
8	0,0090	--	0,6300

2.1.5 Paaltype : HEKpaal 500/406

Paaltype :

In de grond gevormde geschroefde paal met gro

Materiaaltype paal :

Beton

Gladheidsbehandeling voor paal :

Geen gladheidsbehandeling

Paalvorm :

Ronde paal

beta (naar eigen opgave : Paalvoetvormfactor) :

1,00

s (NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3(h) : factor voor

invloed vorm dwarsdoorsnede paalvoet) :

1,00

Paalafmetingen :

Diameter [m] :

0,500

Naam Sondering	Alpha_s Zand/Grind	Alpha_s Klei/Leem Veen	Alpha_p
1	0,0090	--	0,6300
2	0,0090	--	0,6300
4	0,0090	--	0,6300
5	0,0090	--	0,6300
6	0,0090	--	0,6300
7	0,0090	--	0,6300
8	0,0090	--	0,6300

2.2 Overzicht Draagkracht bij Paaltype : HEKpaal 395/324

Naam Sondering	PPN [m R.N.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nk;k [kN]	Fnk;d [kN]	Rc;net;d [kN]
1	-10.00	873	418	1291	815	66	66	749

Naam Sondering	PPN [m R.N.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F _{nk;k} [kN]	F _{nk;d} [kN]	Rc _{net;d} [kN]
1	-10.50	956	490	1446	913	66	66	847
1	-11.00	1015	571	1586	1001	66	66	935
1	-11.50	1111	654	1765	1114	66	66	1048
1	-12.00	1265	738	2003	1265	66	66	1199
1	-12.50	1384	822	2206	1393	66	66	1327
1	-13.00	1443	905	2348	1482	66	66	1416
1	-13.50	1494	989	2483	1568	66	66	1502
1	-14.00	1007	1073	2080	1313	66	66	1247
1	-14.50	986	1157	2143	1353	66	66	1287
1	-15.00	922	1240	2162	1365	66	66	1299
2	-10.00	663	352	1015	641	62	62	579
2	-10.50	980	423	1403	886	62	62	824
2	-11.00	1107	507	1614	1019	62	62	957
2	-11.50	1194	591	1785	1127	62	62	1065
2	-12.00	1301	674	1975	1247	62	62	1185
2	-12.50	1379	758	2137	1349	62	62	1287
2	-13.00	1422	842	2264	1429	62	62	1367
2	-13.50	1470	926	2396	1513	62	62	1451
2	-14.00	1465	1009	2474	1562	62	62	1500
2	-14.50	1616	1093	2709	1710	62	62	1648
2	-15.00	1458	1177	2635	1664	62	62	1602
4	-10.00	638	347	985	622	55	55	567
4	-10.50	785	408	1193	753	55	55	698
4	-11.00	868	482	1350	852	55	55	797
4	-11.50	921	558	1479	934	55	55	879
4	-12.00	944	635	1579	997	55	55	942
4	-12.50	1011	711	1722	1087	55	55	1032
4	-13.00	1105	793	1898	1198	55	55	1143
4	-13.50	1168	876	2044	1290	55	55	1235
4	-14.00	1198	960	2158	1362	55	55	1307
4	-14.50	1487	1044	2531	1598	55	55	1543
4	-15.00	1420	1128	2548	1609	55	55	1554
5	-10.00	752	418	1170	739	56	56	683
5	-10.50	825	479	1304	823	56	56	767
5	-11.00	948	552	1500	947	56	56	891
5	-11.50	987	633	1620	1023	56	56	967
5	-12.00	989	715	1704	1076	56	56	1020
5	-12.50	1076	794	1870	1181	56	56	1125
5	-13.00	1124	874	1998	1261	56	56	1205
5	-13.50	1349	956	2305	1455	56	56	1399
5	-14.00	1132	1039	2171	1371	56	56	1315
5	-14.50	934	1123	2057	1299	56	56	1243
5	-15.00	850	1207	2057	1299	56	56	1243
6	-10.00	243	323	566	357	68	68	289
6	-10.50	160	349	509	321	68	68	253
6	-11.00	153	371	524	331	68	68	263
6	-11.50	143	389	532	336	68	68	268
6	-12.00	340	402	742	468	68	68	400
6	-12.50	596	451	1047	661	68	68	593
6	-13.00	579	518	1097	693	68	68	625
6	-13.50	891	587	1478	933	68	68	865
6	-14.00	1055	671	1726	1090	68	68	1022
6	-14.50	1174	754	1928	1217	68	68	1149
6	-15.00	1030	838	1868	1179	68	68	1111
7	-10.00	385	241	626	395	68	68	327
7	-10.50	373	282	655	414	68	68	346
7	-11.00	326	316	642	405	68	68	337
7	-11.50	290	379	669	422	68	68	354
7	-12.00	251	426	677	427	68	68	359
7	-12.50	285	448	733	463	68	68	395
7	-13.00	313	481	794	501	68	68	433
7	-13.50	862	532	1394	880	68	68	812
7	-14.00	1377	616	1993	1258	68	68	1190
7	-14.50	1508	699	2207	1393	68	68	1325
7	-15.00	1581	783	2364	1492	68	68	1424

Naam Sondering	PPN [m R.N.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F _{nk;k} [kN]	F _{nk;d} [kN]	Rc;net;d [kN]
8	-10.00	573	238	811	512	66	66	446
8	-10.50	920	308	1228	775	66	66	709
8	-11.00	933	391	1324	836	66	66	770
8	-11.50	679	475	1154	729	66	66	663
8	-12.00	668	559	1227	775	66	66	709
8	-12.50	609	643	1252	790	66	66	724
8	-13.00	903	709	1612	1018	66	66	952
8	-13.50	1292	793	2085	1316	66	66	1250
8	-14.00	1170	877	2047	1292	66	66	1226
8	-14.50	1182	961	2143	1353	66	66	1287
8	-15.00	1132	1044	2176	1374	66	66	1308

* Rc;net;d = Rc;d - F_{nk;d}

2.3 Overzicht Draagkracht bij Paaltype : HEKpaal 430/360

Naam Sondering	PPN [m R.N.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F _{nk;k} [kN]	F _{nk;d} [kN]	Rc;net;d [kN]
1	-10.00	1022	455	1477	932	72	72	860
1	-10.50	1127	534	1661	1049	72	72	977
1	-11.00	1190	622	1812	1144	72	72	1072
1	-11.50	1303	712	2015	1272	72	72	1200
1	-12.00	1483	803	2286	1443	72	72	1371
1	-12.50	1627	894	2521	1592	72	72	1520
1	-13.00	1696	985	2681	1693	72	72	1621
1	-13.50	1657	1077	2734	1726	72	72	1654
1	-14.00	1189	1168	2357	1488	72	72	1416
1	-14.50	1169	1259	2428	1533	72	72	1461
1	-15.00	1092	1350	2442	1542	72	72	1470
2	-10.00	793	384	1177	743	68	68	675
2	-10.50	1153	460	1613	1018	68	68	950
2	-11.00	1297	552	1849	1167	68	68	1099
2	-11.50	1394	643	2037	1286	68	68	1218
2	-12.00	1519	734	2253	1422	68	68	1354
2	-12.50	1570	825	2395	1512	68	68	1444
2	-13.00	1647	916	2563	1618	68	68	1550
2	-13.50	1719	1008	2727	1722	68	68	1654
2	-14.00	1736	1099	2835	1790	68	68	1722
2	-14.50	1755	1190	2945	1859	68	68	1791
2	-15.00	1727	1281	3008	1899	68	68	1831
4	-10.00	752	378	1130	713	60	60	653
4	-10.50	924	444	1368	864	60	60	804
4	-11.00	1015	525	1540	972	60	60	912
4	-11.50	1074	608	1682	1062	60	60	1002
4	-12.00	1101	692	1793	1132	60	60	1072
4	-12.50	1183	774	1957	1235	60	60	1175
4	-13.00	1297	863	2160	1364	60	60	1304
4	-13.50	1375	954	2329	1470	60	60	1410
4	-14.00	1419	1045	2464	1556	60	60	1496
4	-14.50	1682	1136	2818	1779	60	60	1719
4	-15.00	1670	1228	2898	1830	60	60	1770
5	-10.00	885	456	1341	847	61	61	786
5	-10.50	982	522	1504	949	61	61	888
5	-11.00	1113	601	1714	1082	61	61	1021
5	-11.50	1159	690	1849	1167	61	61	1106
5	-12.00	1165	779	1944	1227	61	61	1166
5	-12.50	1276	864	2140	1351	61	61	1290
5	-13.00	1322	952	2274	1436	61	61	1375
5	-13.50	1555	1040	2595	1638	61	61	1577
5	-14.00	1208	1132	2340	1477	61	61	1416
5	-14.50	1103	1223	2326	1468	61	61	1407
5	-15.00	1007	1314	2321	1465	61	61	1404
6	-10.00	238	352	590	372	74	74	298
6	-10.50	190	380	570	360	74	74	286
6	-11.00	182	403	585	369	74	74	295

Naam Sondering	PPN [m R.N.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F _{nk;k} [kN]	F _{nk;d} [kN]	Rc;net;d [kN]
6	-11.50	170	423	593	374	74	74	300
6	-12.00	415	437	852	538	74	74	464
6	-12.50	703	491	1194	754	74	74	680
6	-13.00	680	564	1244	785	74	74	711
6	-13.50	1042	639	1681	1061	74	74	987
6	-14.00	1231	730	1961	1238	74	74	1164
6	-14.50	1354	821	2175	1373	74	74	1299
6	-15.00	1175	912	2087	1318	74	74	1244
7	-10.00	451	262	713	450	75	75	375
7	-10.50	446	307	753	475	75	75	400
7	-11.00	382	344	726	458	75	75	383
7	-11.50	344	412	756	477	75	75	402
7	-12.00	298	464	762	481	75	75	406
7	-12.50	338	488	826	521	75	75	446
7	-13.00	398	524	922	582	75	75	507
7	-13.50	1020	579	1599	1009	75	75	934
7	-14.00	1618	670	2288	1444	75	75	1369
7	-14.50	1759	761	2520	1591	75	75	1516
7	-15.00	1845	853	2698	1703	75	75	1628
8	-10.00	692	259	951	600	72	72	528
8	-10.50	1084	335	1419	896	72	72	824
8	-11.00	1000	426	1426	900	72	72	828
8	-11.50	798	517	1315	830	72	72	758
8	-12.00	783	608	1391	878	72	72	806
8	-12.50	712	700	1412	891	72	72	819
8	-13.00	1079	772	1851	1169	72	72	1097
8	-13.50	1407	863	2270	1433	72	72	1361
8	-14.00	1375	955	2330	1471	72	72	1399
8	-14.50	1385	1046	2431	1535	72	72	1463
8	-15.00	1320	1137	2457	1551	72	72	1479

