



Notitie

Voor: Havendijk
Van: RNe & HNa
Gecontroleerd door: FHe & RDa
Bedrijf: Iv-Infra b.v.
Project: Berekening fundering Trafohuis 43T Havendijk
Projectnr.: INFR241088 N-10
Datum: 23 juli 2026



Inhoudsopgave

Referentie	3
1 Inleiding	4
2 Uitgangspunten	5
2.1. Constructie	5
2.2. Geometrie	5
2.3. Geotechnisch onderzoek	5
2.4. Veiligheidsbenadering	6
2.5. Grondwaterstand	6
2.6. Belastingen	6
2.7. Beschrijving paaltype en berekeningswijze	6
2.8. Software	7
3 Resultaten	8
3.1. Berekeningsresultaten palen	8
3.2. Berekeningsresultaten funderingsplaat	9
4 Conclusie	10
4.1. Samenvatting	10
4.2. Aandachtspunten realisatiefase	10
Bijlages	11
A. Tekeningen	11
B. Sonderingen	13
C. Uitvoer D-Foundation	14
D. Wapeningsberekening	15



Referentie

Normen:

- [1] Eurocode 7 Geotechniek: NEN 9997-1+C2, Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp, deel 1: algemene regels, 2017.

Documenten:

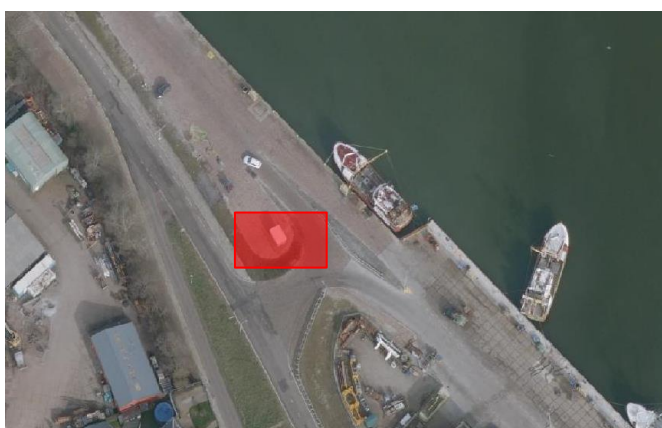
- [2] GrondGrip, rapport paalberekening 2 trafohuizingen, werknr. 2018-2064, versie 0.0, datum 11 december 2018.
- [3] Engie, installatietekening energievoorziening NHW-HD, projectnr. 16120086, datum 22-08-2018.
- [4] Fugro, rapportage geotechnisch onderzoek Havendijk Den Helder, 505074, definitief, 13-05-2025.
- [5] Iv, ontwerpnota uitvoeringsontwerp Nieuwe Diep, ref. INFR241088 R-24, rev. 2, 22 mei 2026
- [6] Iv, Tekening Trafo, palenplan, fundering en wapening, ref. INFR241088, tekeningnr. T7202, 30-06-2026

Software:

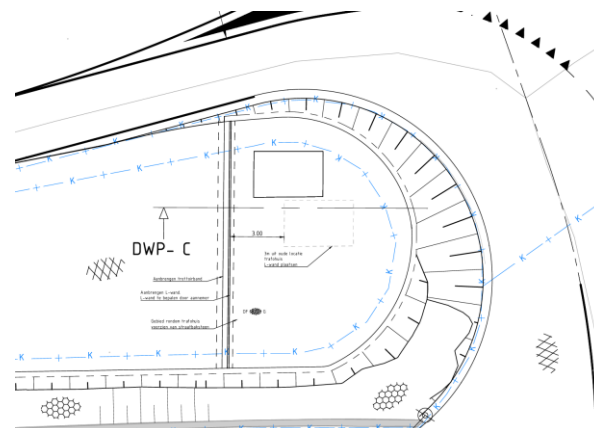
- [7] Deltares, D-Foundations, versie 23.1.1.
- [8] SCIA-Engineer, versie 22.1.3016.

1 Inleiding

Ten behoeve van de dijkversterking Havendijk dient de bestaande trafo 43T verplaatst te worden. Tijdens de verplaatsing wordt ook het maaiveld opgehoogd, zodat de kans dat de trafo onder water komt te staan kleiner wordt. Op de nieuwe positie van de trafo, wordt een nieuwe fundering gerealiseerd middels funderingspalen met daarop een nieuwe vloer. Op deze vloer wordt het bestaande trafohuis geplaatst. Dit rapport beschrijft het ontwerp van de vloer en de palen. De locatie van de nieuwe en het huidige trafohuis is weergegeven in figuur 1 en figuur 2.



Figuur 1: Locatie trafohuis langs Nieuwe Diep (rood omkaderd)



Figuur 2: bestaande locatie trafo (gestippeld) en nieuwe locatie (bron: INFR241088-T-BE-6201)

In deze notitie worden de volgende onderwerpen beschouwd:

- Ontwerp funderingspalen
- Ontwerp betonnen vloer



2 Uitgangspunten

2.1. Constructie

De nieuwe constructie bestaat uit een funderingsplaat op 4 schroefinjectiepalen. De funderingsplaat is 2,5 m x 3,8 m en heeft een dikte van 300 mm met een betonkwaliteit van C30/37. Voor het paaltype is gekozen om aan te sluiten bij de bestaande paalfundering, waarvoor in 2018 een berekening voor het huidige trafohuis is gemaakt [2]. Dit is een trillingsarm systeem waarmee de invloed op de omgeving (de achterliggende dijk en de bestaande kade met ankerscherm die in de projectfase waarin de trafo wordt verplaatst nog aanwezig is) beperkt is. De paalbelasting, paaltype en paalklasse factoren zijn conform deze bestaande berekening. De specifieke uitgangspunten voor de palen zijn opgenomen in dit hoofdstuk. De specifieke uitgangspunten voor de funderingsplaat zijn opgenomen in bijlage D.

2.2. Geometrie

In de huidige situatie is de kade vernieuwd. Het maaiveldniveau langs de kade is ca. NAP+2,7 m en loopt op richting het trafohuis naar ca. NAP+3,0 m. In de nieuwe situatie is het nieuwe maaiveld bij het trafohuis ca. NAP+4,0 m. De onderzijde van het trafohuis (= bovenzijde funderingsplaat) ligt ca. 0,7 m onder het maaiveld.

2.3. Geotechnisch onderzoek

Er zijn twee sonderingen DKMM21 en DKMM22 en een boring HB11 beschikbaar nabij het trafohuis [4]. Beide sonderingen tonen vergelijkbare bodemopbouw. In tabel 1 zijn de volumegewichten en hoek van inwendige wrijving voor de sondering DKMM22 weergegeven.

Tabel 1 - Maatgevende grondopbouw sondering DKMM22

Grondsoort	b.k. [NAP m]	γ_{dr}/γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ_{kar} [°]
Zand, matig (ophoogzand)	+4,0	18/20	32,5
Klei, matig	+2,0	17/17	17,5
Veen, slap	-0,5	10/10	15,0
Klei, slap,	-1,0	14/14	17,5
Veen,matig	-3,0	12/12	15,0
Klei slap	-4,0	14/14	17,5
Zand, los	-4,8	17/19	30,0
Zand, matig	-11,2	18/20	32,5
Zand, los	-14,0	17/19	30,0



Het huidige maaiveldniveau is ca. NAP+2,7 m. Het toekomstige maaiveld van het trafohuis is ca. NAP+4,0 m. Daarom is in tabel 2 vanaf NAP+4,0 m ophoogzand aangenomen. De sonderingen zijn te vinden in bijlage B.

2.4. Veiligheidsbenadering

Voor de geotechnische berekeningen wordt conform [1] uitgegaan van betrouwbaarheidsklasse RC2/CC2.

2.5. Grondwaterstand

Voor de grondwaterstand wordt uitgegaan van NAP-0,5 m (gemiddeld zeeniveau). Dit is conform de waterstanden in UO [5].

2.6. Belastingen

2.6.1. Paalbelasting

Voor de paalbelastingen is uitgegaan van de maximale belasting die kan optreden op een schroefinjectie paal met een buisdiameter/schroefblad van Ø88,9/250 mm. Dit is conform de huidige berekeningen van het bestaande trafohuis [2]. De paalbelastingen zijn opgenomen in tabel 2.

Tabel 2: Overzicht constructies en maatgevende belastingen – uiterste grenstoestand (UGT) [2]

Object	Drukbelasting [kN]	Horizontale belasting [kN]	Kopmoment* [kNm]
Paal	95	n.v.t.	5

*de definitieve palen worden verondersteld centrisch belast te worden. Des al niettemin is er t.b.v. de momentcapaciteit uitgegaan van een max. excentriciteit van 50 mm t.g.v. een plaatsingstolerantie. De invloed van het kopmoment is verwaarloosbaar. De sterkte van de palen is niet expliciet getoetst in deze rapportage, omdat deze ruimschoots voldoet.

De werkelijk optredende paalbelasting is ca. 86 kN. Deze is opgenomen in bijlage D.

2.7. Beschrijving paaltype en berekeningswijze

De schroefinjectiepaal is een grondverdringend systeem bestaande uit een stalen buis met een schroefpunt. Tijdens het schroeven aanbrengen van de paal (boren) wordt ook groutinjectie toegepast. Hierdoor kan men spreken van een mixed-in-place paalsysteem. Als de paal de draagkrachtige zandlaag bereikt wordt de druk verder opgehoogd zodat een groutlichaam zich rondom de stalen buis ontwikkelt die minstens zo groot als het toegepast schroefblad.

In de berekening is van volgende aannames uitgegaan.

- De diameter van de buis is Ø 88,9 mm. Het toegepaste schroefblad is Ø250 mm.
- Tijdens schroeven aanbrengen van de paal met groutinjectie (lage druk), is de diameter van de paal ca. Ø140 mm. Deze diameter is aangehouden al zijnde diameter van de paal.
- Wanneer de paal de draagkrachtige zandlaag bereikt wordt de druk verder opgehoogd. De groutlichaam die in deze laag ontstaat is Ø250 mm.

De berekeningen zijn uitgevoerd conform EC7 [1] waarbij de volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Uitgegaan is volgens tabel A.10a van $\xi_3 = \xi_4 = 1,39$ voor een niet-stijf bouwwerk en 1 sondering.



- Voor de paalfactoren is het volgende aangehouden (volgens tabel 7.c) op basis van een in de grond gevormde groutschil rond buis met schroefpunt EC7 [1]: Bijvoorbeeld van het type Waal-schroefinjectiepaal of gelijkwaardig.
 - Schroefinjectiepalen: $\alpha_p = 0,63$; $\alpha_s = 0,009$;
 - Voor de cohesieve lagen wordt geen schachtwrijving in rekening gebracht;
 - Overige reductiefactoren t.b.v. de paalvoetfactor (s) en de paalvoetvormfactor (β) hebben een waarde 1,0;
 - Last-zakkingslijn type 1;
- Er is rekening gehouden met het optreden van negatieve kleef.
- Er wordt niet ontgraven en dus geen reductie van de conusweerstand.
- Er is rekening gehouden met een paalbelasting met een rekenwaarde van 95 kN per paal. De paal is centrisch belast.

2.8. Software

De volgende berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Foundations versie 23.1.1 [7]:

- Het drukdraagvermogen,
- De benodigde paalpuntniveaus,
- De verticale veerwaarden.

De constructieve berekeningen van de funderingsplaat zijn uitgevoerd met het rekenprogramma SCIA-Engineer versie 22.1.3016, zie bijlage D.



3 Resultaten

3.1. Berekeningsresultaten palen

De constructie bestaat uit een funderingsplaat op vier schroefinjectiepalen met een diameter buispaal van Ø88,9 mm en een wanddikte van 10 mm (S355). Het bijbehorende schroefblad heeft een diameter van Ø250 mm. De berekeningsresultaten van de palen zijn in deze paragraaf opgenomen.

3.1.1. Drukdraagvermogen palen

Conform [1] dient de rekenwaarde van de paalbelasting gelijk of lager te zijn dan de rekenwaarde van het paal draagvermogen: $F_{c;d} \leq R_{c;d} - F_{nk;d}$ oftewel $F_{c;d} \leq R_{c;d,netto}$.

Voor het overzicht van het paal draagvermogen per sondering en per paalpuntniveau wordt verwezen naar bijlage C. Er is een groep van 4 palen beschouwd met een h.o.h. afstand van 3,0 m.

3.1.2. Paalpuntniveaus

In tabel 3 is per object het paalpuntniveau gegeven waarvoor het draagvermogen toereikend is.

Tabel 3: Overzicht paalpuntniveaus drukdraagvermogen schroefinjectiepalen (Ø89/140/250 mm)

Object	Sonderingen	P.p.n. druk [NAP m]	Drukdraagvermogen [kN]
Paal	DKMM21	-11,5	404
Paal	DKMM22	-11,5	381

3.1.3. Toetsing drukdraagvermogen

In tabel 4 is voor de sonderingen DKMM21 en DKMM22 de toetsing voor het drukdraagvermogen weergegeven.

Tabel 4: Overzicht constructies met paalpuntniveaus, schroefinjectiepalen (Ø89/140/250 mm) en drukdraagvermogen (UGT)

Sondering	p.p.n. [NAP m]	$R_{b,cal}$ [kN]	$R_{s,cal}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$R_{c;d,netto}$ [kN]	u.c.
DKMM21	-11,5	524	272	58	(419 > 95)	0,2
DKMM22	-11,5	547	201	54	(394 > 95)	0,2

Uit tabel 4 blijkt dat sondering DKMM22 maatgevend is. De berekening is te vinden in bijlage C. Hierin is te zien (page 11) dat het draagvermogen niet voldoende is op NAP-11,0 m voor sondering DKMM22.

3.1.4. Paalpuntveer en elastische verkorting

Voor de karakteristieke paalpuntveer is de zakking van de paalpunt onder de karakteristieke belasting ($V_{c,kar}$) bepaald, zie tabel 5.

Tabel 5: Karakteristieke paalpuntveren schroefinjectiepalen (Ø89/140/250 mm)

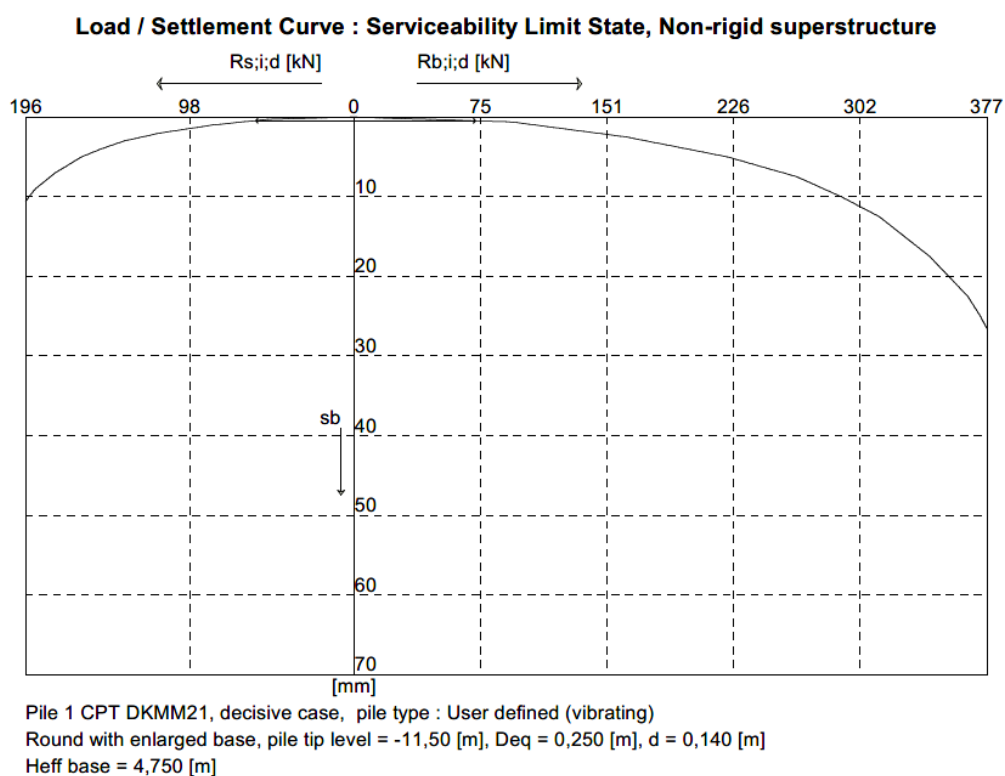
Sondering	P.p.n. [NAP m]	Paalbelasting $V_{c,kar}$ [kN]	Puntzakking [mm]	Puntveer [MN/m]*
DKMM21	-11,50	131	0,5	262
DKMM22	-11,50	127	0,5	254



* Bij een dieper paalpuntniveau zal de puntveerwaarde bij gelijkblijvende belasting in het algemeen hoger uitvallen.

De (punt)veerwaarde is exclusief de elastische verkorting van de paal. De elastische verkorting van de paal bedraagt ca. 4 mm. Hierdoor is de totale veerwaarde op het niveau van de paalkop ca. 30 MN op NAP-11,5 m.

Het maatgevende lastzakkingsdiagram behorend bij DKMM21 is weergegeven in figuur3.



Figuur3: Last-zakkingsdiagram DKMM21

3.2. Berekeningsresultaten funderingsplaat

De funderingsplaat is 2,5 m x 3,8 m en heeft een dikte van 300 mm. Er wordt gebruikgemaakt van betonkwaliteit C30/37. De berekeningsresultaten van de plaat en de wapening zijn in bijlage D opgenomen.



4 Conclusie

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de verschillende onderdelen, maar ook een doorkijk naar de zaken die moeten worden meegenomen in de vervolgfase.

4.1. Samenvatting

De betonnen funderingsplaat, in situ gestort, heeft de volgende afmetingen: 2,5 m x 3,8 m (C30/37). De dikte is 300 mm. De bovenkant van de vloer is 0,64 m onder het maaiveldniveau. De locatie van de palen is conform tekening [6]. De toe te passen wapening ook conform de tekening [6].

Vier schroefinjectiepalen met een diameter buispaal van Ø88,9 mm en een wanddikte van 10 mm. De staalkwaliteit is S355. Het bijbehorende schroefblad heeft een diameter van Ø250 mm. Het paalpuntniveau is NAP-11,5 m. De bovenkant buispaal steekt 150 mm in de funderingsplaat. De lengte van de paal is 15,0 m.

4.2. Aandachtspunten realisatiefase

De volgende zaken dienen nader uitgewerkt te worden in de realisatiefase:

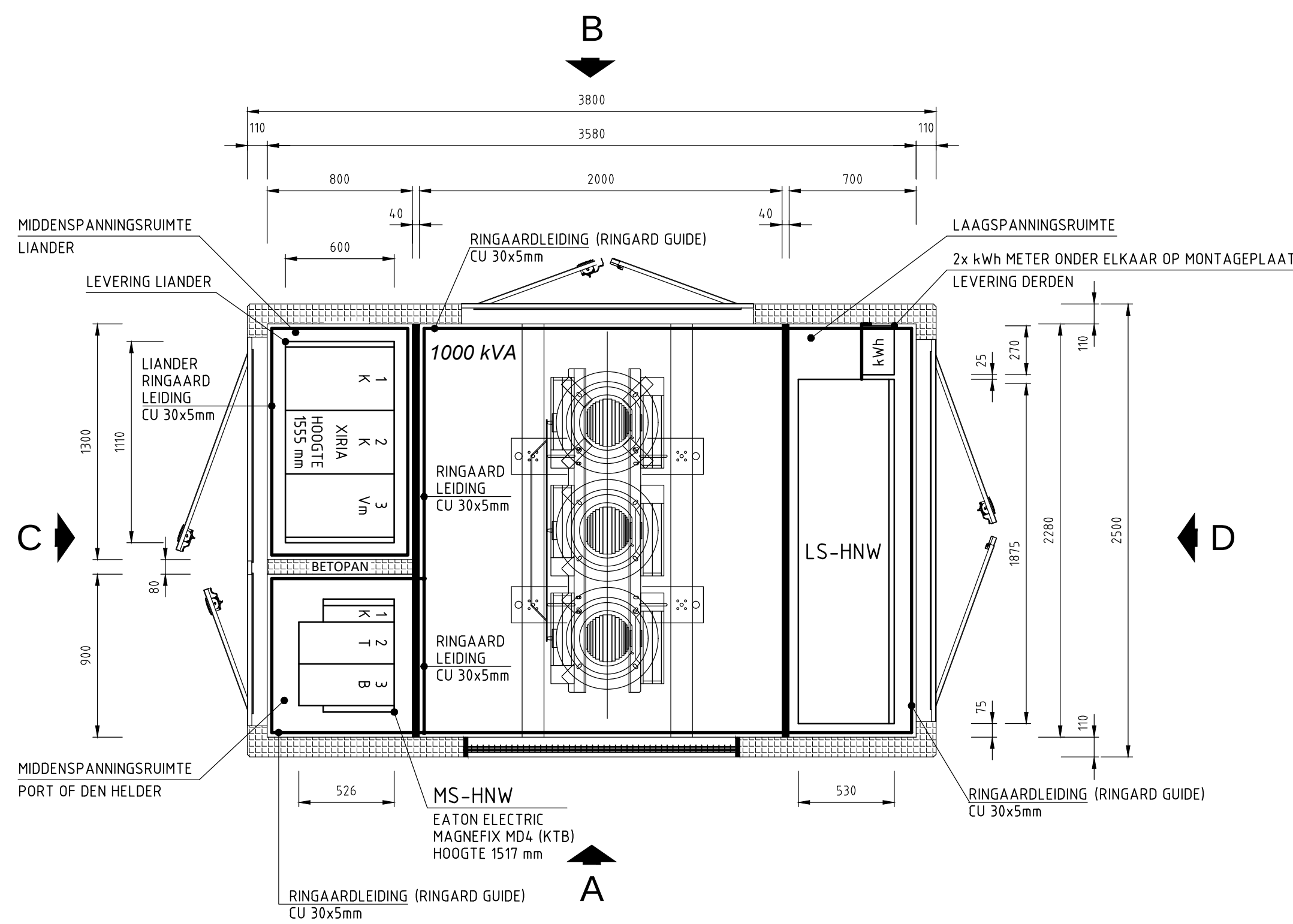
- Aansluiting van het trafohuisje met de funderingsplaat.