* Rc;net;d = Rc;d - F_{nk;d}

2.4 Overzicht Draagkracht bij Paaltype : HEKpaal 450/380

Naam Sondering	PPN [m R.N.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F _{nk;k} [kN]	F _{nk;d} [kN]	Rc;net;d [kN]
1	-10.00	1109	476	1585	1001	75	75	926
1	-10.50	1233	559	1792	1131	75	75	1056
1	-11.00	1296	651	1947	1229	75	75	1154
1	-11.50	1422	745	2167	1368	75	75	1293
1	-12.00	1615	840	2455	1550	75	75	1475
1	-12.50	1771	936	2707	1709	75	75	1634
1	-13.00	1848	1031	2879	1818	75	75	1743
1	-13.50	1663	1127	2790	1761	75	75	1686
1	-14.00	1302	1222	2524	1593	75	75	1518
1	-14.50	1280	1318	2598	1640	75	75	1565
1	-15.00	1196	1413	2609	1647	75	75	1572
2	-10.00	875	401	1276	806	71	71	735
2	-10.50	1258	482	1740	1098	71	71	1027
2	-11.00	1412	577	1989	1256	71	71	1185
2	-11.50	1514	673	2187	1381	71	71	1310
2	-12.00	1653	768	2421	1528	71	71	1457
2	-12.50	1703	864	2567	1621	71	71	1550
2	-13.00	1784	959	2743	1732	71	71	1661
2	-13.50	1860	1054	2914	1840	71	71	1769
2	-14.00	1902	1150	3052	1927	71	71	1856
2	-14.50	1903	1245	3148	1987	71	71	1916
2	-15.00	1892	1341	3233	2041	71	71	1970
4	-10.00	819	395	1214	766	62	62	704
4	-10.50	1009	465	1474	931	62	62	869
4	-11.00	1104	549	1653	1044	62	62	982
4	-11.50	1166	636	1802	1138	62	62	1076
4	-12.00	1194	724	1918	1211	62	62	1149
4	-12.50	1287	810	2097	1324	62	62	1262

Naam Sondering	PPN [m R.N.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F _{nk;k} [kN]	F _{nk;d} [kN]	Rc;net;d [kN]
4	-13.00	1411	903	2314	1461	62	62	1399
4	-13.50	1499	998	2497	1576	62	62	1514
4	-14.00	1557	1094	2651	1674	62	62	1612
4	-14.50	1797	1189	2986	1885	62	62	1823
4	-15.00	1822	1285	3107	1961	62	62	1899
5	-10.00	960	477	1437	907	64	64	843
5	-10.50	1072	546	1618	1021	64	64	957
5	-11.00	1214	629	1843	1164	64	64	1100
5	-11.50	1262	722	1984	1253	64	64	1189
5	-12.00	1271	815	2086	1317	64	64	1253
5	-12.50	1392	904	2296	1449	64	64	1385
5	-13.00	1440	996	2436	1538	64	64	1474
5	-13.50	1686	1089	2775	1752	64	64	1688
5	-14.00	1311	1184	2495	1575	64	64	1511
5	-14.50	1208	1280	2488	1571	64	64	1507
5	-15.00	1103	1375	2478	1564	64	64	1500
6	-10.00	235	368	603	381	78	78	303
6	-10.50	208	397	605	382	78	78	304
6	-11.00	199	422	621	392	78	78	314
6	-11.50	186	443	629	397	78	78	319
6	-12.00	465	458	923	583	78	78	505
6	-12.50	768	514	1282	809	78	78	731
6	-13.00	743	590	1333	842	78	78	764
6	-13.50	1134	669	1803	1138	78	78	1060
6	-14.00	1340	764	2104	1328	78	78	1250
6	-14.50	1465	859	2324	1467	78	78	1389
6	-15.00	1265	955	2220	1402	78	78	1324
7	-10.00	488	274	762	481	78	78	403
7	-10.50	487	322	809	511	78	78	433
7	-11.00	418	360	778	491	78	78	413
7	-11.50	377	431	808	510	78	78	432
7	-12.00	326	485	811	512	78	78	434
7	-12.50	370	510	880	556	78	78	478
7	-13.00	447	548	995	628	78	78	550
7	-13.50	1117	606	1723	1088	78	78	1010
7	-14.00	1765	701	2466	1557	78	78	1479
7	-14.50	1912	797	2709	1710	78	78	1632
7	-15.00	2007	892	2899	1830	78	78	1752
8	-10.00	752	271	1023	646	75	75	571
8	-10.50	1183	350	1533	968	75	75	893
8	-11.00	1003	446	1449	915	75	75	840
8	-11.50	871	541	1412	891	75	75	816
8	-12.00	854	637	1491	941	75	75	866
8	-12.50	775	732	1507	951	75	75	876
8	-13.00	1176	808	1984	1253	75	75	1178
8	-13.50	1498	904	2402	1516	75	75	1441
8	-14.00	1500	999	2499	1578	75	75	1503
8	-14.50	1508	1094	2602	1643	75	75	1568
8	-15.00	1434	1190	2624	1657	75	75	1582

* Rc;net;d = Rc;d - F_{nk;d}

2.5 Overzicht Draagkracht bij Paaltype : HEKpaal 500/406

Naam Sondering	PPN [m R.N.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F _{nk;k} [kN]	F _{nk;d} [kN]	Rc;net;d [kN]
1	-10.00	1332	529	1861	1175	84	84	1091
1	-10.50	1510	621	2131	1345	84	84	1261
1	-11.00	1581	723	2304	1455	84	84	1371
1	-11.50	1748	828	2576	1626	84	84	1542
1	-12.00	1965	934	2899	1830	84	84	1746
1	-12.50	2155	1040	3195	2017	84	84	1933
1	-13.00	2253	1146	3399	2146	84	84	2062
1	-13.50	1648	1252	2900	1831	84	84	1747
1	-14.00	1608	1358	2966	1872	84	84	1788

Naam Sondering	PPN [m R.N.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F _{nk;k} [kN]	F _{nk;d} [kN]	Rc _{net;d} [kN]
1	-14.50	1499	1464	2963	1871	84	84	1787
1	-15.00	1477	1570	3047	1924	84	84	1840
2	-10.00	1073	446	1519	959	79	79	880
2	-10.50	1541	535	2076	1311	79	79	1232
2	-11.00	1720	641	2361	1491	79	79	1412
2	-11.50	1836	748	2584	1631	79	79	1552
2	-12.00	2000	854	2854	1802	79	79	1723
2	-12.50	2057	960	3017	1905	79	79	1826
2	-13.00	2147	1066	3213	2028	79	79	1949
2	-13.50	2232	1172	3404	2149	79	79	2070
2	-14.00	2313	1278	3591	2267	79	79	2188
2	-14.50	2334	1384	3718	2347	79	79	2268
2	-15.00	2336	1490	3826	2415	79	79	2336
4	-10.00	993	439	1432	904	69	69	835
4	-10.50	1236	517	1753	1107	69	69	1038
4	-11.00	1344	610	1954	1234	69	69	1165
4	-11.50	1414	707	2121	1339	69	69	1270
4	-12.00	1442	804	2246	1418	69	69	1349
4	-12.50	1558	899	2457	1551	69	69	1482
4	-13.00	1713	1003	2716	1715	69	69	1646
4	-13.50	1827	1109	2936	1854	69	69	1785
4	-14.00	1922	1215	3137	1980	69	69	1911
4	-14.50	2192	1321	3513	2218	69	69	2149
4	-15.00	2230	1427	3657	2309	69	69	2240
5	-10.00	1152	530	1682	1062	71	71	991
5	-10.50	1321	607	1928	1217	71	71	1146
5	-11.00	1485	699	2184	1379	71	71	1308
5	-11.50	1539	802	2341	1478	71	71	1407
5	-12.00	1550	905	2455	1550	71	71	1479
5	-12.50	1706	1005	2711	1711	71	71	1640
5	-13.00	1759	1107	2866	1809	71	71	1738
5	-13.50	1908	1210	3118	1968	71	71	1897
5	-14.00	1586	1316	2902	1832	71	71	1761
5	-14.50	1492	1422	2914	1840	71	71	1769
5	-15.00	1362	1528	2890	1824	71	71	1753
6	-10.00	266	409	675	426	86	86	340
6	-10.50	257	442	699	441	86	86	355
6	-11.00	245	469	714	451	86	86	365
6	-11.50	230	492	722	456	86	86	370
6	-12.00	587	508	1095	691	86	86	605
6	-12.50	942	571	1513	955	86	86	869
6	-13.00	918	656	1574	994	86	86	908
6	-13.50	1381	743	2124	1341	86	86	1255
6	-14.00	1634	849	2483	1568	86	86	1482
6	-14.50	1597	955	2552	1611	86	86	1525
6	-15.00	1512	1061	2573	1624	86	86	1538
7	-10.00	583	305	888	561	87	87	474
7	-10.50	511	357	868	548	87	87	461
7	-11.00	517	400	917	579	87	87	492
7	-11.50	465	479	944	596	87	87	509
7	-12.00	403	539	942	595	87	87	508
7	-12.50	457	567	1024	646	87	87	559
7	-13.00	593	609	1202	759	87	87	672
7	-13.50	1383	673	2056	1298	87	87	1211
7	-14.00	2158	779	2937	1854	87	87	1767
7	-14.50	2320	885	3205	2023	87	87	1936
7	-15.00	2458	991	3449	2177	87	87	2090
8	-10.00	933	301	1234	779	84	84	695
8	-10.50	1398	389	1787	1128	84	84	1044
8	-11.00	1063	495	1558	984	84	84	900
8	-11.50	1066	601	1667	1052	84	84	968
8	-12.00	1042	708	1750	1105	84	84	1021
8	-12.50	943	814	1757	1109	84	84	1025
8	-13.00	1466	898	2364	1492	84	84	1408
8	-13.50	1802	1004	2806	1771	84	84	1687

Naam Sondering	PPN [m R.N.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nk;k [kN]	Fnk;d [kN]	Rc;net;d [kN]
8	-14.00	1836	1110	2946	1860	84	84	1776
8	-14.50	1838	1216	3054	1928	84	84	1844
8	-15.00	1739	1322	3061	1932	84	84	1848