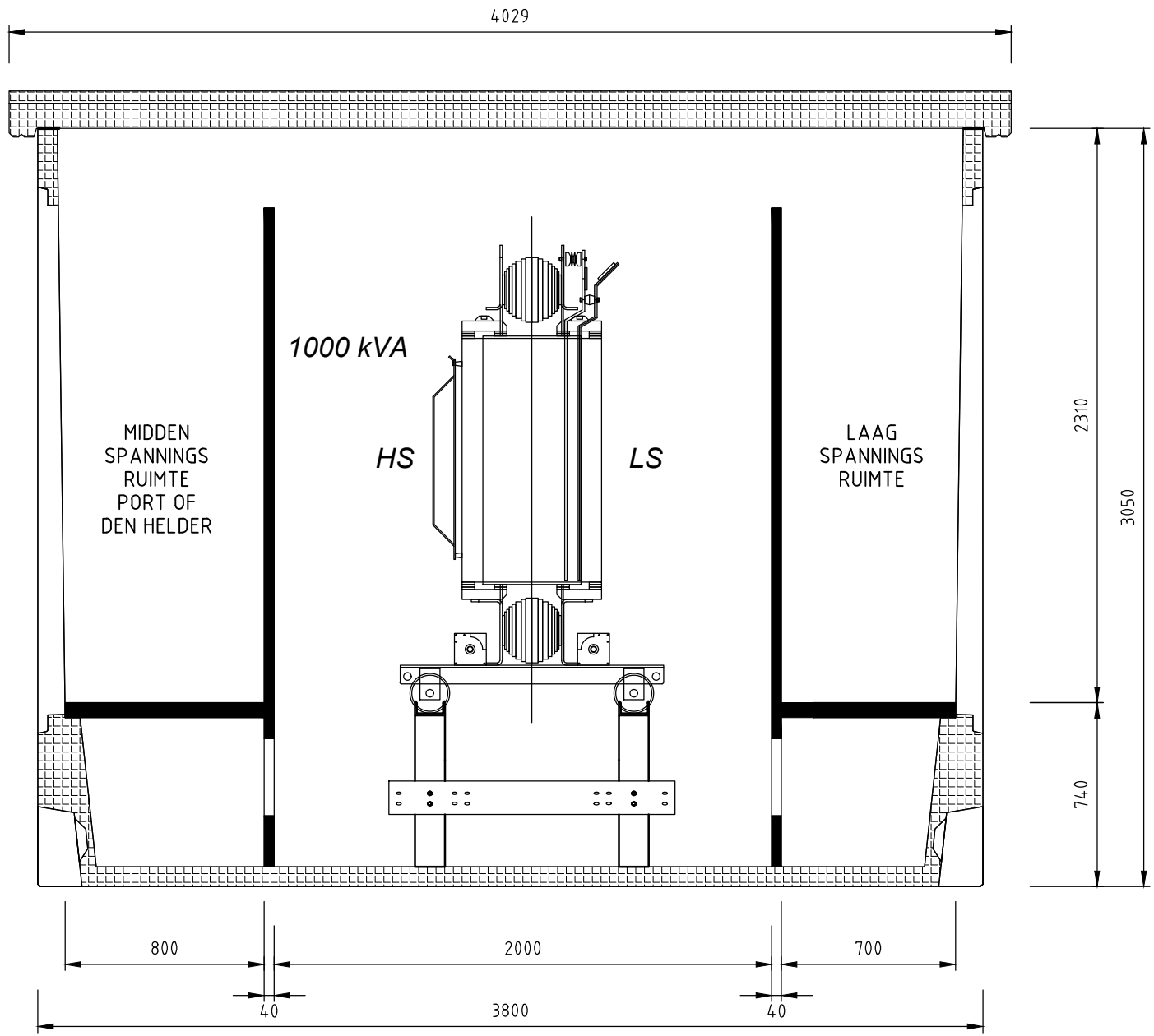
Bijlages

A. Tekeningen

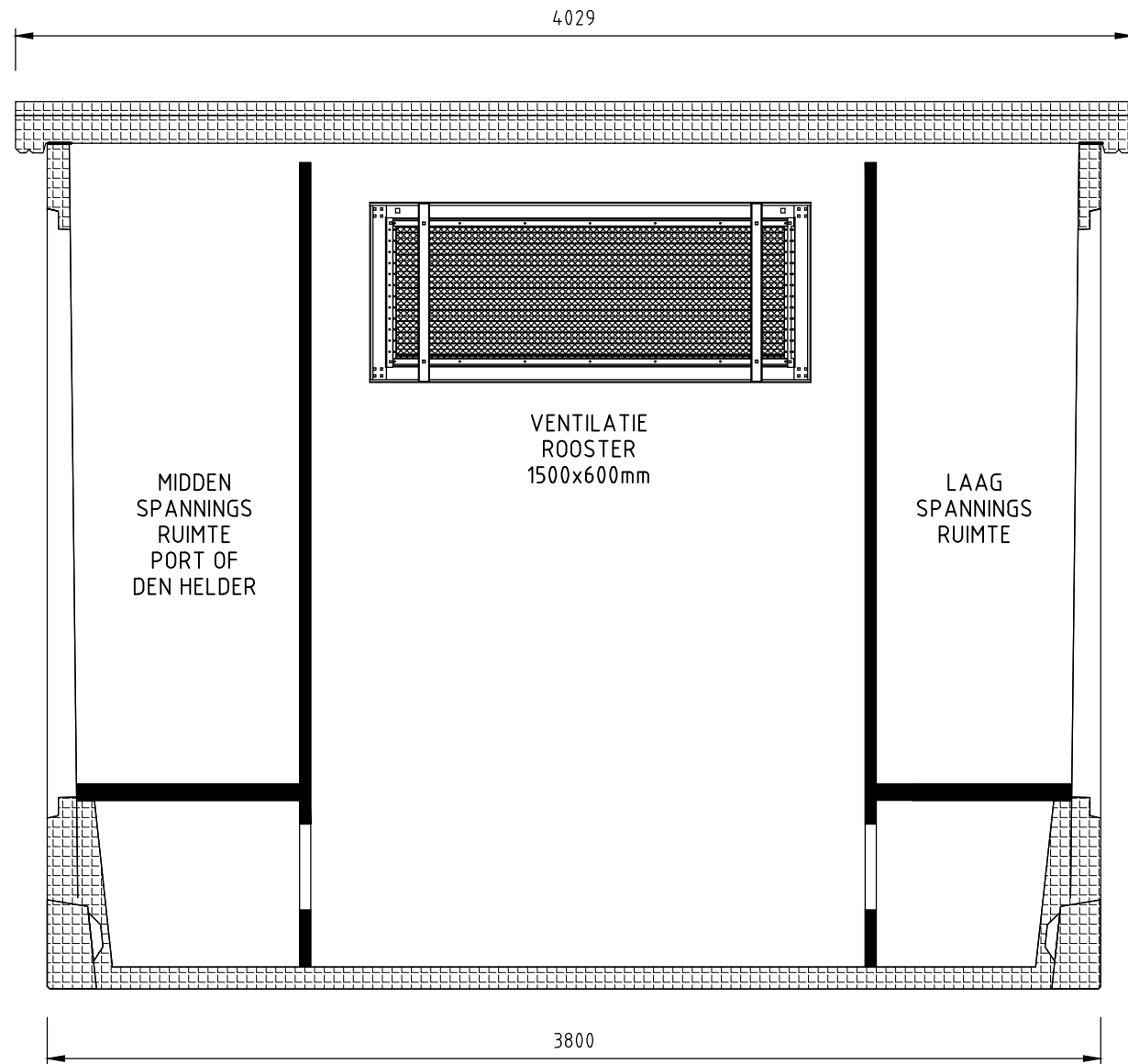
A.1. *Archief*



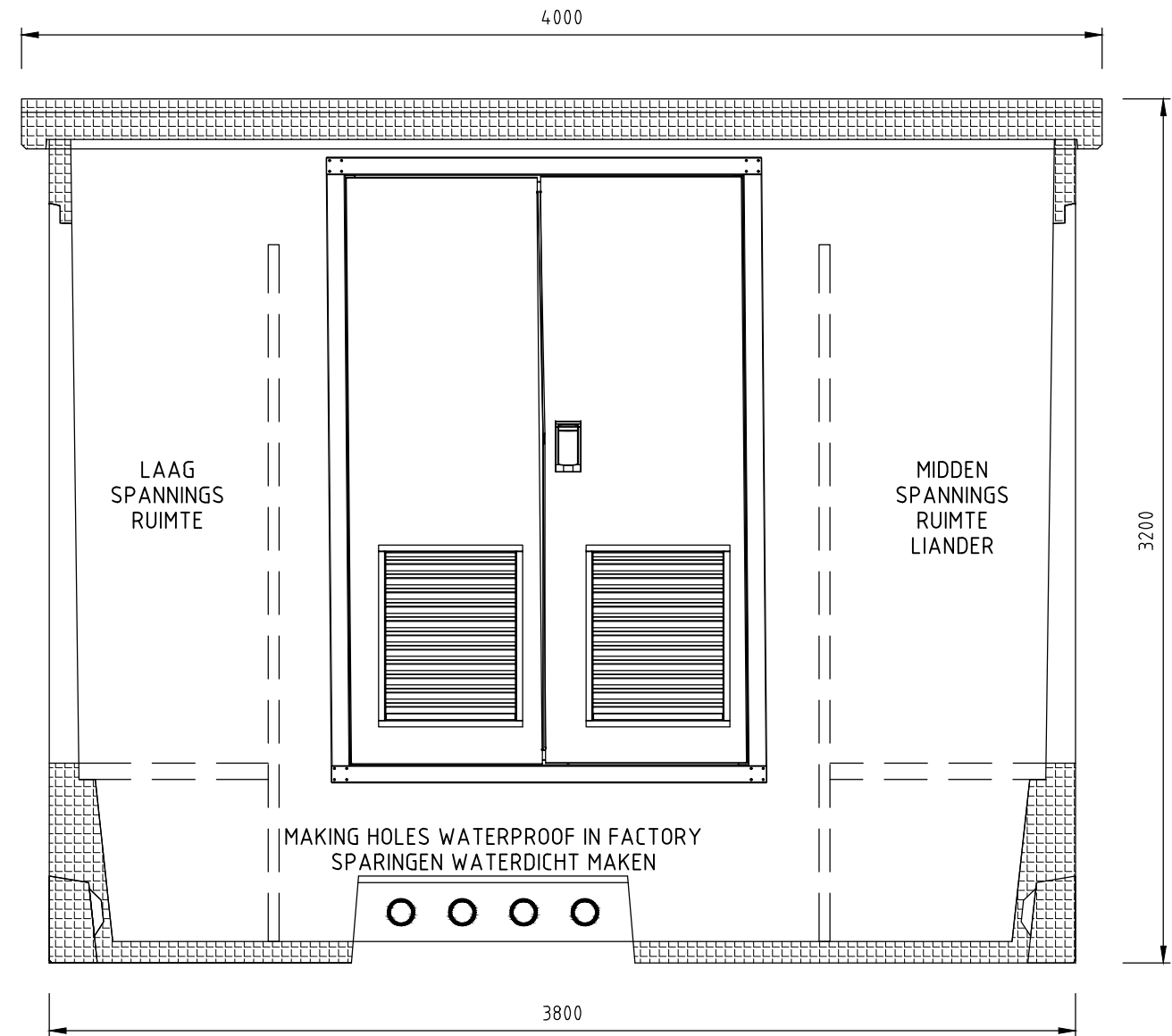
BOVENAANZICHT
TOP VIEW



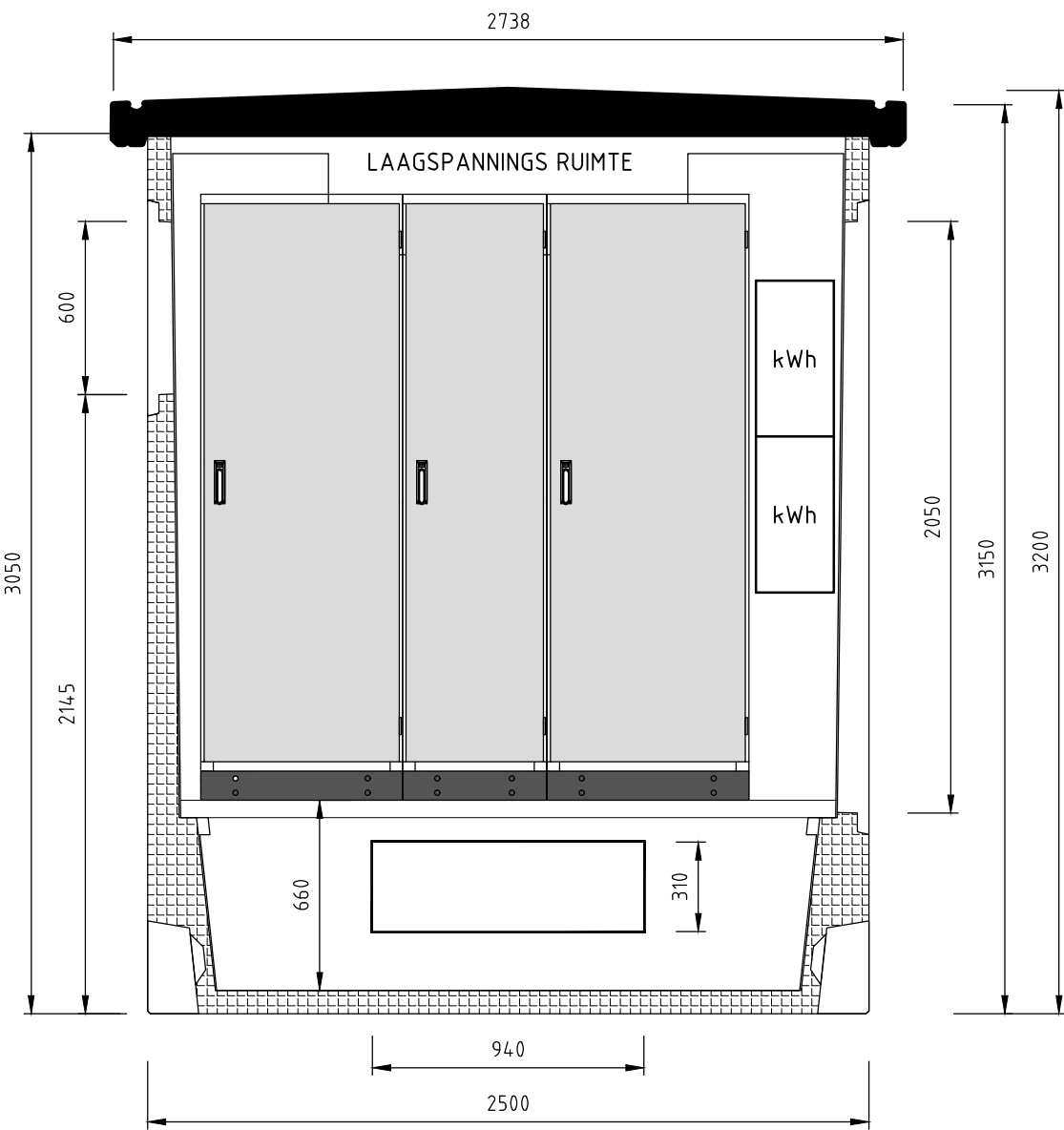
DOORSNEDE C-D
CROSS-SECTION C-D



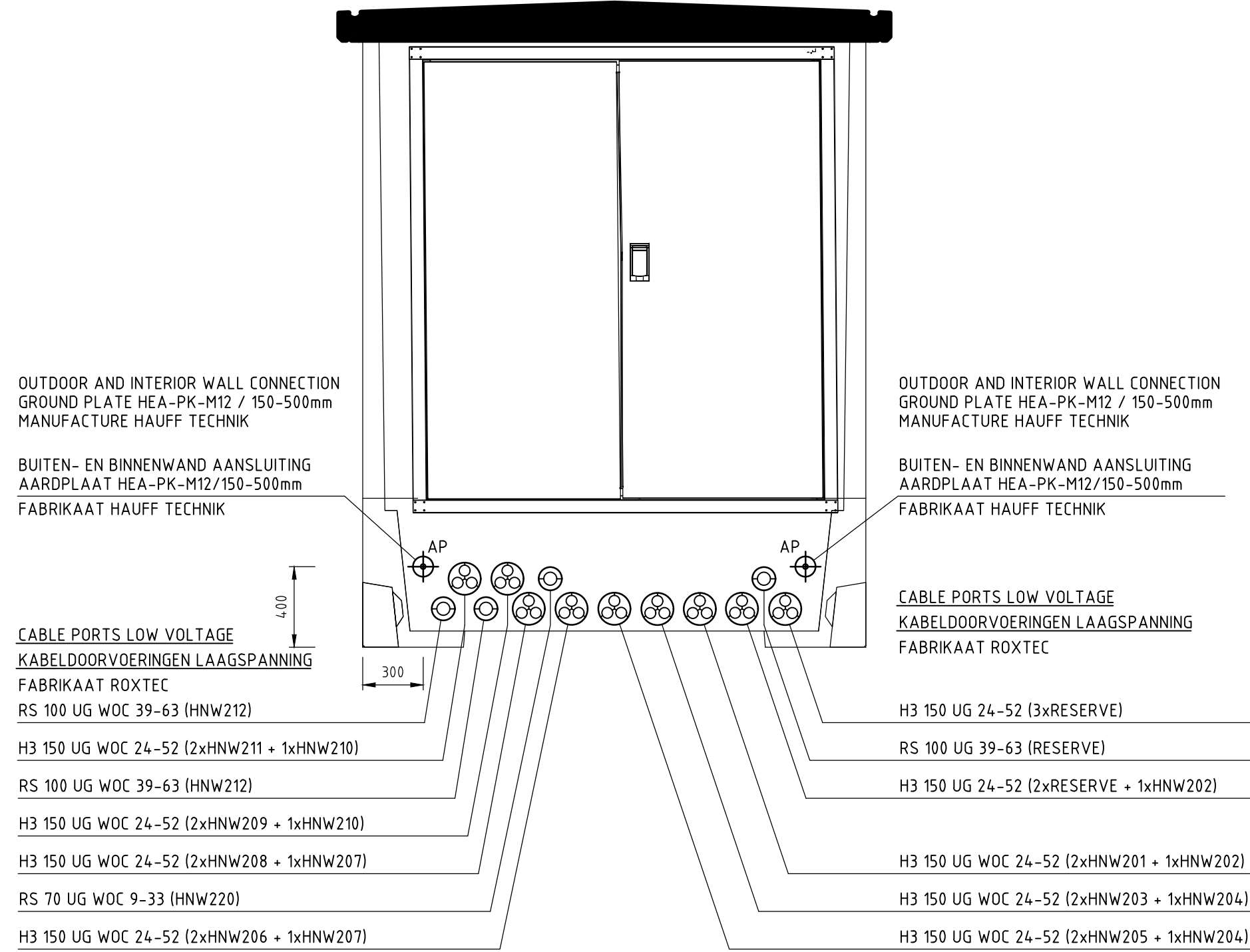
VOORAANZICHT WAND A
FRONT VIEW WALL A



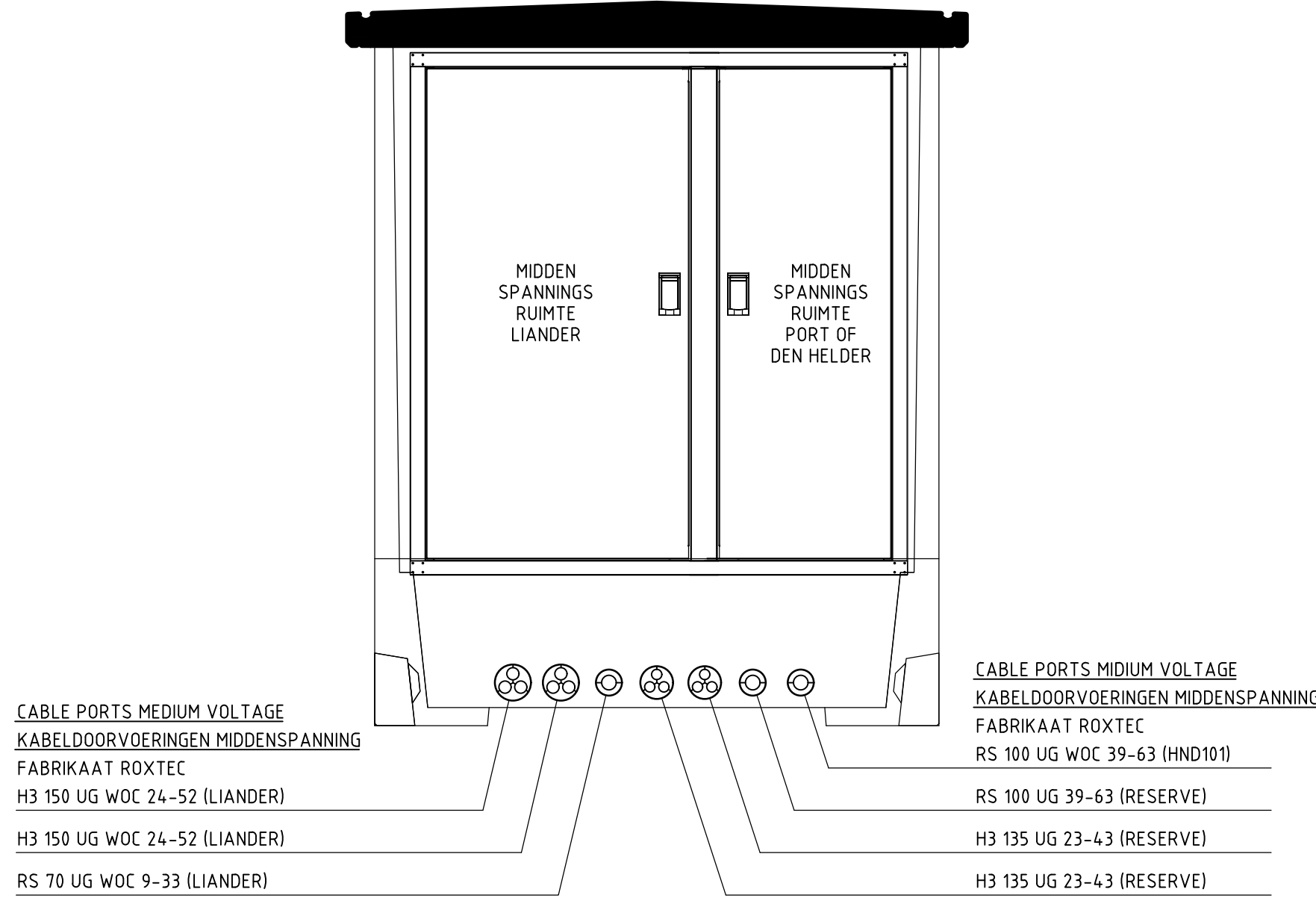
VOORAANZICHT WAND B
FRONT VIEW WALL B



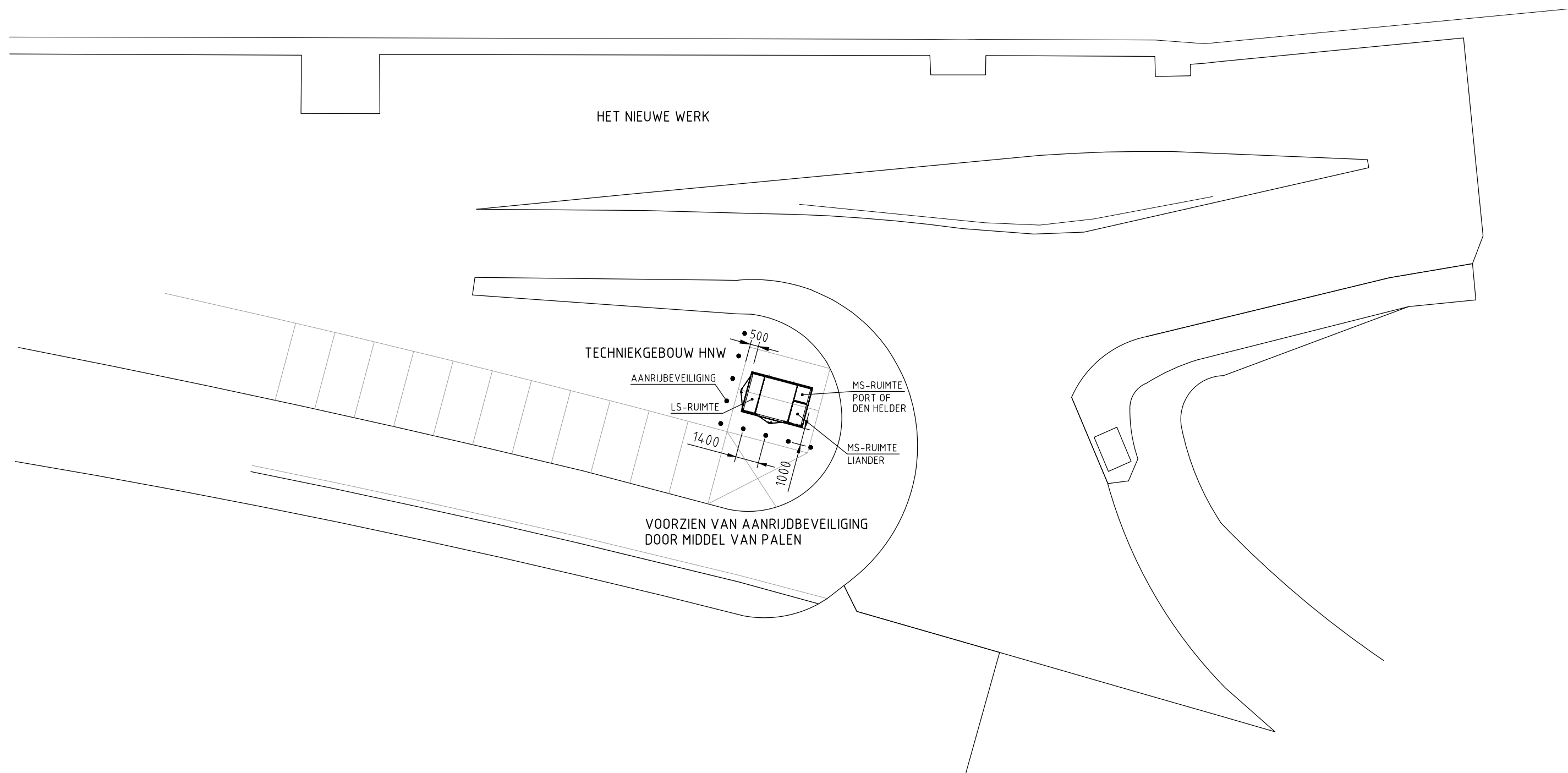
DOORSNEDE A-B
CROSS-SECTION A-B



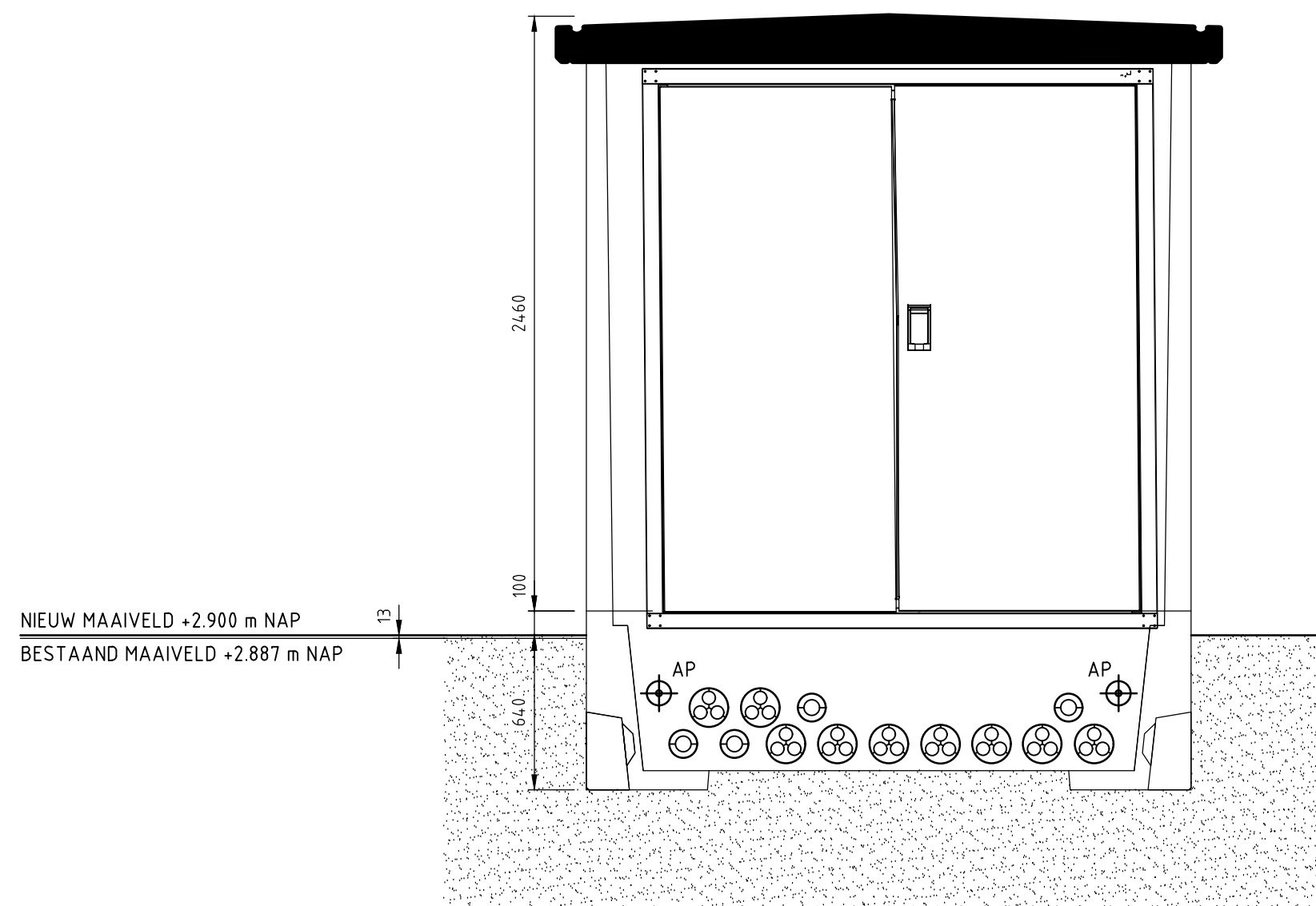
VOORAANZICHT WAND D
FRONT VIEW WALL D



VOORAANZICHT WAND C
FRONT VIEW WALL C



SITUATIE SCHAAAL 1: 250



MAAIVELD OPSTELLING VOORAANZICHT WAND D

SLOTEN OP TOEGANGSDEUREN LOCKS ON ACCESS DOORS

- MIDDELSpanningsruimte EURO 17 CILINDER
- LAAGSpanningsruimte EURO 17 CILINDER
- TRANSFORMATORRUIMTE EURO 17 CILINDER

OPMERKINGEN COMMENTS

- MAATVOERING IN mm. (DIMENSION IN mm).
- AARDPLAAT FABR. HAUFF TECHNIEK TYPE HEA-PK-M12/150-500mm
- GROUND PLATE FABR. HAUFF TECHNIEK TYPE HEA-PK-M12 / 150-500mm

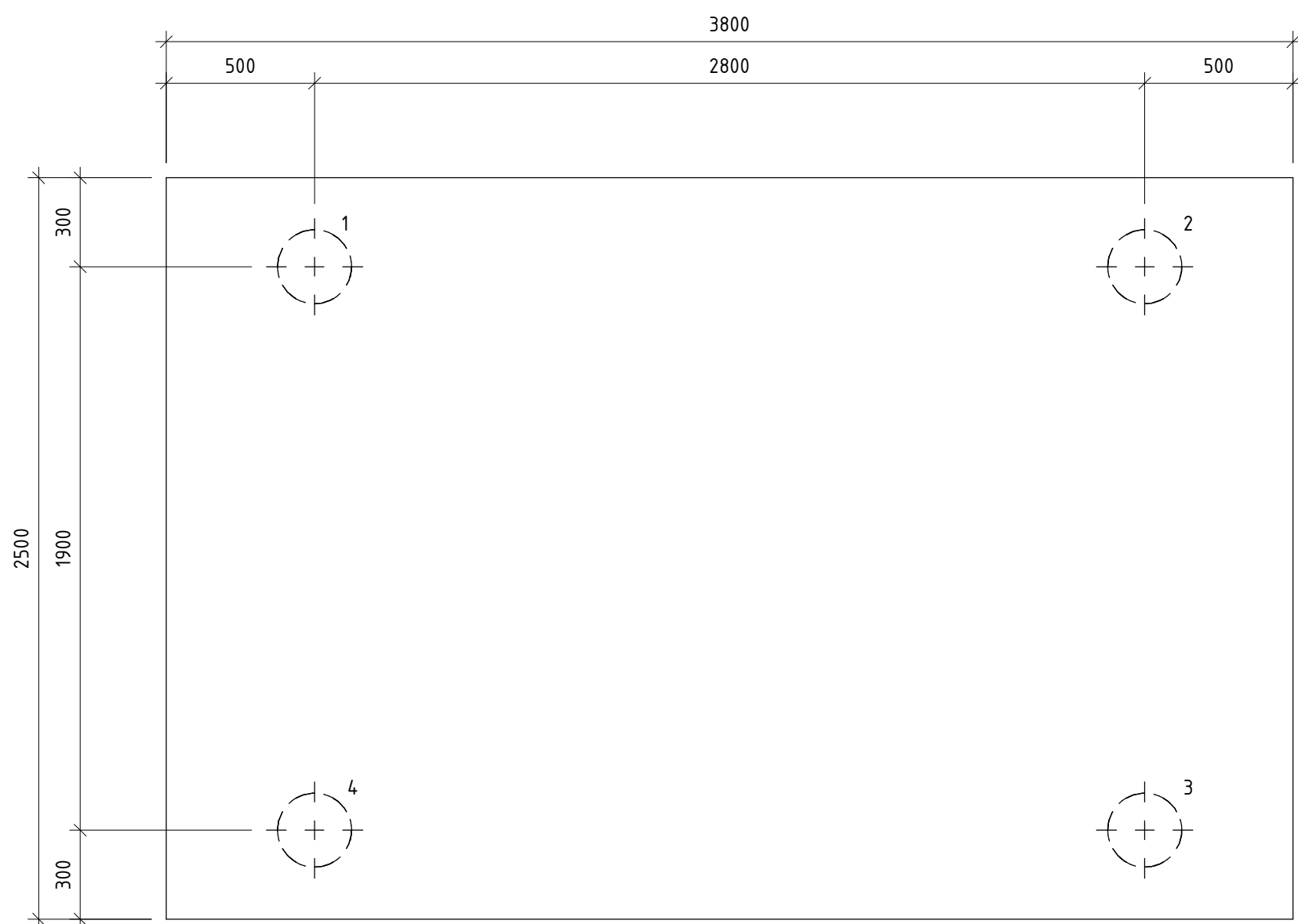
UITVOERING TECHNIEKGEBOUW EXECUTION TECHNICAL BUILDING

- GEWICHT TOTAAL CA. 13 TON
- WEIGHT TOTAL
- BETONKwaliteit GEWAPEND GETRULD BETON C 35/45
- CONCRETE QUALITY REINFORCED GETRULLED CONCRETE C 35/45
- SCHILDERWERK DEUREN EN ROOSTERS IN- EN UITWEGIG RAL 7030 POLYESTER COATING
- PAINTING EN ANTI GRAFFITY COATING DOORS AND ROOSTERS IN AND OUTWARD RAL 7030 POLYESTER COATING AND ANTI GRAFFITY COATING
- BUITENZIJDE WANDEN EN DAK RAL 7030 EN ANTI GRAFFITY COATING
- OUTSIDE WALLS AND ROOF RAL 7030 AND ANTI GRAFFITY COATING
- BINNENZIJDE WANDEN EN DAK VOORZIEN VAN WITTE MUURVERF
- INTERIOR WALLS AND ROOF WITH WHITE WALL PAINT
- GEDEELTE ONDER MAAIVELD UITWEGIG GEBITUMNEERD
- PARTIAL UNDER GROUND EXTERNAL BITUMINATED

30	12-08-2019	AS-BUILT		RLU	FKU	AKO
20	17-01-2019	Toevoegen aanbeveling		RLU	RWO	RWO
10	03-12-2018	Definitief UD		FVU		
Wg	Datum	Omschrijving van de wijziging		Gepland	Gepland	Gepland
Bestemming			Port of Den Helder nv Walstream Den Helder			
Aanbesteller			Sweco			
Architect			256198			
Opdrachtgever			SWM0222946			
Project			16120086			
Beleider			E1200			
Werkzaamheden			100			
Class			1			
Instalatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie			1			
Energievoorziening			1			
Technische specificatie						

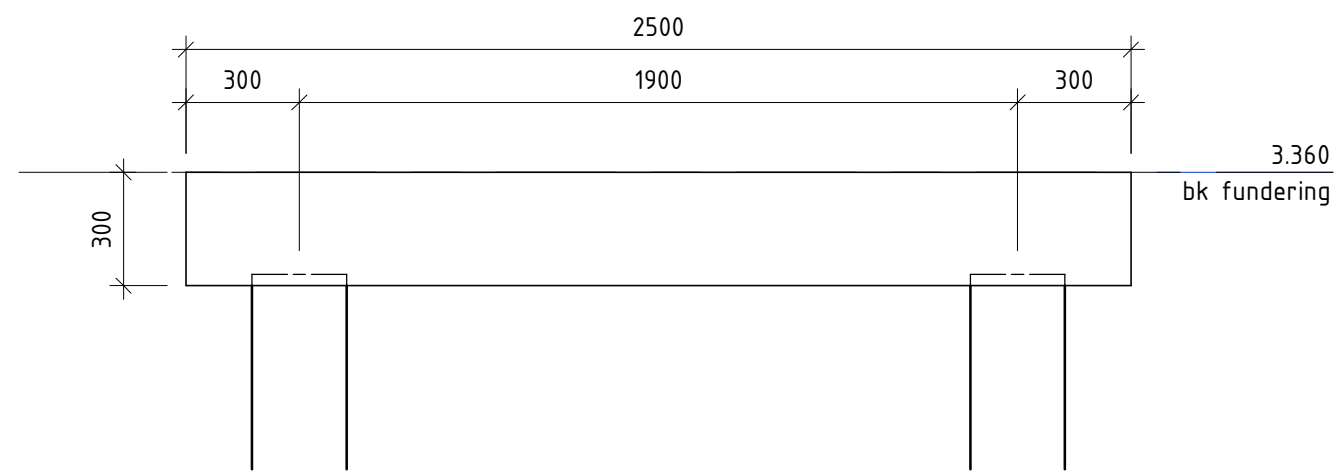
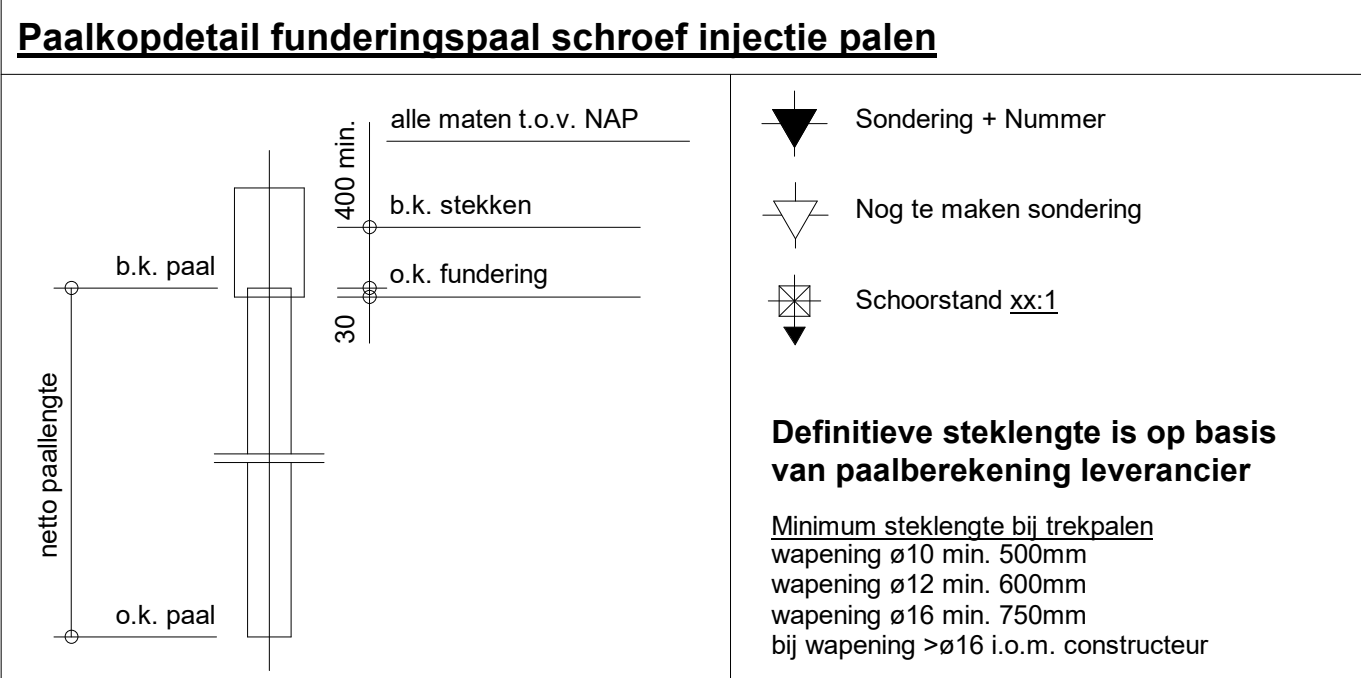


A.2. *Trafo, palenplan, fundering en wapening*

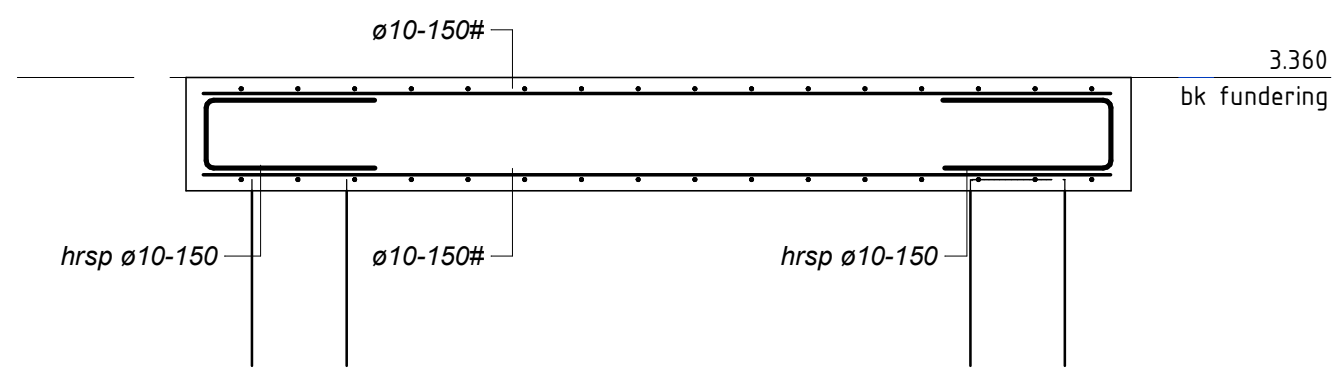


palenplan
SCHAAL 1 : 20

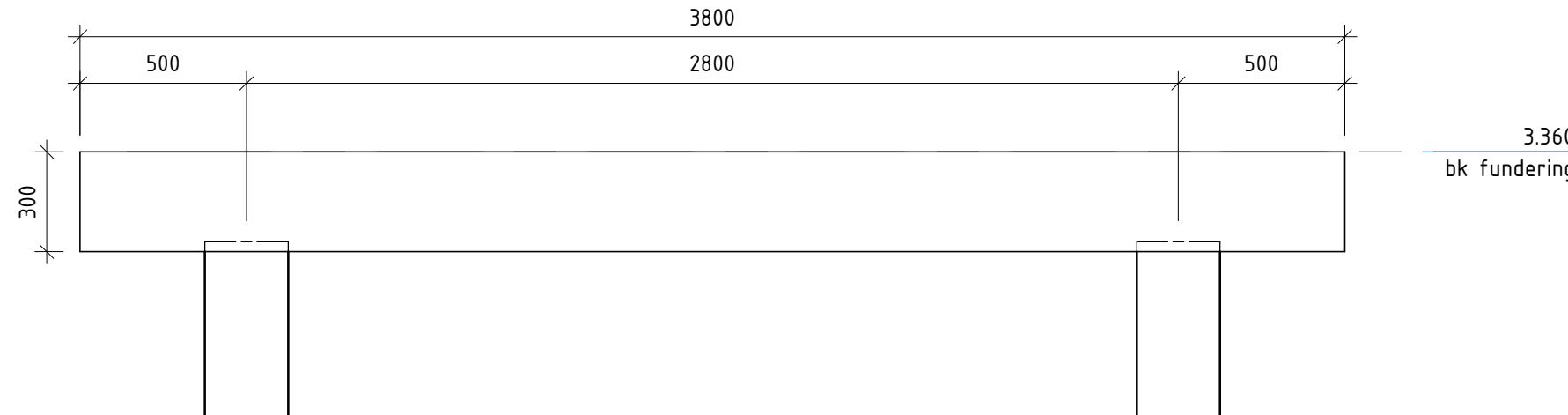
Schroefinjectiepaal								
Paalttype	Paalpuntniveau (mm) t.o.v. NAP	Paalkopniveau (mm) t.o.v. NAP	Netto Paallengte (mm)	Druk (kN)	Trek (kN)	Horizontaal (kN)	Moment (kNm)	Aantal
⊕ 01 - Ø89/250	-11500	3090	14590	95	0	0	0	4
Totaal: 4								