* Rc;net;d = Rc;d - Fnk;d

2.6 Samenvatting Rekenwaarde Draagkracht in kN

Naam Sondering	Maaiveld [m R.N.]	PPN [m R.N.]	HEKpaal 395/324 Rc;net;d [kN]	HEKpaal 430/360 Rc;net;d [kN]	HEKpaal 450/380 Rc;net;d [kN]	HEKpaal 500/400 Rc;net;d [kN]
1	-1,11	-10,00	749,00	860,00	926,00	1091,00
1	-1,11	-10,50	847,00	977,00	1056,00	1261,00
1	-1,11	-11,00	935,00	1072,00	1154,00	1371,00
1	-1,11	-11,50	1048,00	1200,00	1293,00	1542,00
1	-1,11	-12,00	1199,00	1371,00	1475,00	1746,00
1	-1,11	-12,50	1327,00	1520,00	1634,00	1933,00
1	-1,11	-13,00	1416,00	1621,00	1743,00	2062,00
1	-1,11	-13,50	1502,00	1654,00	1686,00	1747,00
1	-1,11	-14,00	1247,00	1416,00	1518,00	1788,00
1	-1,11	-14,50	1287,00	1461,00	1565,00	1787,00
1	-1,11	-15,00	1299,00	1470,00	1572,00	1840,00
2	-1,25	-10,00	579,00	675,00	735,00	880,00
2	-1,25	-10,50	824,00	950,00	1027,00	1232,00
2	-1,25	-11,00	957,00	1099,00	1185,00	1412,00
2	-1,25	-11,50	1065,00	1218,00	1310,00	1552,00
2	-1,25	-12,00	1185,00	1354,00	1457,00	1723,00
2	-1,25	-12,50	1287,00	1444,00	1550,00	1826,00
2	-1,25	-13,00	1367,00	1550,00	1661,00	1949,00
2	-1,25	-13,50	1451,00	1654,00	1769,00	2070,00
2	-1,25	-14,00	1500,00	1722,00	1856,00	2188,00
2	-1,25	-14,50	1648,00	1791,00	1916,00	2268,00
2	-1,25	-15,00	1602,00	1831,00	1970,00	2336,00
4	-1,33	-10,00	567,00	653,00	704,00	835,00
4	-1,33	-10,50	698,00	804,00	869,00	1038,00
4	-1,33	-11,00	797,00	912,00	982,00	1165,00
4	-1,33	-11,50	879,00	1002,00	1076,00	1270,00
4	-1,33	-12,00	942,00	1072,00	1149,00	1349,00
4	-1,33	-12,50	1032,00	1175,00	1262,00	1482,00
4	-1,33	-13,00	1143,00	1304,00	1399,00	1646,00
4	-1,33	-13,50	1235,00	1410,00	1514,00	1785,00
4	-1,33	-14,00	1307,00	1496,00	1612,00	1911,00
4	-1,33	-14,50	1543,00	1719,00	1823,00	2149,00
4	-1,33	-15,00	1554,00	1770,00	1899,00	2240,00
5	-1,36	-10,00	683,00	786,00	843,00	991,00
5	-1,36	-10,50	767,00	888,00	957,00	1146,00
5	-1,36	-11,00	891,00	1021,00	1100,00	1308,00
5	-1,36	-11,50	967,00	1106,00	1189,00	1407,00
5	-1,36	-12,00	1020,00	1166,00	1253,00	1479,00
5	-1,36	-12,50	1125,00	1290,00	1385,00	1640,00
5	-1,36	-13,00	1205,00	1375,00	1474,00	1738,00
5	-1,36	-13,50	1399,00	1577,00	1688,00	1897,00
5	-1,36	-14,00	1315,00	1416,00	1511,00	1761,00
5	-1,36	-14,50	1243,00	1407,00	1507,00	1769,00
5	-1,36	-15,00	1243,00	1404,00	1500,00	1753,00
6	-1,35	-10,00	289,00	298,00	303,00	340,00
6	-1,35	-10,50	253,00	286,00	304,00	355,00
6	-1,35	-11,00	263,00	295,00	314,00	365,00
6	-1,35	-11,50	268,00	300,00	319,00	370,00
6	-1,35	-12,00	400,00	464,00	505,00	605,00
6	-1,35	-12,50	593,00	680,00	731,00	869,00
6	-1,35	-13,00	625,00	711,00	764,00	908,00
6	-1,35	-13,50	865,00	987,00	1060,00	1255,00
6	-1,35	-14,00	1022,00	1164,00	1250,00	1482,00
6	-1,35	-14,50	1149,00	1299,00	1389,00	1525,00

Naam Sondering	Maaiveld [m R.N.]	PPN [m R.N.]	HEKpaal 395/324 Rc;net;d [kN]	HEKpaal 430/360 Rc;net;d [kN]	HEKpaal 450/380 Rc;net;d [kN]	HEKpaal 500/400 Rc;net;d [kN]
6	-1,35	-15,00	1111,00	1244,00	1324,00	1538,00
7	-1,38	-10,00	327,00	375,00	403,00	474,00
7	-1,38	-10,50	346,00	400,00	433,00	461,00
7	-1,38	-11,00	337,00	383,00	413,00	492,00
7	-1,38	-11,50	354,00	402,00	432,00	509,00
7	-1,38	-12,00	359,00	406,00	434,00	508,00
7	-1,38	-12,50	395,00	446,00	478,00	559,00
7	-1,38	-13,00	433,00	507,00	550,00	672,00
7	-1,38	-13,50	812,00	934,00	1010,00	1211,00
7	-1,38	-14,00	1190,00	1369,00	1479,00	1767,00
7	-1,38	-14,50	1325,00	1516,00	1632,00	1936,00
7	-1,38	-15,00	1424,00	1628,00	1752,00	2090,00
8	-1,46	-10,00	446,00	528,00	571,00	695,00
8	-1,46	-10,50	709,00	824,00	893,00	1044,00
8	-1,46	-11,00	770,00	828,00	840,00	900,00
8	-1,46	-11,50	663,00	758,00	816,00	968,00
8	-1,46	-12,00	709,00	806,00	866,00	1021,00
8	-1,46	-12,50	724,00	819,00	876,00	1025,00
8	-1,46	-13,00	952,00	1097,00	1178,00	1408,00
8	-1,46	-13,50	1250,00	1361,00	1441,00	1687,00
8	-1,46	-14,00	1226,00	1399,00	1503,00	1776,00
8	-1,46	-14,50	1287,00	1463,00	1568,00	1844,00
8	-1,46	-15,00	1308,00	1479,00	1582,00	1848,00

Einde Rapport

Bijlage 4 Second opinion Brandveiligheid Het Ravensteijn (TUE)

Second opinion Brandveiligheid Het Ravensteijn Amsterdam



Datum
14 september 2023

Ons kenmerk
VHB_2023103

Versie
Def.

Built Environment

r.a.p.v.herpen@tue.nl

www.tue.nl

Auteur



Opdrachtgever
Woonzorg Nederland



Het Ravensteijn Amsterdam

Inhoudsopgave

1	Inleiding en doel	3
1.1	Project	3
1.2	Doel	3
2	Brandveiligheid volgens het Bouwbesluit (second opinion)	4
2.1	DGMR Rapportage Brandveiligheid Voorlopig Ontwerp	4
2.2	Sterkte bij brand	4
2.3	Brandcompartimentering	5
2.4	Vluchten bij brand	6
2.5	Brandbeveiligingsinstallaties & Materialisering	6
2.6	Bereikbaarheid en bluswatervoorziening	6
2.7	Aandachtspunten	7
2.8	Conclusie	8
3	Fire resilience als duurzaamheids kenmerk	9
3.1	De kans op een afbrandscenario	9
3.2	Fire resilience voor Het Ravensteijn	9
4	Mogelijkheden van een stay-in-place concept	10
4.1	Fire resilience als voorwaarde voor een stay-in-place concept	10
4.2	Interne rookverspreiding	10
5	Conclusie	11

Aantal pagina's: 20, inclusief 2 bijlagen

1 Inleiding en doel

1.1 Project

Het project *Het Ravensteijn* te Amsterdam is een nieuwbouwproject, voornamelijk bestaande uit woonfuncties, te realiseren in kruislaaghout (CLT: cross laminated timber). Op de voorpagina van dit document is een impressie weergegeven. Dat houdt in dat de woningscheidende wanden en vloeren in CLT worden uitgevoerd, met uitzondering van de eerste verdiepingvloer (beton), die zich bevindt boven andere gebruiksfuncties en enkele betonnen kernen (verticale verkeersruimten, liften) die voor de stabiliteit van het gebouw nodig zijn. In het woongebouw zijn de woningscheidende wanden en vloeren tevens de draagconstructie van het gebouw. De brandwerendheid van de CLT wanden en vloeren moeten dus zowel op de scheidende functie (EI criteria volgens NEN-EN 13501-2) als de dragende functie (R criterium volgens NEN-EN 13501-2) worden beoordeeld.

Daarnaast wordt het platte dak voorzien van PV-panelen en worden de onderste vier bouwlagen voorzien van verticale staaldraden voor de galerijen ten behoeve van begroeiing met klimplanten.

Het ontwerp bevindt zich in een VO stadium (Voorlopig Ontwerp). Door de architect Ketting Huls is dit gepresenteerd in een tekeningenset *Voorlopig Ontwerp Nieuwbouw* d.d. 30-06-2023. Vervolgens is door de constructeur, Pieters Projectbureau, een *Uitgangspuntendocument Constructief Ontwerp* (30-06-2023) en door de brandadviseur, DGMR, een *Rapportage Brandveiligheid Voorlopig Ontwerp – revisie 20230906* (B.2023.0122.11.R001 v3, d.d. 06-09-2023) opgesteld. Die beide rapportages vertonen onderlinge samenhang, Pieters Projectbureau is uitgegaan van de brandveiligheidsaspecten die door DGMR benoemd zijn en DGMR is uitgegaan van de constructieve aspecten die Pieters Projectbureau benoemd heeft. De integraliteit is in die zin geborgd.

1.2 Doel

Het doel van dit document is om een second opinion te geven ten aanzien van de brandveiligheid van het woongebouw. Daarbij moet voldaan worden aan de voorschriften of de bovenliggende doelen van het Bouwbesluit. Daarnaast zijn door Woonzorg Nederland twee aanvullende vragen geformuleerd:

- Hoe groot is de kans op een afbrandscenario?
- Is volledige ontruiming noodzakelijk, of kan een stay-in-place concept worden toegepast?

Of aan de voorschriften of bovenliggende doelen van het Bouwbesluit wordt voldaan is getoetst in de rapporten van Pieters Projectbureau en DGMR. Met name het DGMR rapport behandelt de brandveiligheidsaspecten en hierop wordt in hoofdstuk 2 een second opinion gegeven. De aanvullende vragen worden in hoofdstuk 3 (afbrandscenario) en hoofdstuk 4 (ontruiming vs stay-in-place) behandeld. Ook hiervoor worden in het DGMR rapport voorzieningen voorgesteld. De conclusies worden samengevat in hoofdstuk 5.

Voor de aanvullende vragen (hoofdstuk 3 en 4) volstaat een regelgerichte toetsing niet en moet een doelgerichte benadering worden gevolgd. In een doelgerichte benadering is zowel een toetsing aan de doelen van het Bouwbesluit mogelijk als een toetsing aan private doelstellingen, zoals geformuleerd door Woonzorg Nederland. Bijlage 1 geeft een toelichting op een doelgerichte benadering.

2 Brandveiligheid volgens het Bouwbesluit (second opinion)

2.1 DGMR Rapportage Brandveiligheid Voorlopig Ontwerp

Het DGMR rapport bevat een toetsing en advisering op het gebied van brandveiligheid aan de publiekrechtelijke regelgeving (Bouwbesluit 2012, versie geldig op het moment van beoordeling, juli 2023). Er zijn geen bovenwettelijke, private doelen beschouwd.

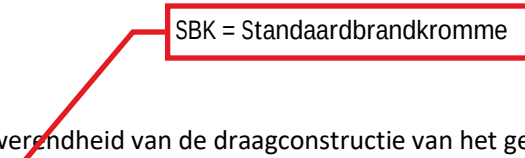
In het hoofdstuk *Klantvraag, uitgangspunten en eisen* is een opsommingslijst opgenomen van onderdelen van de brandveiligheid die het rapport behandelt. Deze opsommingslijst wijkt af van de rapportindeling. Zo komt brand- en subbrandcompartimentering in de opsommingslijst niet voor, maar is er wel een hoofdstuk in het rapport opgenomen dat deze onderdelen behandelt.

In hetzelfde hoofdstuk staat onder het kopje eisen dat naast de voorschriften van het Bouwbesluit ook eventueel aanvullende eisen vanuit het PvE van Woonzorg Nederland zijn beschouwd. Of er aanvullende eisen zijn blijkt niet uit het rapport.

Het rapport is zo ingedeeld dat eerst de sterkte bij brand wordt beschouwd, vervolgens de brandcompartimentering, vluchten bij brand, brandbeveiligingsinstallaties & materialisering en tenslotte de bereikbaarheid en bluswatervoorziening. Het rapport sluit af met een hoofdstuk aandachtspunten en conclusies en bevat een bijlage met de brandcompartimentering en detailbeoordeling.

In de navolgende paragrafen wordt de indeling van het DGMR rapport gevolgd.

2.2 Sterkte bij brand



SBK = Standaardbrandkromme

Dit hoofdstuk gaat over de brandwerendheid van de draagconstructie van het gebouw, de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken bij brand dus van met name de CLT wanden en vloeren. Hiervoor geldt een eis in het Bouwbesluit van 120 min. SBK. Echter, voor de CLT-vloeren wordt slechts een eis van 60 min. SBK gehanteerd. Alleen voor de CLT vloeren die aansluiten op de kopgevel wordt een eis van 120 min. SBK gehanteerd. Dit is ook in het rapport van Pieters Bouwtechniek het geval. De lagere eis aan de instandhouding van de vloeren is mogelijk omdat het bezwijken van een vloer niet leidt tot het bezwijken van de draagconstructie als geheel. Wanneer een woningscheidende vloer bezwijkt is ook de scheidingsconstructie tussen twee brandcompartimenten bezwiken, waardoor het uitbreidingsgebied van brand toegenomen is en mogelijk de thermische belasting op de bovenliggende vloer ook. Dit aspect moet meegewogen worden in de motivering van de reductie van de eis van 120 min. SBK voor de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken voor de CLT vloeren.

De CLT wanden zijn om akoestische redenen éézijdig voorzien van een voorzetwand. Deze voorzetwand is 60 minuten brandwerend, vanaf het brandcompartiment naar de CLT wand. De andere zijde van de wand wordt voorzien van brandwerende (gipsvezel)platen, eveneens 60 minuten brandwerend vanaf het brandcompartiment naar de CLT wand. De resterende 60 minuten die nodig is om een 120 minuten brandwerende scheiding te realiseren wordt dus toegekend aan de CLT wand. Het is mogelijk om op deze wijze aan de voorschriften van het Bouwbesluit te voldoen, aangezien de sterkte van de gereduceerde doorsnede voldoende is voor het belastinggeval brand.

De opmerking dat de CLT wand zo beschermd is gedurende de brand van de inventaris van de woning is correct. De thermische belasting van de brand van de inventaris, inclusief de bovenliggende verdiepingvloer, is gemiddeld niet groter dan 60 min. SBK. De thermische belasting ten gevolge van de inventaris bevat uiteraard onzekerheid, aangezien deze afhankelijk is van de bewoner/gebruiker van het compartiment. Die

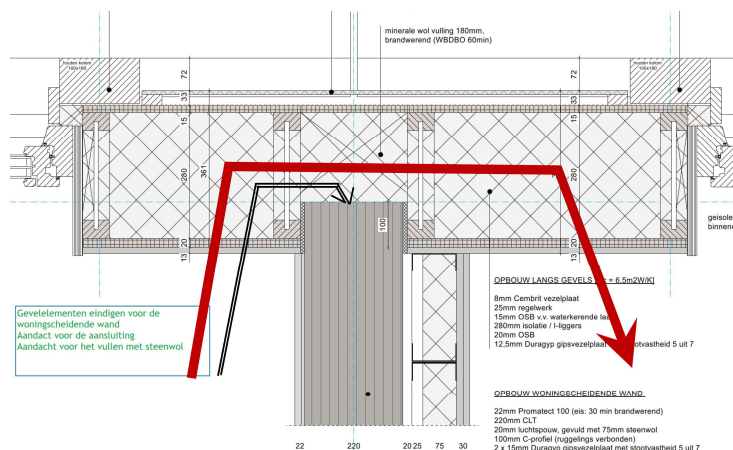
onzekerheid wordt opgevangen in het feit dat een overschrijding van de toelaatbare thermische belasting niet direct leidt tot ontsteking van de CLT wand. De ontstekingstemperatuur van CLT is hoger dan de brandwerendheidscriteria van de brandwerende bescherming. De CLT wanden zijn daarmee voldoende geïsoleerd van de variabele vuurlast (inventaris).

De CLT vloeren zijn aan de onderzijde onbeschermd en zullen meebranden in geval van een compartimentsbrand. Aangezien hier slechts een eis van 60 minuten brandwerendheid met betrekking tot bezwijken bij brand wordt gehanteerd hoeft dat volgens het Bouwbesluit geen probleem te zijn. De sterkte van de gereduceerde doorsnede is voldoende voor het belastinggeval brand.

2.3 Brandcompartimentering

Dit hoofdstuk omvat zowel de brandcompartimentering als de subbrandcompartimentering. Brandcompartimenten in een woongebouw zijn tevens subbrandcompartimenten. De WBDBO eisen in het Bouwbesluit (60 minuten tussen brandcompartimenten en 30 minuten van brandcompartiment naar extra beschermde vluchtroute) zijn voor inwendige scheidingsconstructies rechtstreeks te vertalen in een brandwerendheid EI voor de scheidende functie. Deze eisen zijn lager of gelijk aan de constructieve eisen, de CLT constructies kunnen hier met de voorzieningen van het voorgaande hoofdstuk aan voldoen.

Hierbij moet ook rekening gehouden worden met 'flankerende' branddoorslag via de gevel. Deze flankerende branddoorslag zou de brandwerendheid van de woningscheidende wand of vloer kunnen kortsluiten. Dit is in het DGMR rapport eveneens beschouwd. Vanwege de 60 minuten brandwerende bescherming aan beide zijden van de CLT wanden moet ook het traject via de gevel naar de kop van de CLT wand 60 minuten brandwerend zijn. Wanneer de binnenbeplating van de gevel 30 minuten brandwerend is betekent dat een aanvullende 30 minuten bescherming van de kop van de CLT wand. Dit aanvullende traject is weergegeven in de onderstaande figuur.



Aandachtspunt: branduitbreidingstraject via de gevel naar de kop van de CLT wand dient 60 minuten brandwerend te zijn (horizontale doorsnede)

Behalve inwendige scheidingsconstructies zijn ook uitwendige scheidingsconstructies (gevels) van belang voor de WBDBO eisen. Vanuit niet brandwerende delen van uitwendige scheidingsconstructies kan brandoverslag optreden naar andere brandcompartimenten. Omdat er aan beide gevels uitkragingen zijn in de vorm van betonvloeren (onbrandbaar) is er geen risico van brandoverslag vanuit een compartiment naar een bovenliggend compartiment. Er wordt gesteld dat daarom een reductie van de eis van de brandklasse van de gevel mogelijk is. In plaats van brandklasse B zou met brandklasse D kunnen worden volstaan. Dat kan alleen wanneer de gevel ter plaatse van de verdiepingvloeren en de woningscheidende wanden volledig onderbroken wordt met een firestop, zodat geen spouwen en brandbare materiaalagen doorlopen naar het aangrenzende compartiment.

Omdat de gevels van buiten naar binnen niet brandwerend zijn is het voldoen aan brandklasse B (of D) alleen niet toereikend. Het branduitbreidingstraject vanaf een uitslaande vlam via de gevel naar binnen moet ook

worden getoetst. Immers, de gevelafwerking is brandbaar, ook wanneer deze voldoet aan brandklasse B en kan dus aangestoken worden door een uitslaande vlam. Dit traject is in het DGMR rapport niet beschouwd.

Voor de subbrandcompartimentering is aangegeven dat deze kan voorzien in de benodigde WRD wanneer de inwendige scheidingsconstructies voldoen aan het R 200 criterium. Hoe hieraan invulling moet worden gegeven vermeld het rapport nog niet, maar is wel een aandachtspunt voor de DO fase. Overigens is het effect van het R 200 criterium met betrekking tot rookverspreiding in de pre flashover fase van de brand gering bij een goed luchtdichte uitwendige scheidingsconstructie. Het voldoen aan het Bouwbesluit betekent dus niet dat de rook niet verder verspreidt dan het (sub)brandcompartiment waarin de brand woedt.

2.4 Vluchten bij brand

Het hoofdstuk Vluchten bij brand bevat een overzicht van de voorschriften in het Bouwbesluit. Dit betreft vooral de situering en dimensionering van vluchtroutes. Afhankelijk van de status van de vluchtroute zijn er ook eisen aan de brandwerendheid en rookwerendheid van toepassing aan de scheidingsconstructies, zoals bij brand- en subbrandcompartimentering het geval is. Daarnaast zijn er eisen aan de brandklasse van scheidingsconstructies van een vluchtroute van toepassing, die volgen in het volgende hoofdstuk van het DGMR rapport (materialisering).

2.5 Brandbeveiligingsinstallaties & Materialisering

In dit hoofdstuk wordt voorgesteld om een droge blusleiding en brandweerlift in het ontwerp op te nemen, hoewel dit publiekrechtelijk niet noodzakelijk is. Dit is wenselijk omdat het een houten en dus brandbaar gebouw is. Deze risico-afweging houdt in dat er blijkbaar meer waarde wordt gehecht aan brandweerinzet dan bij een onbrandbaar gebouw. Dat is curieus, met de beschreven preventieve voorzieningen wordt tenminste dezelfde mate van brandveiligheid bereikt als in een onbrandbaar gebouw. Hoewel een droge blusleiding de brandweerinzet efficiënter maakt en de kosten hiervan beperkt zijn is dit niet noodzakelijk. Een brandweerlift biedt wel aanmerkelijke voordelen, wanneer vanwege beperkt zelfredzame personen evacuatie-ondersteuning nodig is.

Voor de materialisering van de gevel wordt gesteld dat met brandklasse D kan worden volstaan, omdat er geen brandoverslagrisico naar boven aanwezig is vanwege de betonnen galerij- en balkonvloeren aan de gevel. Het zijwaartse brandoverslagrisico (vanuit een gevelopening naar de naastliggende woning) moet dan ook afgedekt zijn door te controleren of nergens om de gevel van de naastliggende woning de maximale stralingsflux van 15 kW/m^2 wordt overschreden.