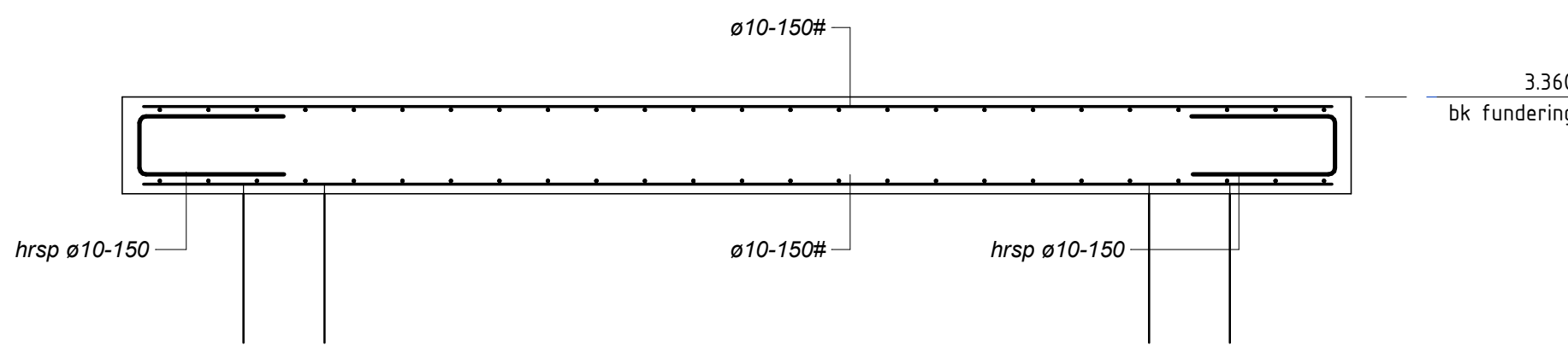
A
SCHAAL 1 : 20



A-W
SCHAAL 1 : 20



B
SCHAAL 1 : 20



B-W
SCHAAL 1 : 20

UITVOERINGSEISEN:

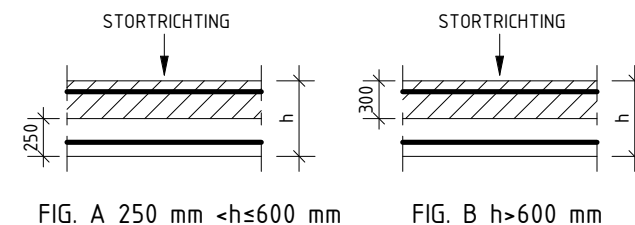
GEWAPEND BETON				BETONSTAAL			
BETONSTERKTEKLASSE	: C30/37	STAALKWALITEIT	: B500B	BETONDEKKING (c)	BOVEN- EN ZIJKANT	: 30 mm	
CEMENTSOORT	: -	MILIEUKLASSE(N)	: XC4	ONDERKANT	: 35 mm		
VELLINGKANTEN	: N.V.T.	LASSEN VERSPRINGEND AANBRENGEN CONFORM ART. 8.7		EN OVERLAPINGSFACTOR TOEPASSEN.			
(TENZIJ ANDERS VERMELD)				(CONFORM EUROCODE 2 NEN-EN 1992-1-1)			

BASIS LAS- EN VERANKERINGSLENGTE (TENZIJ ANDERS VERMELD)

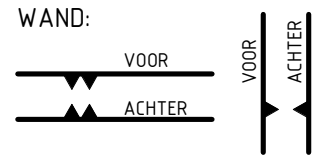
	Ø8	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32	Ø40
GOEDE AANHECHTINGSOMSTANDIGHEDEN	285	360	430	570	715	895	1145	1555
SLECHTE AANHECHTINGSOMSTANDIGHEDEN*	410	510	615	815	1020	1275	1635	2220

LAS- EN VERANKERINGSLENGTEN CONFORM BOVENSTAANDE TABEL, TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN.
OVERLAPPSLENGTEN OP TEKENING ZIJN INCLUSIEF VERMENIGVULDIGINGSFACTOR 1,5.
(*50% OVERLAPPINGEN IN DEZELFDE DOORSNEDEN)
WAARDEN IN BOVENSTAANDE TABEL DIENEN NOG VERMENIGVULDIGD TE WORDEN MET
VERMENIGVULDIGINGSFACTOR AFHANKELIJK VAN HET PERCENTAGE OVERLAPPING IN DEZELFDE DOORSNEDE.
OVERLAPPINGEN 1,0 (>25%), 1,15 (>33%), 1,4 (>50%), 1,5 (>50%)

LASLENGTE ALTIJD MINIMAAL 200 mm
* BIJ STAVEN IN GEARCEERD GEBIED
CONFORM FIGUUR A OF B



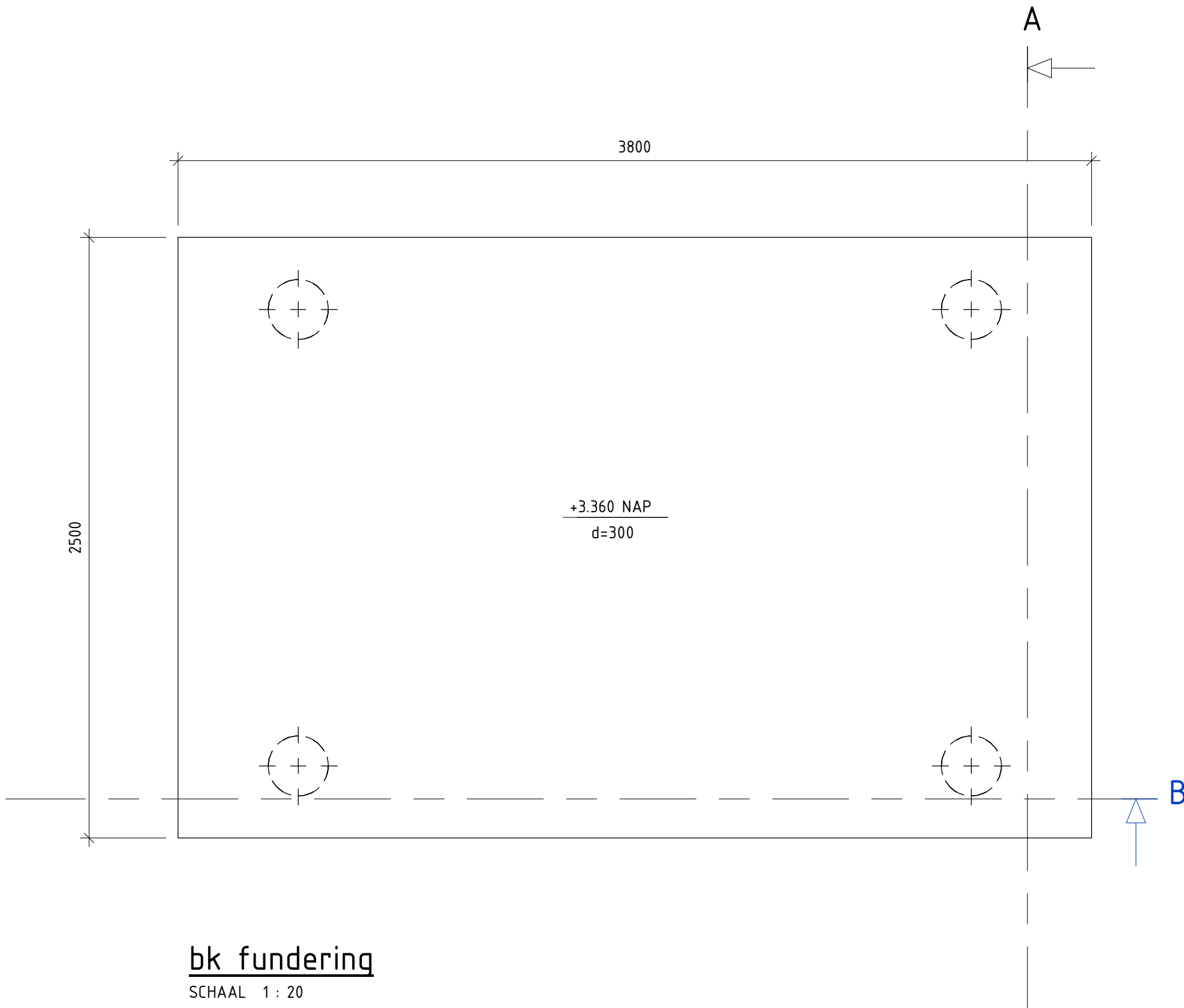
INTERPRETATIE WAPENING



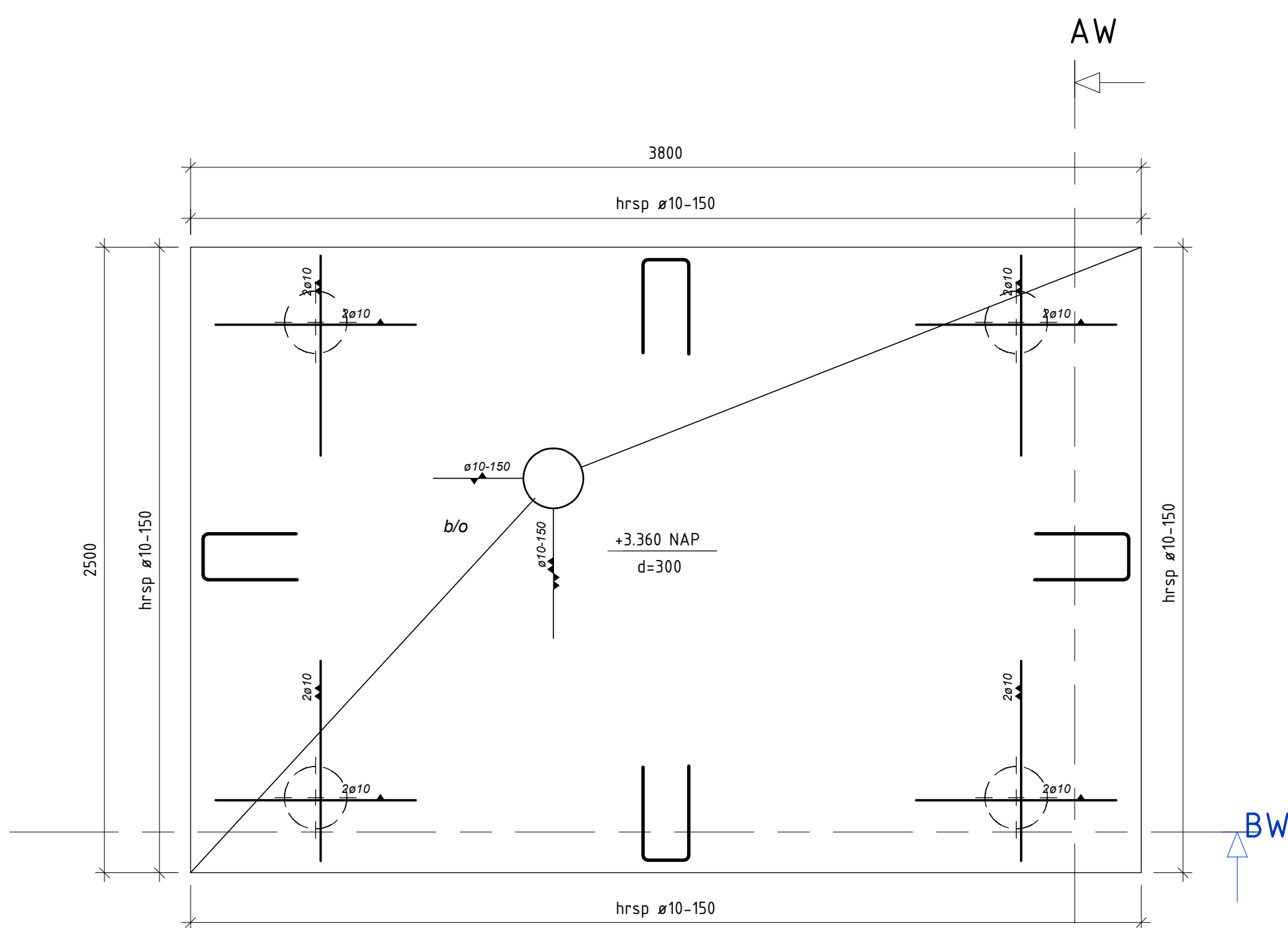
MINIMALE BUIGDOORDIAMETER
STAVEN ≤ Ø16: 4 Ø
STAVEN > Ø16: 5 Ø
MAXIMALE KORRELDIAMETER: 32 mm

OPMERKINGEN:

- Alle maten in millimeters (mm)
- Alle hoogtematen in meters (m) t.o.v. N.A.P.



bk fundering
SCHAAL 1 : 20



bk fundering wapening
SCHAAL 1 : 20

REV.	DATUM	OMSCHRIJVING REVISIE	GETEKEND	GECONTR.	GEZIEN
OPDR. GEVER		Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier			
PROJECT		Havendijk Den Helder Het Nieuwe Diep			
ONDERDEEL		Trafo Palenplan, fundering en wapening			
Uitvoering					
OMSCHR./VERSIE	PVI				
DATUM	21-07-2026	GECONTROLEERD	HNA		
GETEKEND	GvH	GEZIEN	ROA		
STATUS	DEFINITIEF	SCHAAL	1 : 20		
DEZE TEKENING IS EIGENDOM VAN IV-INFRA B.V. ZONDER SCHRIFTELIJKE TOESTEMMING VAN DE EIGENAAR MAG DEZE OP GEENLEIDELIJKE WIJZE WORDEN GECOPYEERD OF OPENBAAR GEMAKT.			FORMAAT	A1	
			PROJECTNR.	INFR24.1088	
			TEKENINGNR.	T7202	
			BLADNR.	1	



Iv-Infra b.v.
Trapezium 322
3364 DL Sliedrecht
P.O. Box 135
3360 AC Sliedrecht
Nederland
Telephone +31 88 943 3200
www.iv-infra.nl