Los van de brandklasse van de gevel zijn firestops in de gevelconstructie noodzakelijk ter plaatse van elke inwendige brandscheiding (woningscheidende vloeren en wanden). Er zijn dus zowel horizontale firestops als verticale firestops noodzakelijk. Een firestop voorkomt de brandvoortplanting in brandbare materiaallagen en dicht de spouw af. Bovendien bieden verticale firestops ook extra zekerheid in de bescherming van de CLT wanden (zie figuur in 2.3).

2.6 Bereikbaarheid en bluswatervoorziening

Vaak vindt over bereikbaarheid en bluswatervoorziening overleg plaats met de veiligheidsregio. Het voorstel van DGMR voldoet aan de voorschriften van het Bouwbesluit. De terreinverharding voor het blusvoertuig van de brandweer geldt tot en met de opstelplaats voor het blusvoertuig.

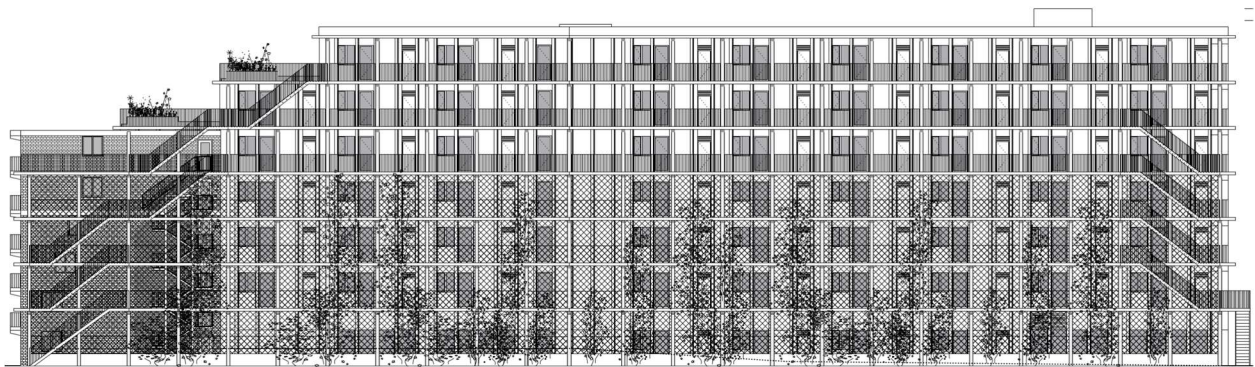
2.7 Aandachtspunten

In de aandachtspunten stelt DGMR dat de kans dat het volledige gebouw ontruimd zou moeten worden zeer klein is. Die conclusie is terecht, aangezien het gebouw in hoge mate fire resilient is (dat wil zeggen dat de branduitbreiding met voldoende zekerheid beperkt blijft tot één brandcompartiment). Door ook de interne rookverspreiding te beperken kan volledige ontruiming achterwege blijven. In hoofdstuk 3 en 4 wordt hierop nader ingegaan.

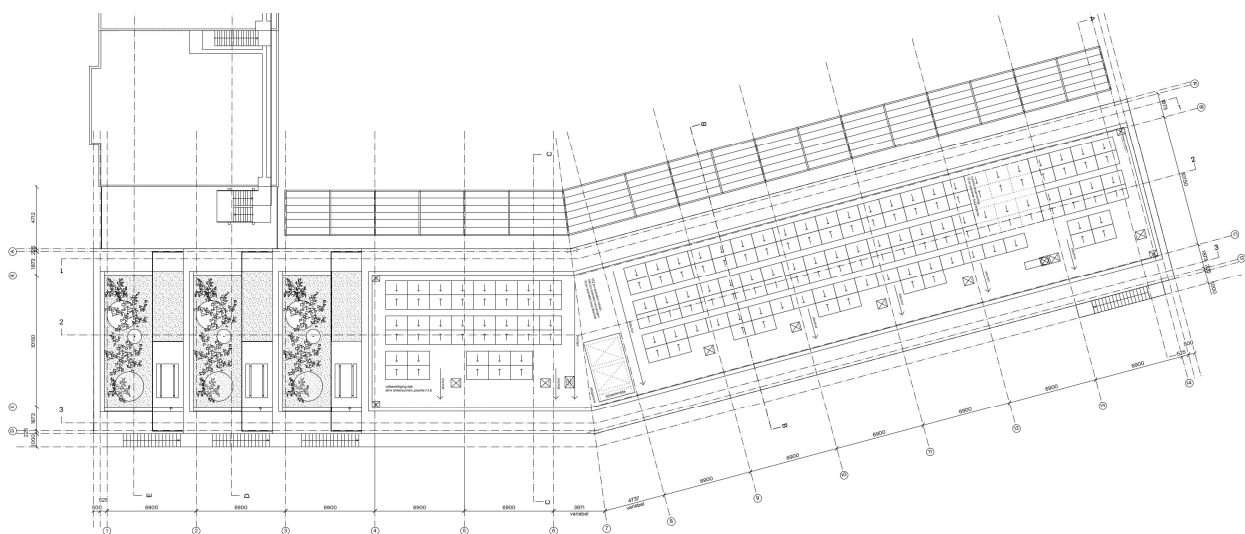
Overigens moet vanwege de interne rookverspreiding wel rekening gehouden worden met ontruiming van een potentieel bedreigd gebied rondom de brandende woning. Dit potentieel bedreigde gebied omvat meestal de bovenliggende en naastliggende woningen.

De opgaande beplanting via staaldraden langs de galerijen wordt ook als aandachtspunt aangemerkt. Deze kan worden aangestoken voor een uitslaande vlam onder de galerij- of balkonvloer. Naar verwachting levert dat geen risico op voor branduitbreiding naar andere brandcompartimenten, maar zou wel het vluchten via de galerij kunnen bemoeilijken. Een altijd groene beplanting die zomer en winter vocht vast houdt en zo min mogelijk houtachtige stammen bevat verkleint het dit risico. Een irrigatiesysteem is daarbij een voorwaarde.

De PV panelen op de platte daken worden niet genoemd als aandachtspunt, maar er moet wel degelijk gezorgd worden dat een brand in de PV panelen of de elektrische installatie daarvan niet kan uitbreiden naar de woningen. Een ballastlaag van grind is noodzakelijk om die branduitbreiding te voorkomen, aangezien de onderliggende dakconstructie brandbaar is.



Aandachtspunt: Opgaande begroeiing langs de vloerranden van galerijen en balkons



Aandachtspunt: PV panelen op het dak

2.8 Conclusie

In het V.O. stadium kan de brandveiligheid van het gebouw nog niet volledig projectspecifiek worden beoordeeld. Er zijn dan ook aandachtspunten voor nadere uitwerking in het D.O. stadium. Niettemin is de conclusie die DGMR stelt dat het gebouw op hoofdlijn voldoet aan de publiekrechtelijke regelgeving en dat het gebouw in hoge mate fire resilient is, waardoor ook totaalontruiming niet noodzakelijk is, correct.

3 Fire resilience als duurzaamheidskenmerk

3.1 De kans op een afbrandscenario

In Bouwbesluit/BBL is schadebeperking geen doel. Een afbrandscenario is acceptabel wanneer alle gebouwgebruikers zijn geëvacueerd naar een veilig gebied en de branduitbreiding naar buurpercelen wordt voorkomen. Er is dan ook een reële kans dat een gebouw afbrandt in geval van een brandcalamiteit wanneer de brandweerinzet niet succesvol is. Hoe groot die kans is hangt af van projectspecifieke kenmerken, zoals de brandcompartimentering (aantal compartimenten en onderlinge WBDBO) en eventuele actieve brandbeveiligingsinstallaties (automatische blusinstallatie). De brandcompartimentering volgens Bouwbesluit/BBL biedt geen zekerheid dat de brand beperkt blijft tot één brandcompartiment, maar is bedoeld om voor gebouwgebruikers en hulpverleners extra tijd te genereren. De brandweer wordt geacht om na 60 minuten de brand te kunnen controleren. Dat kan echter ook betekenen dat de brandweerinzet zich beperkt tot het beperken van het brandrisico voor de omgeving.

Brand wordt doorgaans als calamiteit beschouwd en daardoor niet meegewogen in de duurzaamheid van een gebouw. Echter wanneer de bouwconstructie brandbaar is, zoals voor CLT gebouwen het geval is, neemt de kans op een afbrandscenario toe. In bijlage 2 is een artikel dat in Brandveilig.com 2021-02 is verschenen opgenomen, waaruit blijkt dat voor een woongebouw met onbeschermd CLT constructies de betrouwbaarheid van brandcompartimentering afneemt, zelfs wanneer daarvoor dezelfde eisen worden gehanteerd als voor een gebouw met een onbrandbare constructie (Bouwbesluit/BBL).

Voor het Ravensteijn in Amsterdam is dit wat minder extreem dan in het artikel in bijlage 2 is geschetst, omdat de woningscheidende wanden brandwerend zijn beschermd en alleen de (onderzijde van de) woningscheidende vloeren aan brand worden bloot gesteld. Niettemin geldt ook in het Ravensteijn dat de kans op een afbrandscenario groter is dan voor een gebouw met een onbrandbare constructie, wanneer alleen voldaan wordt aan de voorschriften van het Bouwbesluit/BBL.

3.2 Fire resilience voor Het Ravensteijn

Volgens het Bouwbesluit is in het Ravensteijn een tweezijdige brandwerende bescherming van 30 minuten voor de woningscheidende CLT wanden voldoende. Daarmee wordt de CLT wand niet geïsoleerd van de vuurlast in de woningen, de thermische belasting is groter dan 30 minuten SBK. Niet alleen de vuurlast in de woningen bepaalt de brandduur, maar de vuurlast van de onbeschermd CLT vloer moet hierbij gesommeerd worden. Voldoende zekerheid is pas aanwezig wanneer de bescherming van de CLT wanden 60 minuten bedraagt.

Het meebranden van de onderzijde van de bovenliggende vloer leidt een enigszins hoger brandvermogen. Dit leidt tot hogere temperaturen in de brandruimte en een hoger vermogen in de uitslaande vlammen. De bluswaterbehoefte zal dan ook toenemen. Er moet dus voldoende bluswatercapaciteit aanwezig zijn op locatie.

In plaats van een zwaardere bouwkundige bescherming van de bouwconstructie en een groot beroep op bluswatercapaciteit kan ook een sprinklerbeveiliging worden overwogen. Dan kan de brandwerende bescherming van de CLT wanden naar verwachting achterwege blijven.

4 Mogelijkheden van een stay-in-place concept

4.1 Fire resilience als voorwaarde voor een stay-in-place concept

Een stay-in-place concept is alleen mogelijk als het gebouw fire resilient is. Er moet dus worden voldaan aan de voorwaarden die in hoofdstuk 3 van dit rapport zijn gesteld.

4.2 Interne rookverspreiding

Niet alleen de brand moet beperkt blijven tot één brandcompartiment, ook de rookverspreiding moet tot dat brandcompartiment beperkt blijven. Dat is onmogelijk, er zal zeker bij een luchtdichte uitwendige scheidingsconstructie interne rookverspreiding optreden. Zolang de condities buiten het brandcompartiment acceptabel zijn kan dit worden toegestaan. Echter, het simpelweg voldoen aan R200 en Ra criteria is hiervoor niet voldoende. Er moet aandacht besteed worden aan de luchtdichtheid van inwendige scheidingsconstructies.

Het NIPV rapport *Rookverspreiding en persoonlijke veiligheid* (juli 2022) geeft aan dat een volledig stay-in-place concept niet mogelijk is. Er zal rekening moeten worden gehouden met een potentieel bedreigd gebied boven en naastliggend aan het brandende compartiment, dat eveneens moet worden ontruimd. Een partieel ontruimingsconcept / stay-in-place concept is dus wel mogelijk.

Overigens geldt ook voor de interne rookverspreiding dat een sprinklerbeveiliging van de woningen een deel van de drijvende kracht voor rookverspreiding kan wegnemen.

5 Conclusie

Voor de nieuwbouw van Het Ravensteijn te Amsterdam is een second opinion uitgevoerd op het Voorlopig Ontwerp en de bijbehorende rapporten van DGMR en Pieters Projectbureau. De second opinion betreft de publiekrechtelijke veiligheidsdoelen en de privaatrechtelijke doelen met betrekking tot fire resilience en stay-in-place.

Publiekrechtelijke doelen:

De conclusie van het DGMR rapport dat het V.O. in hoofdlijn voldoet aan de publiekrechtelijke doelen is correct (zie hoofdstuk 2). Er zijn nog wel aandachtspunten die door DGMR en Pieter Projectbureau in het D.O. moeten worden uitgewerkt, maar daarvoor is eerst een verdere concretisering van het ontwerp nodig.

Private doelen:

Het gebouw is in hoge mate fire resiliënt. Dat past bij een duurzaam gebouw, de kans op een afsbrandscenario is laag waardoor de probabilistische levensduur van het gebouw de ontwerplevensduur benadert.

Omdat het gebouw fire resiliënt is kan in principe een stay-in-place concept toegepast worden. Echter, voor een volledig stay-in-place concept moet ook de interne rookverspreiding worden beperkt. Dat is slechts gedeeltelijk mogelijk. Er zal altijd rekening moeten worden gehouden met een partiële ontruiming van het gebouw. Naast het brandende compartiment zal ook een potentieel bedreigd gebied moeten worden ontruimd.

Aanbeveling:

Aangezien de private doelen zwaar wegen is een sprinklerbeveiliging van de woningen te overwegen. Met sprinklerbeveiliging kunnen bouwkundige voorzieningen worden gereduceerd.

Bijlagen:

2

Bijlage 1

Doelgerichte brandveiligheid

B1.1. Doelen en risico subsystemen

In de toelichting van het Bouwbesluit en de opvolger Besluit Bouwwerken Leefomgeving (BBL, per 01-01-2024) wordt aangegeven dat met de voorschriften hierin twee publiekrechtelijke doelen worden nagestreefd:

- A. Beperken van slachtoffers in geval van een brandsituatie
- B. Beperken van brandoverslag naar buurpercelen in geval van een brandsituatie

In het visiedocument *Doelgerichte brandveiligheid van wooncomplexen – Raamwerk voor acceptabele veiligheidsrisico's* (Van Herpen, 2019), opgesteld voor woningcorporatie Talis (Nijmegen) in het kader van het project *Proportionele Brandveiligheid*, zijn die publieke doelen in afgeleide doelstellingen (of risico subsystemen) uitgesplitst die aansluiten op Bouwbesluit/BBL:

- 0. Voorkomen van het ontstaan van een (potentieel bedreigende) brand.
 - 1. Beperking uitbreidingsgebied van brand in het gebouw (brandcompartimentering)
 - 2. Beperking uitbreidingsgebied van rook in het gebouw (subbrandcompartimentering)
 - 3. In stand houding van het gebouw (draagconstructie)
 - 4. In stand houding van vluchtroutes en aanvalsroutes (draag- en scheidingsconstructies)
 - 5. Beperking branduitbreiding naar omgeving (buurpercelen)

Risico subsysteem 0 heeft te maken met kansbeheersing. Dit risicosubsysteem komt feitelijk terug in alle volgende risico subsystemen die met effectbeheersing te maken hebben. Kansbeheersing is in het Bouwbesluit/BBL vrijwel niet aanwezig. De publiekrechtelijke regelgeving bevat vooral voorschriften met betrekking tot effectbeheersing. Alleen de kans dat een beginnende brand uitbreidt tot een potentieel bedreigende brand wordt enigszins beperkt in de publiekrechtelijke regelgeving door een eis aan de brandklasse van scheidingsconstructies te stellen. In een doelgerichte benadering, waarbij een acceptabel veiligheidsrisico moet worden bereikt, is kansbeheersing minstens zo belangrijk als effectbeheersing. Vandaar dat dit als risico subsysteem 0 expliciet gemaakt is.

De risico subsystemen 4 en 5 bezitten een directe relatie met de publiekrechtelijke hoofddoelen A en B. De overige risico subsystemen zijn te zien als *Lines of Defence (LOD's)*, bedoeld om tijd te winnen zodat de hoofddoelen beter bereikbaar zijn. De risico subsystemen bezitten dus een zodanige onderlinge samenhang dat daarmee de hoofddoelen van de publiekrechtelijke regelgeving worden geborgd.

B1.2. Toetsing voorschriften of toetsing risico's?

De risico subsystemen of afgeleide doelstellingen in de opsommingslijst van B1.1 worden in het Bouwbesluit/BBL geconcretiseerd door middel van voorschriften. Deze voorschriften zijn generiek toepasbaar en maken geen gebruik van projectspecifieke kenmerken. Een beter gedefinieerd veiligheidsniveau wordt bereikt door in plaats van generieke voorschriften toe te passen het acceptabele risico te kwantificeren, rekening houdend met projectspecifieke kenmerken van gebouw, gebruiker en brandstof. Dat is het eenvoudigst door grenzen te stellen aan de faalkans van het risico subsysteem.

Een risico subsysteem is succesvol wanneer voldaan wordt aan:

$$AST > RST + \text{veiligheidsmarge [min.]}$$

Of:

$AST > \gamma \times RST$ [min.], waarin γ de veiligheidsfactor voorstelt.

Dit houdt in dat de beschikbare veilige tijd (available safe time: AST) groter moet zijn dan de benodigde veilige tijd (required safe time: RST), waarbij de veiligheidsmarge (of veiligheidsfactor) het niveau van veiligheid bepaalt. Deze tijden kunnen werkelijke kloktijden zijn, zoals voor persoonlijke veiligheid (vluchtroutes en aanvalsroutes) noodzakelijk is. Maar het kan ook om een fiktieve tijdschaal gaan, zoals een equivalente brandduur volgens de standaard brandkromme, noodzakelijk voor brandwerende scheidings- en draagconstructies. In alle gevallen zijn AST en RST projectspecifiek. Daarmee wordt maatwerk in brandveiligheid bereikt.

Per complex worden voor de verschillende risico subsystemen de beschikbare en benodigde veilige tijd ingeschat op (semi)kwantitatieve basis. Voor de lines of defence kan met een kleine veiligheidsmarge worden volstaan. Immers, het falen van de lines of defence is uiteindelijk acceptabel, mits alle personen (gebouwgebruikers en hulpverleners) een veilige plaats bereikt hebben.

B1.3. Samenhang van risico subsystemen

In B1.1 is aangegeven dat de risico subsystemen onderlinge samenhang vertonen. Dat houdt in dat een eventueel 'tekort' aan veiligheid in een bepaald risico subsysteem gecompenseerd kan worden met een 'overmaat' aan veiligheid in andere risico subsystemen. Het 'stay-in-place' concept, waarbij in tegenstelling tot het vluchtconcept van Bouwbesluit/BBL het gebouw niet wordt geëvacueerd, maar de gebouwgebruikers in veilige compartimenten de brand afwachten, maakt van dit principe gebruik. Dit concept biedt soelaas wanneer om bepaalde redenen geen gebruik kan worden gemaakt van de vluchtroute. Dat tekort aan veiligheid in het risico subsysteem vluchtveiligheid moet dan wel worden gecompenseerd door meer betrouwbare lines of defence toe te passen (draagconstructie, brandcompartimentering en subbrandcompartimentering).

De veiligheidsfactor die wordt gehanteerd tussen AST en RST bedraagt moet voor persoonlijke veiligheid in de orde van een factor 2 of hoger zijn. Voor de lines-of-defence kan deze aanzienlijk lager zijn, in de orde van een factor 1. Een uitzondering hierop is het risico subsysteem draagconstructie, omdat dit risico subsysteem een voorwaarde is voor persoonlijke veiligheid.

Echter, wanneer de lines-of-defence de kern vormen van het 'stay-in-place' veiligheidsconcept zal daarvoor eveneens een veiligheidsfactor van 2 of hoger noodzakelijk zijn, waarbij ook nog de beoogde instandhoudingsduur kan wijzigen.

Omgekeerd geldt eveneens, dat bij een hoge mate van vluchtveiligheid, bijvoorbeeld door een snelle alarmering en korte vluchttijd, de lines of defence minder zwaar wegen. Het is dan ook denkbaar dat enig kortsluitrisico over de brandcompartimentering en subbrandcompartimentering, ten gevolge van de gevel, doorvoeringen of schachten in dat geval toelaatbaar is.

De Adviescommissie Toepassing en Gelijkwaardigheid Bouwvoorschriften (ATGB) heeft op verzoek van adviserende en toetsende partijen in het project *Proportionele Brandveiligheid* in Nijmegen uitspraak gedaan over deze zienswijze en hiermee ingestemd (ATGB advies 2105).

Bijlage 2

Fire resilience als duurzaamheidskenmerk

Woningbouw in CLT, is dat fire resilient?

Uit: Brandveilig.com 2021-02

Ruud van Herpen

TU Eindhoven – Fellow Fire Engineering

B2.1. Introductie

Cross Laminated Timber (CLT), of in het Nederlands kruislaaghout, wint aan populariteit omdat hout een duurzaam bouw materiaal is. Daarnaast kunnen houten draag- en scheidingsconstructies zonder bescherming voldoende brandwerend zijn, wanneer in de dimensionering rekening wordt gehouden met de inbranddiepte die in het hout optreedt gedurende de tijdsduur dat de constructie brandwerend moet zijn. Als de gereduceerde doorsnede na die tijdsduur nog voldoende is om in het belastinggeval 'brand' voldoende sterkte of thermische weerstand te bieden kan het betreffende houten constructiedeel als voldoende brandwerend worden beschouwd.

Maar heeft de constructie dan ook de brand overleefd? Is de constructie niet alleen *fire resistant* maar ook *fire resilient*? Dat zou betekenen dat het gebouw na brand met beperkte reparaties weer in gebruik genomen kan worden. Wanneer constructies moeten worden vervangen is dat vaak niet als een beperkte reparatie aan te merken en kan niet van een fire resilient gebouw worden gesproken.