B. Sonderingen



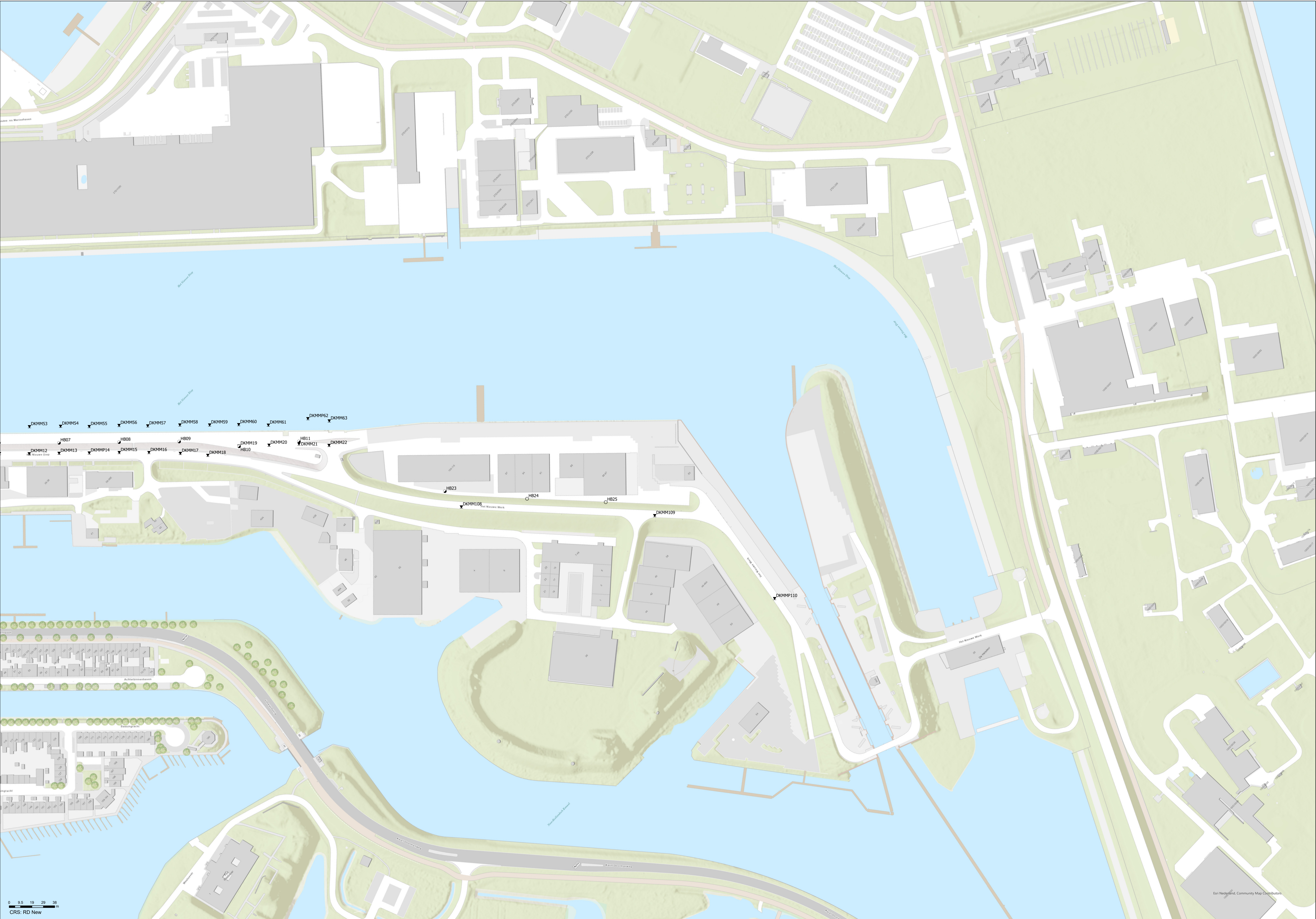
Havendijk Den Helder

Rapportage geotechnisch onderzoek

505074 | 13-05-2025

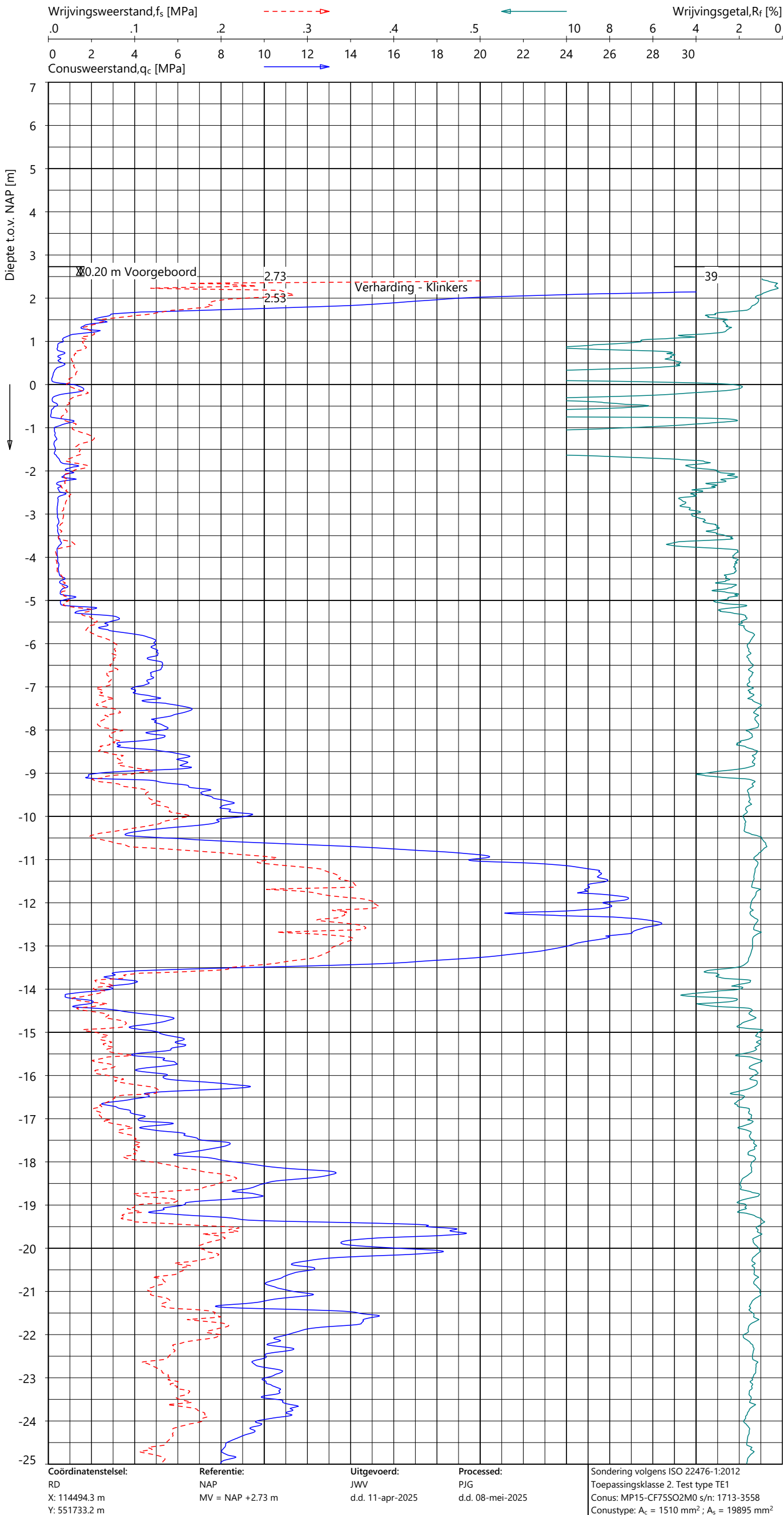
Definitief

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

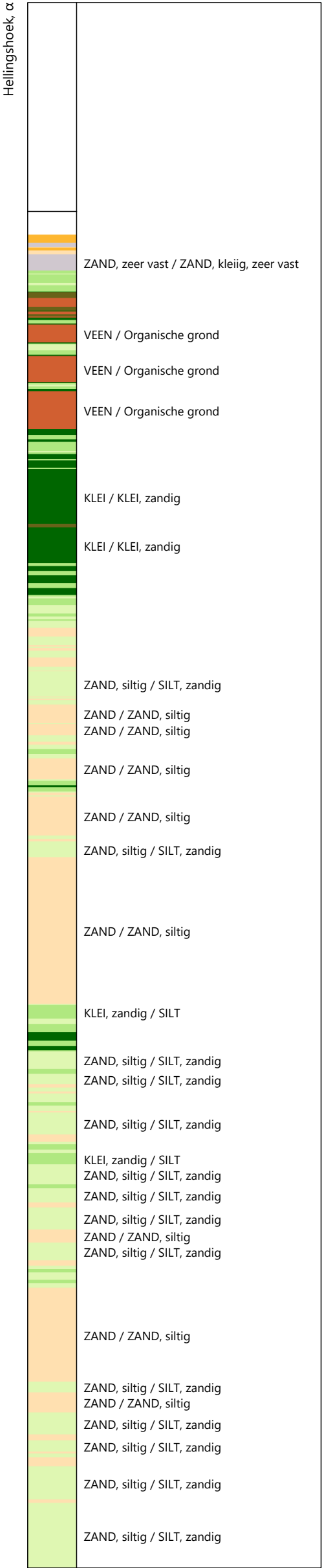


Legenda

- ▼ Sondering
- ⌵ Sondering niet uitgevoerd
- Mechanische boring
- ⌵ Handboring met peilbus
- Handboring
- Handboring niet uitgevoerd



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder het grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

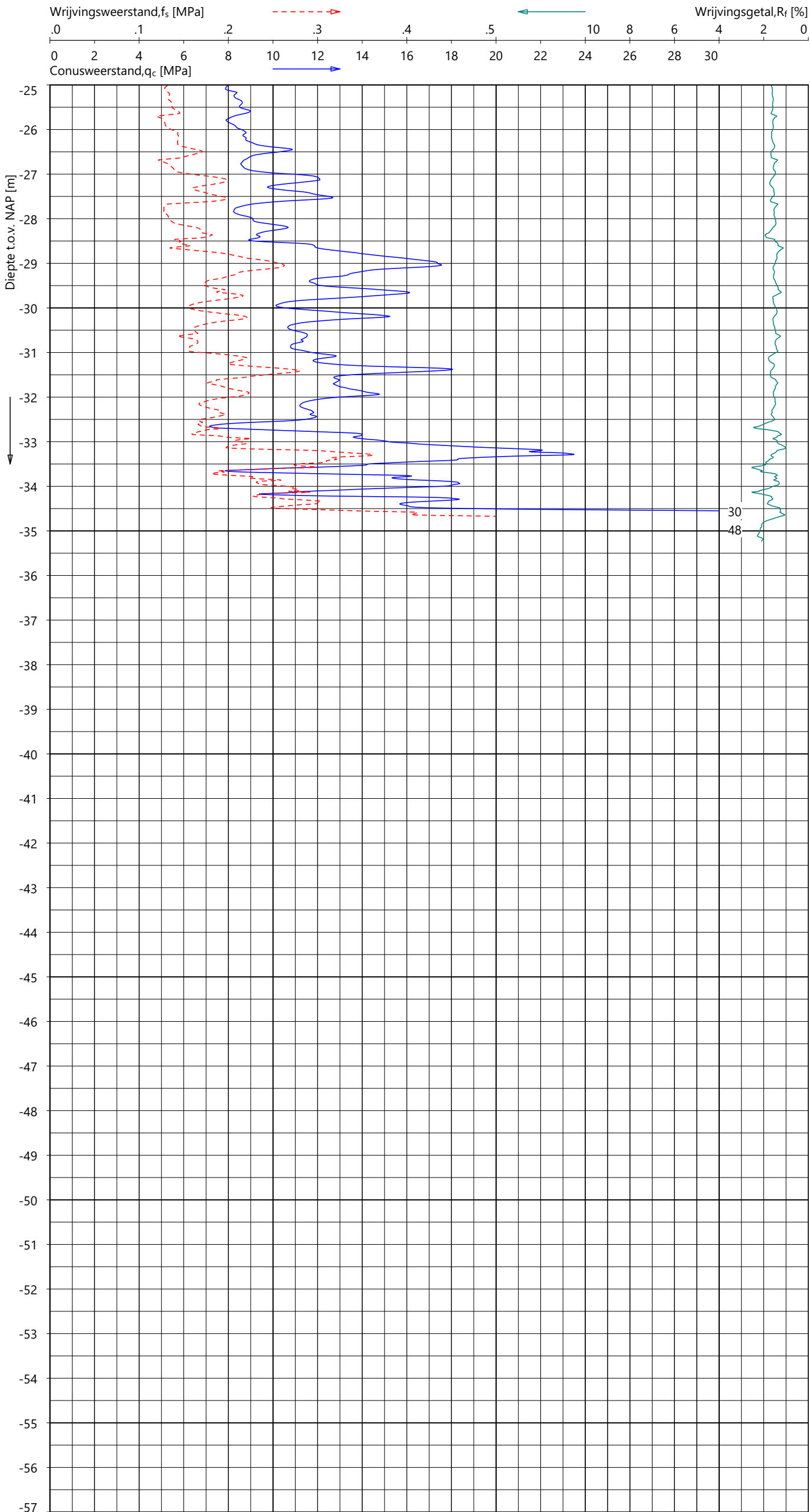


SONDERING MET PLAATSELIJK KLEEFMETING

HAVENDIJK DEN HELDER

Opdracht 505074
Sondering DKMM21





Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder het grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

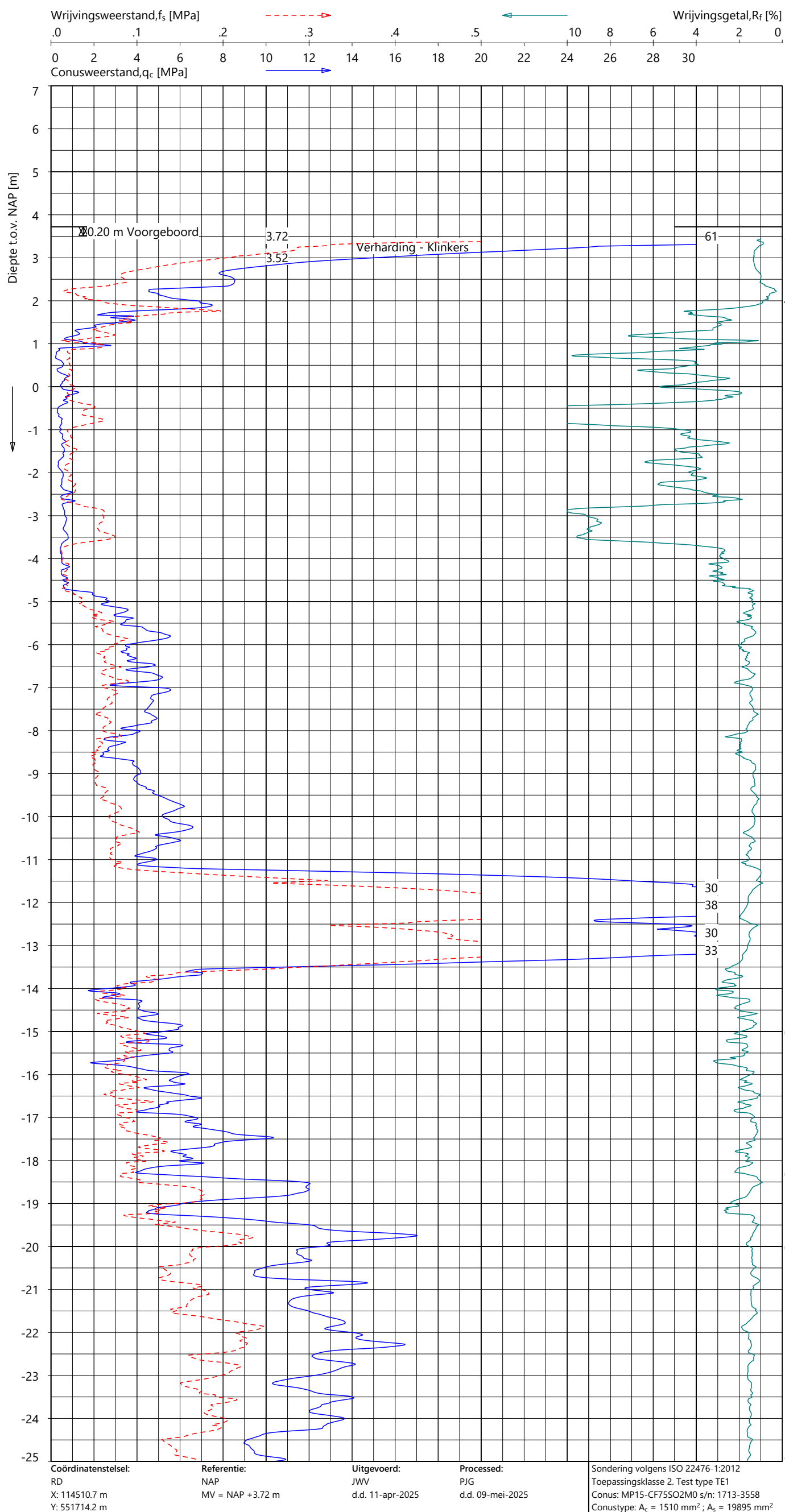
Coördinatenstelsel: RD X: 114494.3 m Y: 551733.2 m	Referentie: NAP MV = NAP +2.73 m	Uitgevoerd: JWV d.d. 11-apr-2025	Processed: PJG d.d. 08-mei-2025	Sondering volgens ISO 22476-1:2012 Toepassingsklasse 2. Test type TE1 Conus: MP15-CF75SO2M0 s/n: 1713-3558 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$
---	--	--	---------------------------------------	---