Figuur 1. CLT woongebouw in aanbouw

B2.2. Fire resilience en het publiekrechtelijke toetskader

Het publiekrechtelijke toetskader ligt in Nederland momenteel vast in Bouwbesluit 2012. Net als in de meeste andere landen gaat het om een verzameling prescriptieve voorschriften, die grofweg in de onderstaande afgeleide doelen (of risico subsystemen) kunnen worden ondergebracht:

1. Veiligheid van gebouwgebruikers (vluchtroute)
2. Veiligheid van hulpverleners (aanvalsroute)
3. Veiligheid van compartimenten en subcompartimenten (max. uitbreidingsgebied van brand en rook)
4. Veiligheid van het gebouw (in stand houding draagconstructie)
5. Veiligheid van de omgeving (voorkomen brandoverslag naar buurpercelen)

De publiekrechtelijke hoofddoelen die hiermee moeten worden geborgd zijn persoonlijke veiligheid van gebouwgebruikers en hulpverleners en de veiligheid van eigendommen van derden (buurpercelen). De bovenstaande afgeleide doelen 1, 2 en 5 houden daar direct verband mee. De afgeleide doelen 3 en 4 kunnen worden gezien als Lines of Defence (LOD's), waarmee tijd gewonnen kan worden, zodat de hoofddoelen eenvoudiger gerealiseerd kunnen worden.

Wanneer de voornoemde LOD's met een hoge betrouwbaarheid worden uitgevoerd kan voorkomen worden dat een gebouw afbrandt. Wanneer de brand met grote zekerheid beperkt blijft tot een relatief klein uitbreidingsgebied kan het gebouw fire resilient genoemd worden. Dat is mogelijk met een actief blussysteem, maar ook met een betrouwbare brandcompartimentering. Brandcompartimentering die betrouwbaarder is dan voorgeschreven in Bouwbesluit 2012, dus met een hogere WBDBO eis (Weerstand tegen BrandDoorslag en BrandOverslag) en aandacht voor aansluitdetaillering met flankerende constructies (zoals de gevel).

Is dat mogelijk met houten gebouwen? Of meer specifiek: Is dat mogelijk met woningbouw in CLT?

B2.3. Houten draagconstructie

Een draagconstructie in hout kan onbeschermde voldoende brandwerend zijn, wanneer de inbranddiepte gedurende de benodigde brandwerendheidsduur voldoende doorsnede over laat om in het belastinggeval 'brand' de krachten te kunnen afdragen. De Eurocode geeft hiervoor een berekeningswijze die rekening houdt met de duur waarover de constructie brandwerend moet zijn.

Impliciet is daarbij het uitgangspunt dat de constructie niet blijft branden nadat dat tijdsbestek is verstreken. Met andere woorden: de brand in de constructie dooft gelijktijdig met de brand in het compartiment. Dat is nog niet zo logisch. Het is denkbaar dat de constructie blijft doorbranden en uiteindelijk toch nog bezwijkt. Bij gelamineerde constructies kan daarnaast de inbranding worden versneld doordat de lijm verweekt of gaat meebranden en lamellen van de constructie los laten. Omgekeerd is het ook denkbaar dat de inbrandsnelheid vertraagt omdat de koollaag die aan de oppervlakte ontstaat isolerend werkt, zolang die koollaag niet van de constructie af valt.

Echter, in alle gevallen is de draagconstructie die de brand overleeft niet meer bruikbaar na de brand. De gereduceerde doorsnede zal onvoldoende zijn voor de normale gebruiksbelasting. In de praktijk zal het vervangen van de constructie de enige optie zijn. Een *fire resistant* draagconstructie in hout is dus zonder bescherming niet *fire resilient* (Zee, 2018).



Figuur 2. In woningbouw zijn de draagconstructies tevens de scheidingsconstructies

B2.4. Houten brandscheidingen

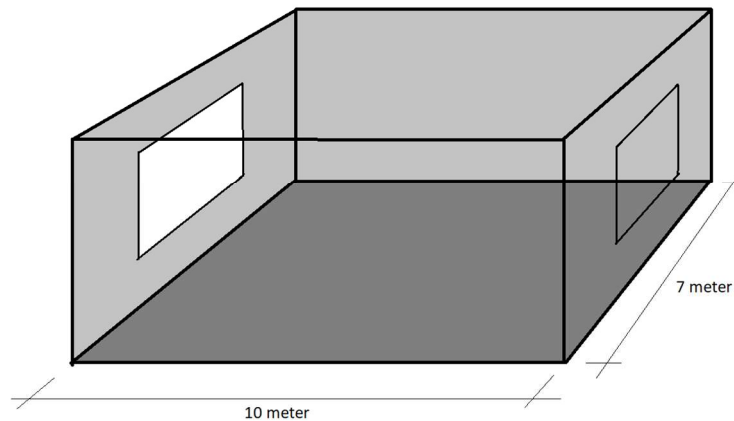
Bij brandwerende scheidingsconstructies speelt de afdracht van krachten ten gevolge van een mechanische belasting in principe geen rol. Hier is alleen de thermische weerstand van belang, die ervoor moet zorgen dat aan de EI- of EW-criteria (brandwerendheid in minuten standaard brand) volgens NEN-EN 13501-2 wordt voldaan.

Echter, het voldoen aan de criteria volgens NEN-EN 13501-2 zegt niets over de faalkans van de scheidingsconstructie. De faalkans wordt bepaald door de thermische belasting ten gevolge van de brand en de thermische weerstand (brandwerendheid) van de scheidingsconstructie. Feitelijk is dit een RST-AST analyse. De RST (Required Safe Time) is daarin de thermische belasting die door een brand wordt geleverd, uitgedrukt in minuten standaard brand. De AST (Available Safe Time) is de brandwerendheid van de scheidingsconstructie, eveneens uitgedrukt in minuten standaard brand. Zolang $AST > RST$ is de scheidingsconstructie succesvol, waarbij de constructie betrouwbaarder is naarmate het interval $AST-RST$ groter is.

De standaard brandkromme wordt gebruikt om de brandwerendheid te bepalen met behulp van gestandaardiseerde testmethoden. Echter, de werkelijke temperatuurontwikkeling van een brand in een brandcompartiment volgt niet de standaard brandkromme, maar wordt bepaald door projectspecifieke bouwkundige kenmerken en brandkenmerken. In een natuurlijk brandconcept volgens NEN 6055 is het mogelijk deze kenmerken te waarderen.

Zo kan voor een klein compartiment met een woonfunctie (een appartement van 70 m²) het verschil worden beschouwd in de thermische belasting (RST) tussen traditionele steenachtige bouw en moderne houtbouw in CLT. Het appartement is in beide situaties voorzien van daglichtopeningen in twee gevels die niet brandwerend zijn. Dat houdt in dat na flashover het glas in de daglichtopeningen als bezweken kan worden beschouwd. De daglichtopeningen zijn precies zo groot aangenomen dat na flashover de brand zich in de overgang van brandstofbeheerst naar ventilatiebeheerst bevindt. Dat leidt tot de grootste thermische belasting en kan dus als worst-case gezien worden.

Figuur 3 geeft een eenvoudige voorstelling van het brandcompartiment. Tabel 1 geeft een overzicht van de belangrijkste randcondities, uitgaande van een cellulose-achtige vuurlast met brandstofformule $C_4H_6O_3$ (NEN 6065).



Figuur 3. Isometrie van het brandcompartiment (appartement)

Tabel 1. Overzicht randcondities voor de natuurlijke brand

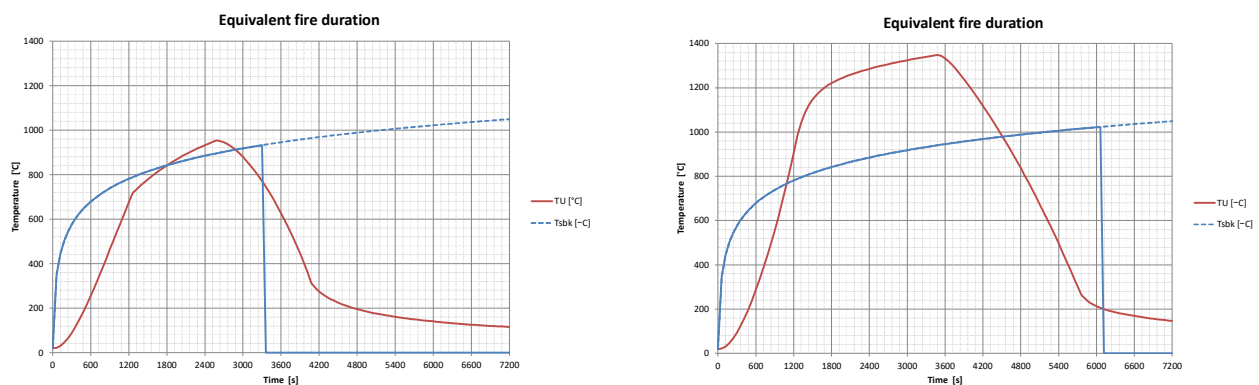
Grootheid		Traditioneel	CLT
Permanente vuurbelasting (gemiddeld)	[MJ/m ²]	-	400 ⁽²⁾
Variabele vuurbelasting (gemiddeld)	[MJ/m ²]	780 ⁽¹⁾	780 ⁽¹⁾
Brandvermogensdichtheid	[kW/m ²]	250 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾
Tijdconstante brandontwikkeling	[s]	300 ⁽¹⁾	300 ⁽¹⁾
Verbrandingswaarde	[MJ/kg]	17,5 ⁽³⁾	17,5 ⁽³⁾
Stoichiometrische constante	[kg/kg]	1,27 ⁽³⁾	1,27 ⁽³⁾
Verbrandingsefficiëntie	[-]	0,8 ⁽³⁾	0,8 ⁽³⁾
Bezweken daglichtopeningen h x b	[m]	1,5 x 8,2 (totaal)	1,5 x 8,4 (totaal)

⁽¹⁾ Volgens NEN-EN 1991-1-2+NB

⁽²⁾ Uitgaande van een karakteristieke permanente vuurbelasting van 500 MJ/m²

⁽³⁾ Volgens NEN 6055

De thermische belasting door de gastemperaturen ten gevolge van een natuurlijke brand in het appartement zijn in beide situaties vertaald naar een equivalente brandduur volgens de standaard brandkromme. De equivalente brandduur volgt daarbij uit de gecumuleerde interne gasenergie tijdens de totale natuurlijke brand. Het verschil in thermische belasting ten gevolge van brand in een traditioneel appartement met die in een modern CLT appartement is duidelijk zichtbaar in figuur 4.



Figuur 4. Natuurlijke brandkromme en omrekening naar equivalente brandduur volgens de standaard brandkromme voor een traditioneel appartement (links) en een CLT appartement (rechts)

Uit figuur 4 blijkt dat de equivalente brandduur van een natuurlijke brand in een traditionele woning ongeveer 54 minuten bedraagt en in een CLT woning 101 minuten. Wanneer de brandcompartimentsscheidingen 60 minuten brandwerend zijn is er een duidelijk tekort aan brandwerendheid voor de CLT woning:

- Traditionele woning: $AST - RST = 60 - 54 = +6$ min. standaard brandkromme;
- CLT woning: $AST - RST = 60 - 101 = -41$ min. standaard brandkromme.