SONDERING MET PLAATSELIJK KLEEFMETING

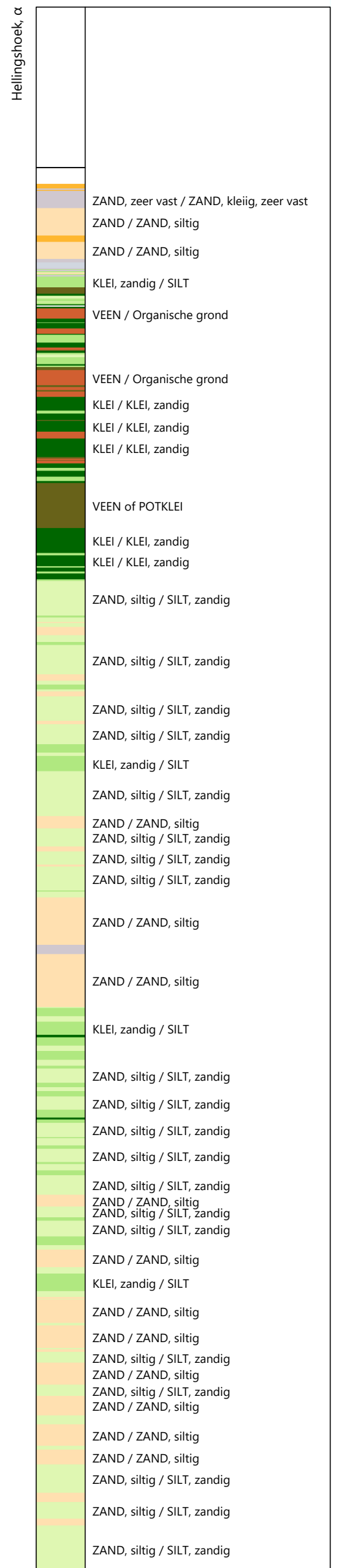
HAVENDIJK DEN HELDER

Opdracht 505074
Sondering DKMM21





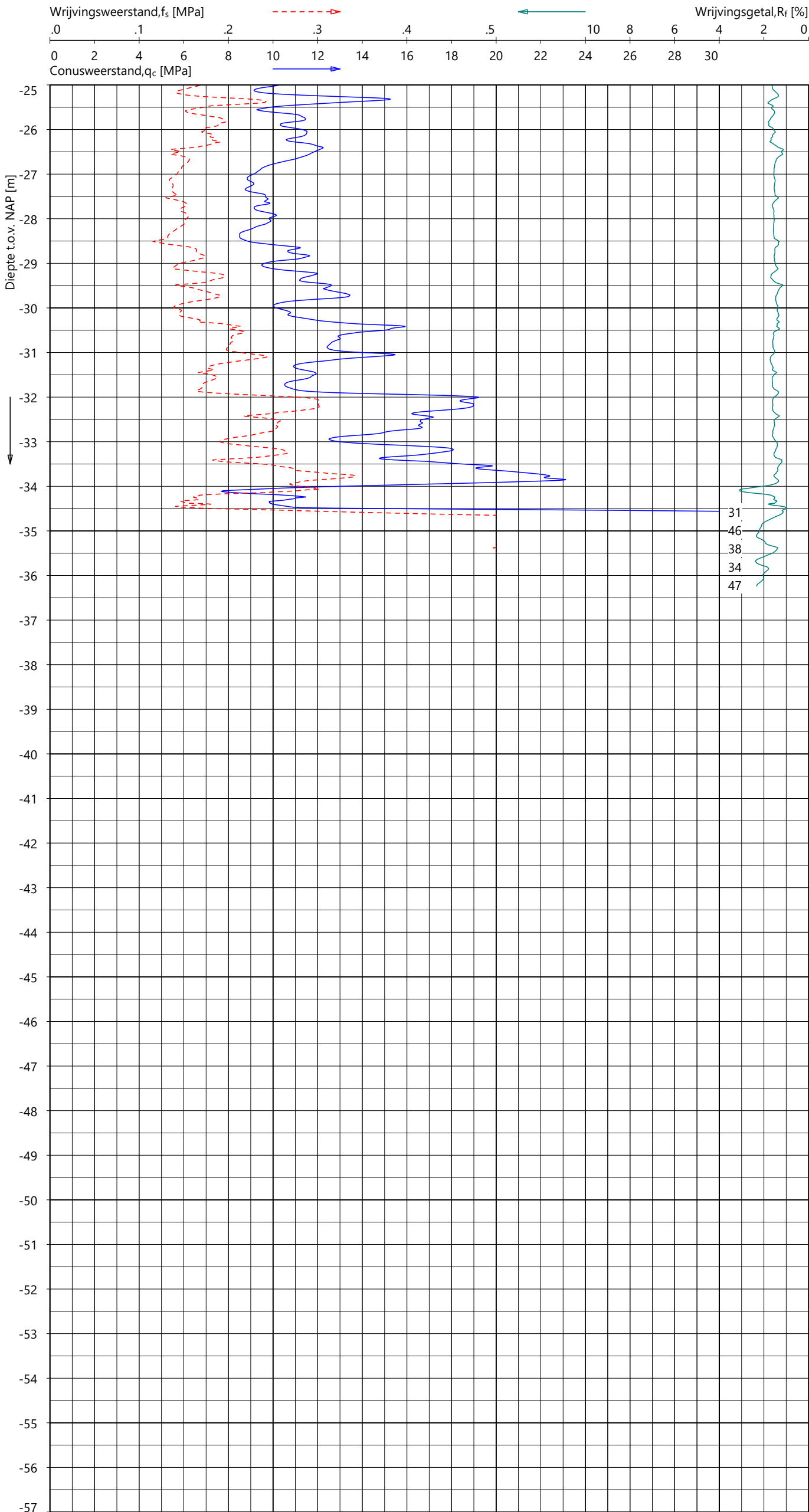
Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de
 sondering, geldig onder het grondwaterpeil
 (Robertson 1990, NL corr.)



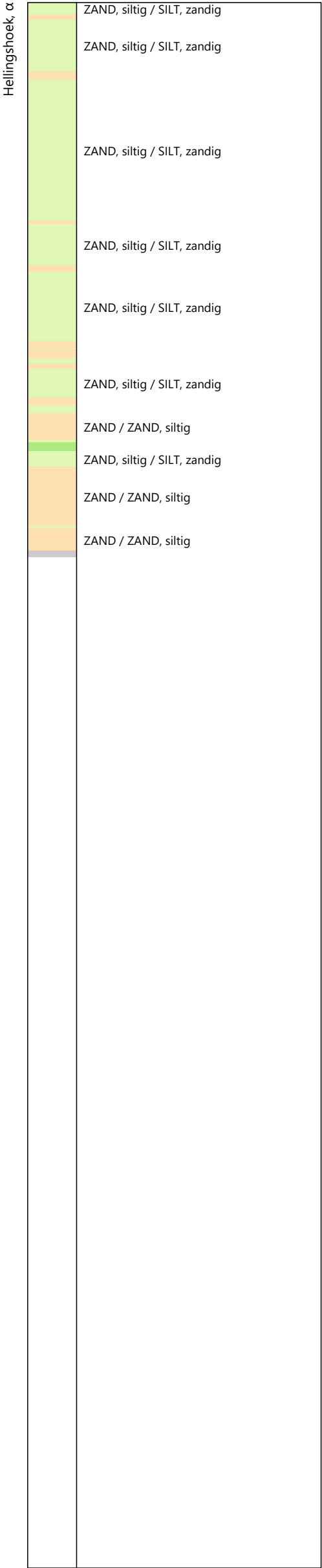
SONDERING MET PLAATSELIJK KLEEFMETING

HAVENDIJK DEN HELDER

Opdracht 505074
Sondering DKMM22



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder het grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Coördinatenstelsel: RD X: 114510.7 m Y: 551714.2 m	Referentie: NAP MV = NAP +3.72 m	Uitgevoerd: JWV d.d. 11-apr-2025	Processed: PJG d.d. 09-mei-2025	Sondering volgens ISO 22476-1:2012 Toepassingsklasse 2. Test type TE1 Conus: MP15-CF75SO2M0 s/n: 1713-3558 Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$
---	--	--	---------------------------------------	---

SONDERING MET PLAATSELIJK KLEEFMETING

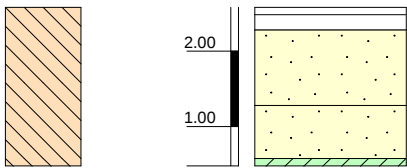
HAVENDIJK DEN HELDER

Opdracht 505074
Sondering DKMM22



Boring: HB11

Referentie (m tov NAP)



Veldidentificatie

Monsternr.,
vulling

Bodembeschrijving volgens NEN-EN-ISO 14688-1:2019 + NEN 8990:2020

2.58 tot 2.48 stenen (100%)
2.48 tot 2.28 wegverhardingsmateriaal (100%)
2.28 tot 1.28 Antropogeen ZAND, laaggrens afgeleid, lichtbruin, subrond, fijn
1.28 tot 0.58 Antropogeen ZAND, laaggrens afgeleid, lichtbruin, subrond, fijn
0.58 tot 0.48 Antropogeen KLEI, laaggrens afgeleid, grijs

Versie 2020-08

Algemene opmerking: 2x poging, Gestaakt, obstakel(s)

X: 114495.8

GWS (m tov NAP):

Y: 551734.7

GHG (m tov NAP):

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 2.58

bk PB1 (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

bk PB4 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

WS PB4 (m tov NAP):

Beschrijfkwaliteit: B2

Datum uitvoering: 24-04-2025

Boormeester: FKO

Geïdentificeerd door: FKO

BORING VOLGENS ISO22475d1v2021

Havendijk Den Helder

505074



C. Uitvoer D-Foundation

Report for D-Foundations 23.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Date of report: 12-6-2026
Time of report: 10:46:39
Report with version: 23.1.1.40340

Date of calculation: 12-6-2026
Time of calculation: 10:46:29
Calculated with version: 23.1.1.40340

File name: INFR241088 schroefinjectiepalen Trafohuis rev0.b

Project identification: INFRA241088 Schroefinjectiepalen Trafohuis
N-10
D-Foundations INFR241088 schroefinjectiepalen Trafohuis rev0.b

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Bearing Piles	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	4
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile DKMM21	4
2.6.2 Soil Profile DKMM22	5
2.7 Pile Types	6
2.7.1 Pile type : LostTip 250	6
2.8 Foundation Plan	7
2.8.1 View of Foundation Plan	7
2.9 Excavation Data	8
2.10 Overruled Parameters	8
2.11 Model Options	8
2.12 Model Options	9
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Preliminary Design, Indication Bearing Capacity	10
3.1 Errors and Warnings	10
3.2 Remarks	10
3.3 Calculation Parameters	10
3.3.1 Pile Factors	10
3.3.2 Pile type : LostTip 250	10
3.4 Results Bearing Forces for Pile type : LostTip 250	11
3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN	11

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model Bearing Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :

Design engineer superstructure :

Principal :

Title 1 : INFRA241088 Schroefinjectiepalen Trafohuis

Title 2 : N-10

Title 3 : D-Foundations INFR241088 schroefinjectiepalen Trafohuis rev0.b

Number of project : INFRA241088

Location of project :

2.3 Application Area Model Bearing Piles

The verifications performed by the model BEARING PILES of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause pressures in the piles. The calculations of pile forces and pile displacements are based on Cone Penetration Tests. Possible rise of (tension-)piles and horizontal displacements of piles and/or pile groups are not taken into account.

2.4 Superstructure

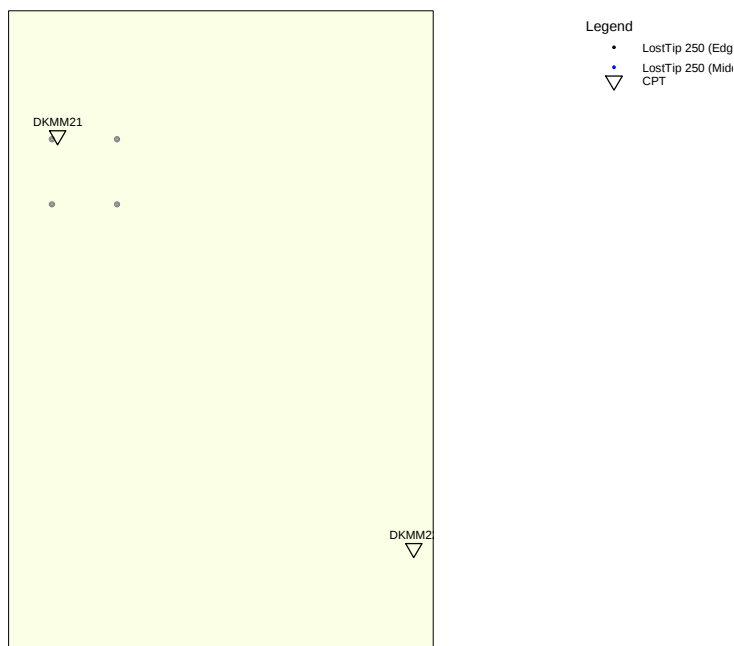
Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 2

Timing of CPT's : CPT - Excavation - Install

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



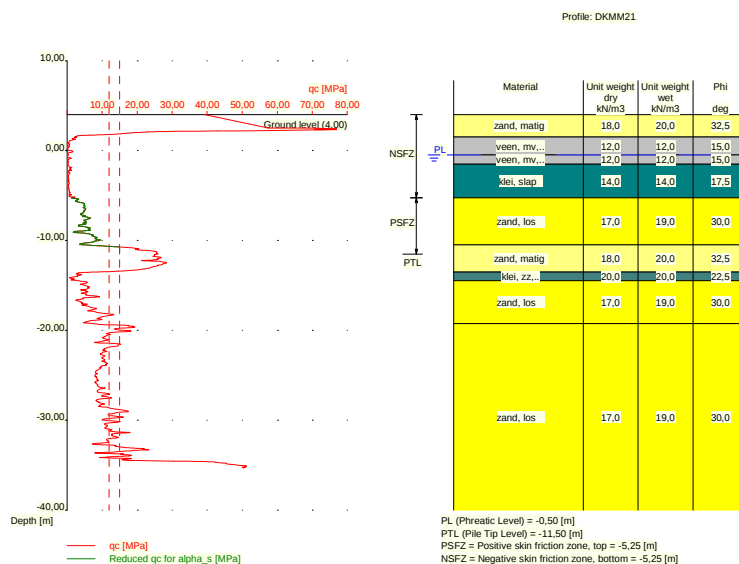
Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
DKMM21	-11,50	-5,25	-5,25	114494,26	551733,17
DKMM22	-11,50	-4,75	-4,75	114510,67	551714,15

2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 2

2.6.1 Soil Profile DKMM21

Belonging to CPT	DKMM21
Surface level in [m. reference level] :	4,00
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,50
Pile tip level in [m. reference level] :	-11,50
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-5,25
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-5,25
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	9



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma,sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	4,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	1,500	12,00	12,00	15,00	Peat	--
3	-0,500	12,00	12,00	15,00	Peat	--
4	-1,500	14,00	14,00	17,50	Clay	--
5	-5,250	17,00	19,00	30,00	Sand	0,200
6	-10,500	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
7	-13,500	20,00	20,00	22,50	Clay	--
8	-14,500	17,00	19,00	30,00	Sand	0,200
9	-19,250	17,00	19,00	30,00	Sand	0,200

2.6.2 Soil Profile DKMM22

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Pile tip level in [m. reference level] :

Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :

Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :

OCR-value foundation layer :

Expected groundlevel settlement in [m] :

Number of layers in profile :

DKMM22

4,00

-0,50

-11,50

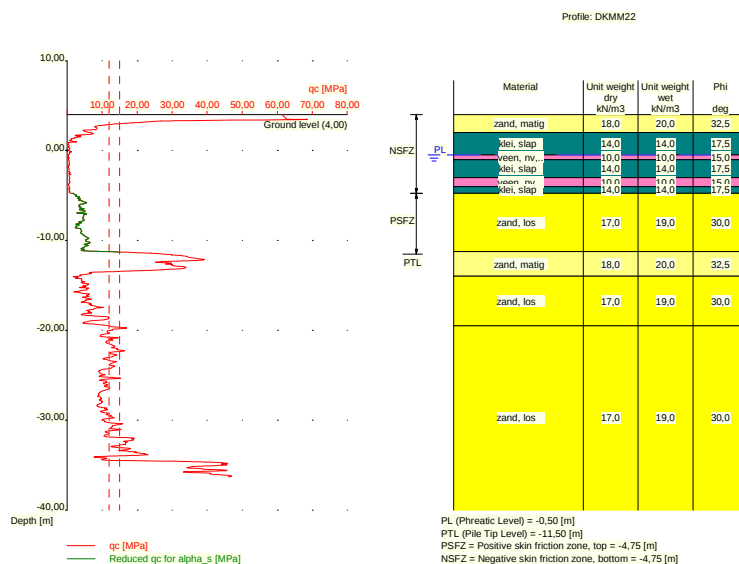
-4,75

-4,75

1,00

0,11

10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma,sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	4,000	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
2	2,000	14,00	14,00	17,50	Clay	--
3	-0,500	10,00	10,00	15,00	Peat	--
4	-1,000	14,00	14,00	17,50	Clay	--
5	-3,000	10,00	10,00	15,00	Peat	--
6	-4,000	14,00	14,00	17,50	Clay	--
7	-4,750	17,00	19,00	30,00	Sand	0,200
8	-11,250	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200
9	-14,000	17,00	19,00	30,00	Sand	0,200
10	-19,500	17,00	19,00	30,00	Sand	0,200

2.7 Pile Types

2.7.1 Pile type : LostTip 250

Pile type :

User defined (vibrating)

Note: This user defined pile type is considered not to be of a in place formed type.

Hence the characteristic value of the friction angle at the pile shaft (δ) will be taken as $0.75 \cdot \phi$.