Wanneer niet wordt ingegrepen in de natuurlijke brand zal het CLT-gebouw met woonfuncties afbranden (afbrandscenario). Hoewel dat publiekrechtelijk acceptabel is zolang persoonlijke veiligheid gegarandeerd is, is het gebouw niet fire resilient. Het gebouw overleeft een uitslaande woningbrand niet zonder repressieve brandweerinzet.

B2.5. Kwantificeren van het faalrisico

Het faalrisico kan worden gekwantificeerd door de faalkans van het maatgevende effect te bepalen. Dat is de kans dat de thermische belasting groter is dan de brandwerendheid van de constructie. In formulevorm: $P_{\text{falen}} = P(RST > AST)$.

De brandwerendheid (AST) is deterministisch bepaald met behulp van een brandwerendheidstest volgens de standaard brandkromme. In een deterministische bepalingsmethode speelt de faalkans geen rol.

De thermische belasting is projectspecifiek bepaald aan de hand van het natuurlijk brandconcept. Hierin spelen randcondities met onzekerheid (stochasten) een grote rol in de betrouwbaarheid van de thermische belasting. Met behulp van een gevoeligheidsanalyse, waarin elke stochast afzonderlijk wordt gevarieerd met zijn standaard afwijking, kan de invloed van die stochast op de thermische belasting worden bepaald. De sommatie van de specifieke deelvarianties van de stochasten levert de variantie (en daarmee de standaard afwijking) van de kansverdeling $P(AST < RST)$, zie figuur 5.

Each boundary condition (x_i):	
Average value:	$\bar{x}_i$
Variation:	dx_i
Standard Deviation:	s_i
Impact on outcome $AST-RST(t)$:	
Variation:	dt
Specific Variation:	dt/dx_i
Specific Variancy:	$(s_i dt/dx_i)^2$
Probability $AST-RST$:	
Total Variancy:	$var = \sum_i (s_i dt/dx_i)^2$
Standard Deviation:	$s = \sqrt{var}$

Figuur 5. Van variatie per stochastische randconditie naar specifieke variantie en ten slotte naar standaard afwijking voor AST-RST.

De belangrijkste stochastische randcondities betreffen de brandstofkenmerken. De in de gevoeligheidsanalyse opgenomen stochasten zijn weergegeven in tabel 5 (Benen et al, 2018). In de stochastische randcondities is één bouwkundig kenmerk opgenomen, de permanente vuurbelasting van het compartiment. Deze is alleen van belang voor het CLT compartiment, omdat niet bekend is of de gehele CLT constructie verbrandt en hoe groot de pyrolyse snelheid is (Rinta-Paavola et al, 2021).

Tabel 2. Overzicht stochastische randcondities met gemiddelde waarde en geschatte standaardafwijking

Stochast	Gemiddeld (AVG)	Standaard afwijking (SD)
Permanente vuurbelasting [MJ/m ²]	0 (traditioneel) 400 (CLT)	0 (traditioneel) -300 ⁽¹⁾ / +120 (CLT)
Variabele vuurbelasting [MJ/m ²]	780	-120 / +120 ⁽²⁾
Brandvermogensdichtheid [kW/m ²]	250	-100 / +100 ⁽³⁾
Tijdconstante brandontwikkeling [s]	300	-100 / +100 ⁽³⁾

⁽¹⁾ Gebaseerd op het doven van de brand in de CLT constructie wanneer de variabele vuurlast verbrand is

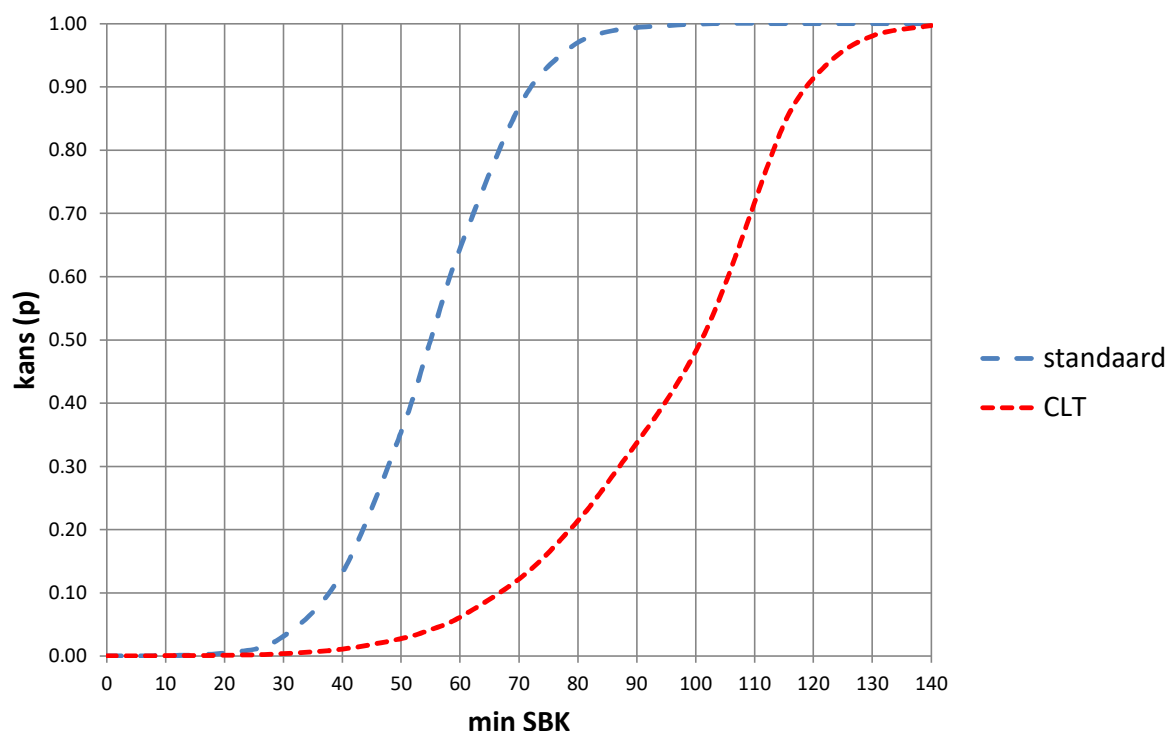
⁽²⁾ Gebaseerd op NEN-EN 1991-1-2/NB

⁽³⁾ Gebaseerd op bandbreedte van de klassificatie

Voor elke variatie is de consequentie voor de thermische belasting RST in equivalente brandduur bepaald. Daaruit is de standaard afwijking van de thermische belasting RST vastgesteld. De variabele vuurbelasting is daarin de maatgevende stochast. De resultaten zijn samengevat in tabel 3 en weergegeven in figuur 6.

Tabel 3. Gemiddelde waarde en standaard afwijking van de thermische belasting door brand voor een traditionele woning en een CLT woning

	Traditioneel [min. SBK]	CLT [min. SBK]
Gemiddeld (AVG)	55	101
Standaard afwijking (SD)	-13,4 / +13,4	-26,6 / +14,0



Figuur 6. Cumulatieve kansverdeling (p) van de thermische belasting door brand in minuten standaard brandkromme voor een traditionele woning en een CLT woning

B2.6. Conclusie

Uit de analyse blijkt dat een 60 minuten brandwerende scheidingsconstructie in een traditionele woning circa 64% betrouwbaar is, dus een faalkans voor de natuurlijke brand bezit van circa 36%. De faalkans van een 60 minuten brandwerende scheidingsconstructie in een CLT woning is 93%. Dat houdt in dat in geval van een woningbrand in een CLT woongebouw een afbrandscenario vrijwel zeker is, wanneer niet wordt ingegrepen in het brandscenario door automatische of manuele blussing. Een CLT woongebouw is daarmee niet fire resiliënt. Om dat te bereiken is bescherming van de CLT constructie noodzakelijk. Dat kan een bouwkundige bescherming zijn (brandwerend bekleden of coaten), of een installatietechnische bescherming die ingrijpt in het brandscenario (automatische blusinstallatie). Er kan ook aan meer innovatieve oplossingen worden gedacht, zoals een beschermende coating die de koollaag aan de oppervlakte tijdens de brand intact houdt waardoor de inbrandsnelheid in de tijd tot stilstand komt (Schmidt, 2020)

Overigens is er een kans dat de brand in de CLT constructie dooft wanneer de variabele vuurbelasting is verbrand. Dan blijft een deel van de CLT constructie behouden (Crielaard, 2015). Het resterende deel van de constructie die aan de brand blootgesteld is geweest zal niet meer geschikt zijn om aan de normale gebruikseisen te voldoen. Deze zal moeten worden vervangen, maar heeft er dan wel voor gezorgd dat de brand beperkt is gebleven tot één compartiment. Daardoor zijn de CLT-constructies buiten het uitgebrande compartiment niet aangetast.

Met andere woorden: wanneer een CLT-constructie een zodanige kwaliteit bezit dat deze niet zelfstandig kan branden en dus dooft wanneer de variabele vuurlast in een brandcompartiment verbrand is, komt fire resilience in handbereik.

Bij grondgebonden woningen hoeft aan die voorwaarde niet te worden voldaan wanneer de CLT constructie van een woning onafhankelijk is van de naastliggende woning. Door de CLT constructies mechanisch en thermisch te scheiden ter plaatse van de woningscheiding, kan ook van fire resilience worden gesproken. De brand kan zich dan niet meer automatisch uitbreiden naar de aangrenzende woningen. De detaillering, met name de aansluiting aan de gevels, verdient daarbij bijzondere aandacht.

Literatuur

NEN 6055:2011 nl – *Thermische belasting op basis van het natuurlijk brandconcept – Bepalingsmethode* – NNI, Delft

NEN-EN 1991-1-2+C1+C2+C3+NB:2019 – *Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-2: Algemene belastingen - Belasting bij brand* – NNI, Delft

NEN-EN 1995-1-2+C1+C2+NB:2011 – *Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies – Deel 1-2: Ontwerp en berekening van constructies bij brand* – NNI, Delft

Crielaard, R. (2015) – *Self extinguishment of cross laminated timber* – TU Delft, civil engineering

Zee, P. (2018) – *Vertikaal dragend verlijmd kruislaaghout en brandveiligheid* – Hanzehogeschool Groningen, Bouwkunde

Benen, M., Quaas, L., Herpen, R.A.P. van (2018) – *Reliability of fire compartmentation* – TU Eindhoven, Built Environment

Schmidt, L. (2020) – *Experimental study on the effect of char fall off on the heat transfer within loaded cross-laminated timber columns exposed to radiant heating* – University of Edinburgh, Science & Engineering

Rinta-Paavola, A., Hostikka, S. (2021) – *A model of the pyrolysis of two Nordic structural timbers* – Aalto University, Fire and Materials 2021; 1-14