Pile type for determination of execution factor α_s in sand/gravel:

Screw pile, cast in place, lost tip

Pile type for determination of execution factor α_s in clay/loam/peat:

User defined

alpha_s clay/loam/peat : 0,0000
 Evidence to support chosen alpha_s should be provided.

Pile type for determination of pile class factor alpha_p :
 Screw pile, cast in place, lost tip

Pile type for use in load/settlement curves : 1
 Materialtype for pile : Concrete
 Slip layer : None
 Pile shape : Round pile with lost tip

beta (Shape factor) according to figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017.

Note: when trying to determine the proper value for beta (pile tip, shape factor), Deq (diameter pile tip) / deq (diameter pile shaft) proved to be larger than 3. This is beyond the range of figure 7.i in NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3(g), and therefore beta is calculated with $Deq/deq = 3$. Whether this value is correct, should be determined by the user itself. To change the value of beta, use the calculation options, overruled parameters.

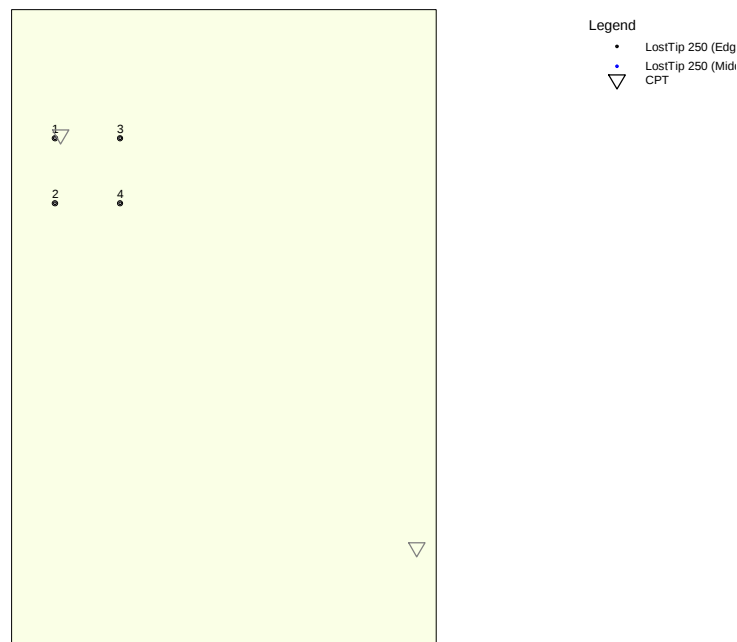
s (factor for influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1+C2:2017.

Pile dimensions :
 Diameter at tip [m] : 0,250
 Diameter shaft [m] : 0,140
 Effective height enlarged base [m] : 0,000

2.8 Foundation Plan

Number of piles : 4
 Number of collaborating piles* : 1
 * : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

2.8.1 View of Foundation Plan



Pile nr/name	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]	Fc;d (EQU/STR/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	114494,00	551733,00	95,00	73,00	0,00	3,72
2: 2	114494,00	551730,00	95,00	73,00	0,00	3,72
3: 3	114497,00	551733,00	95,00	73,00	0,00	3,72
4: 4	114497,00	551730,00	95,00	73,00	0,00	3,72

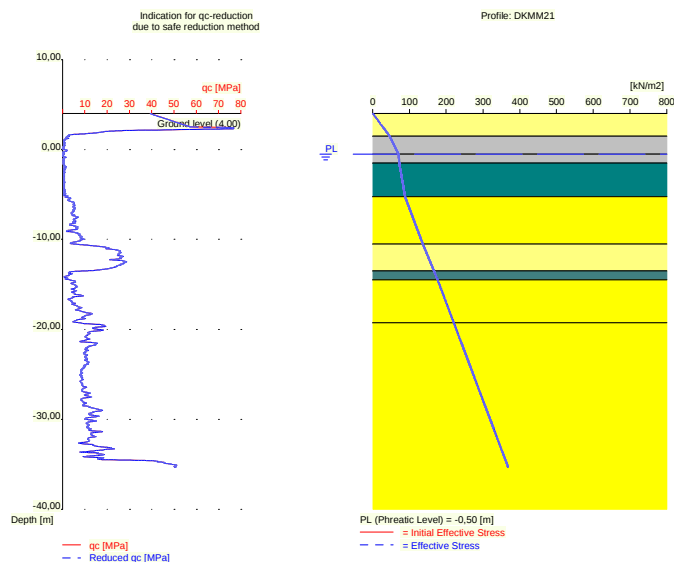
2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] :

40,00

Reduction model :

Safe (NEN)



2.10 Overruled Parameters

User defined Factor ξ_3 [-] :

1,39

User defined Factor ξ_4 [-] :

1,39

User defined $\gamma_{f,nk}$ [-] :

1,00

2.11 Model Options

Use pilegroup for negative skin friction (standard)

Create intermediate results file

Use reduction for continuous flight auger piles (standard)

Suppress the influence of excavations.

2.12 Model Options

Selected pile types :
-LostTip 250

Selected profiles :
-DKMM21
-DKMM22

Trajectory
-begin [m] : -10,00
-end [m] : -12,00
-interval [m] : 0,25

3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Preliminary Design, Indication Bearing Capacity

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor ξ_3 (NEN 9997-1+C2:2017) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

Warning : The factor ξ_4 (NEN 9997-1+C2:2017) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

Warning : The factor $\gamma_{f,nk}$ (NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.3.2.2) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

Soil profile DKMM21

Warning : The lowest pile head level lies below the surface level. The maximum value for the top of the friction zones is therefor reset to 3,72 m relative to reference level.

Soil profile DKMM22

Warning : The lowest pile head level lies below the surface level. The maximum value for the top of the friction zones is therefor reset to 3,72 m relative to reference level.

3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN 9997-1+C2:2017 art. 3.2.3 section (e), the program uses the provided CPT test level. It does NOT take into account possible different pile tip levels. When different pile tip levels are used in this calculation, the user itself must check for possibly required additional survey and testing of soil.

Note : The calculations performed are based on a single pile for limit state EQU/STR/GEO (= ultimate limit state). Due to the nature of preliminary design, a single pile is always assumed. A possible pileplan is disregarded when using the preliminary design option. Hence a non rigid superstructure is assumed and pile group effects are not considered.

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

$\gamma_{b,b}$ (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) :	1,20
$\gamma_{b,b}$ (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
$\gamma_{s,s}$ (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) :	1,20
$\gamma_{s,s}$ (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
ξ_3 (user defined) :	1,39
ξ_4 (user defined) :	1,39

Note: The excavation(s) is not taken into account in the calculation!

3.3.2 Pile type : LostTip 250

Pile type : User defined (vibrating)

Note: This user defined pile type is considered not to be of a in place formed type.

Hence the characteristic value of the friction angle at the pile shaft (δ) will be taken as $0.75 \cdot \phi$.

Pile type for determination of execution factor α_s in sand/gravel:

Screw pile, cast in place, lost tip

Pile type for determination of execution factor α_s in clay/loam/peat:

User defined

alpha_s clay/loam/peat : 0,0000
Evidence to support chosen alpha_s should be provided.

Pile type for determination of pile class factor alpha_p :
Screw pile, cast in place, lost tip

Pile type for use in load/settlement curves : 1
Material type for pile : Concrete
Slip layer : None
Pile shape : Round pile with lost tip

beta (Shape factor: figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3(g) : Pile tip) :

0,60

Note: when trying to determine the proper value for beta (pile tip, shape factor), Deq (diameter pile tip) / d (diameter pile shaft) proved to be larger than 3. This is beyond the range of figure 7.i in NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3(g), and therefore beta is calculated with $Deq/d = 3$. Whether this value is correct, should be determined by the user itself. To change the value of beta, use the calculation options, overruled parameters.

s (NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3(h) : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) : 1,00

Pile dimensions :

Diameter at tip [m] : 0,250
Diameter shaft [m] : 0,140
Effective height enlarged base [m] : 0,000

Number/Name CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1:DKMM21	0,0090	--	0,6300
2:DKMM22	0,0090	--	0,6300

3.4 Results Bearing Forces for Pile type : LostTip 250

Number/Name CPT	Level [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;k [kN]	Fnsf;d [kN]	Rc;net;d [kN]
1:DKMM21	-10.00	68	96	164	98	59	59	39
1:DKMM21	-10.25	62	104	166	100	59	59	41
1:DKMM21	-10.50	111	108	219	131	59	59	72
1:DKMM21	-10.75	210	119	329	197	59	59	138
1:DKMM21	-11.00	263	134	397	238	59	59	179
1:DKMM21	-11.25	295	148	443	266	59	59	207
1:DKMM21	-11.50	315	163	478	287	59	59	228
1:DKMM21	-11.75	335	178	513	308	59	59	249
1:DKMM21	-12.00	353	193	546	327	59	59	268
2:DKMM22	-10.00	74	84	158	95	54	54	41
2:DKMM22	-10.25	75	90	165	99	54	54	45
2:DKMM22	-10.50	76	96	172	103	54	54	49
2:DKMM22	-10.75	75	101	176	106	54	54	52
2:DKMM22	-11.00	77	105	182	109	54	54	55
2:DKMM22	-11.25	213	111	324	194	54	54	140
2:DKMM22	-11.50	328	125	453	272	54	54	218
2:DKMM22	-11.75	355	140	495	297	54	54	243
2:DKMM22	-12.00	377	155	532	319	54	54	265

* $R_{c;net;d} = R_{c;d} - F_{nsf;d}$

3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN

Number/Name CPT	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	LostTip 250 Rc;net;d [kN]
1:DKMM21	4,00	-10,00	39,00
1:DKMM21	4,00	-10,25	41,00
1:DKMM21	4,00	-10,50	72,00
1:DKMM21	4,00	-10,75	138,00
1:DKMM21	4,00	-11,00	179,00
1:DKMM21	4,00	-11,25	207,00
1:DKMM21	4,00	-11,50	228,00
1:DKMM21	4,00	-11,75	249,00
1:DKMM21	4,00	-12,00	268,00
2:DKMM22	4,00	-10,00	41,00
2:DKMM22	4,00	-10,25	45,00
2:DKMM22	4,00	-10,50	49,00
2:DKMM22	4,00	-10,75	52,00
2:DKMM22	4,00	-11,00	55,00
2:DKMM22	4,00	-11,25	140,00
2:DKMM22	4,00	-11,50	218,00
2:DKMM22	4,00	-11,75	243,00
2:DKMM22	4,00	-12,00	265,00

End of Report



D. Wapeningsberekening

1 ONTWERPUITGANGSPUNTEN

1.1 Referenties

Ref.	Document-/tekeningkenmerk	Omschrijving	Rev.	Datum
[1]	E1200	Energievoorziening HNW-HND techniekgebouw HNW	3.0	12-08-2019

1.2 Ontwerp funderingsplaat

De funderingsplaat is 2,5 m x 3,8 m en heeft een dikte van 300 mm. Er wordt gebruikgemaakt van betonkwaliteit C30/37. De funderingsplaat wordt ondersteund door 4 schroefinjectiepalen.

1.2.1 Algemeen

Het veiligheidsniveau is bepaald op basis van de vigerende normering NEN-EN 1990, NEN-EN 1991-1-7.

Tabel 1.1 Ontwerpuitgangspunten m.b.t. veiligheid

Uitgangspunten veiligheid	
Bouwwerkfase	Nieuwbouw
Gevolklasse	CC2a (Industriële gebouwen van maximaal 3 bouwlagen.)
Ontwerplevensduurklasse	3 (ontwerplevensduur: 50 jaar)
Restlevensduur	n.v.t.
Referentieperiode voor de belastingen	50 jaar

1.2.2 Belastingfactoren

Voor nieuwe constructie-onderdelen gelden de volgende combinaties volgens NB.4-A1.2(B) van NEN-EN 1990:

Tabel 1.2 Belastingfactoren conform NEN-EN 1990/NB tabel NB.4 - A1.2(B)

Gevolg-klasse	Belasting-combinatie	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
		Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste	Andere
CC2	(Vgl. 6.10a)	1,35 ^a	0,9		1,5 Ψ_0	1,5 Ψ_0
	(Vgl. 6.10b)	1,20 ^b	0,9	1,5		1,5 Ψ_0

^a Bij vloeistofdrukken met een fysiek beperkte waarde mag zijn volstaan met 1,2

^b Deze waarde is berekend met $\xi = 0,89$

1.2.3 Ψ -factoren

In dit project zijn de volgende momentaanfactoren aangehouden per gebruiksklasse conform NEN-EN 1991-1-1 en NEN-EN 1991-3:

Tabel 1.3 Ψ -factoren voor gebouwen

Klasse	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Klasse E(2): industriefunctie	1,0	0,9	0,8
Klasse H: Daken (niet toegankelijk)	0,0	0,0	0,0
Windbelasting op gebouwen	0,0	0,2	0,0
Sneeuw	0,0	0,2	0,0
Temperatuur	0,0	0,5	0,0

1.3 Materialen

1.3.1 Beton

In de tabel hieronder zijn de waarden die gebaseerd zijn op de betonkwaliteiten verwerkt.

Tabel 1.4 eigenschappen beton

Sterkteklasse	f_{ck} N/mm ²	$f_{ck;cube}$ N/mm ²	f_{cd} N/mm ²	f_{ctm} N/mm ²	f_{ctd} N/mm ²	E_{cm} kN/mm ²	$E_{cm,gescheurd}$ kN/mm ²
C30/37	30	37	20	2,9	1,35	33	11

1.3.2 Betonstaal

Materiaalkwaliteit betonstaal:

- Betonstaal : B500B;
- Betonstaal (netten) : B500A.

In onderstaande tabel staan de materiaaleigenschappen van het betonstaal.

Tabel 1.5 Betonstaalkwaliteit

Sterkteklasse	f_{yk} N/mm ²	f_{yd} N/mm ²	E_{uk} %	E_s kN/mm ²
Staven klasse A/ B	500	435	5,0	200

1.4 Milieuklassen

De toegepaste milieuklassen per element zijn in Tabel 1.6 weergegeven.

Tabel 1.6 Toegepaste milieuklassen

Onderdeel	Milieuklasse(n)	Dekking(mm)	Sterkteklasse
Funderingsplaat – boven en zijde	XC4	30	C30/37
-onder	XC4	35	C30/37

1.5 Belastinggevallen

1.5.1 Permanente belastingen

(BG1) Eigengewicht

Funderingsvloer (beton) : Het gewicht wordt gegenereerd door het rekenprogramma.

(BG2) Permanente belasting

Trafohuis gebouw : 130 kN;
: $130 \text{ kN} / (3,8 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}) = 13,68 \text{ kN/m}^2$.

1.5.2 Variabele belastingen

(BG2) Vloer

Variabele belasting : $5,0 \text{ kN/m}^2$.

(BG5) Sneeuw

De sneeuwbelasting kan worden bepaald met onderstaande formule:

$$S = \mu_i \times C_e \times C_t \times S_k$$

Voor platte daken geldt $\mu_i = 0,8$.

Sneeuwbelasting : $0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$.

1.6 Vervorming

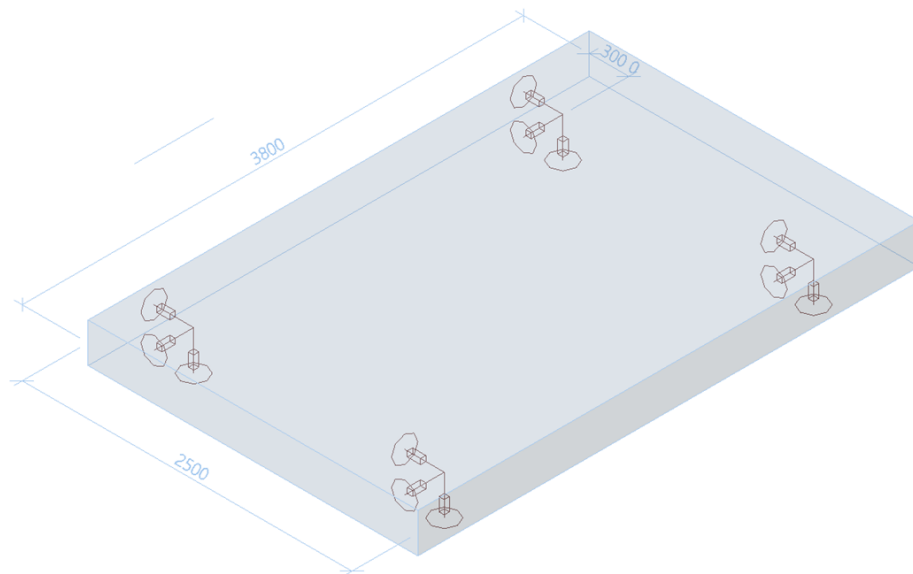
Hieronder is een overzicht gegeven van relevante maximaal toelaatbare verticale vervormingen:

- Bijkomende vervorming : $u_{bij} \leq 0,003 \times L_{rep} = 0,003 \times 2800 = 8,4 \text{ mm}$;
- Totale vervorming : $u_{tot} \leq 0,004 \times L_{rep} = 0,004 \times 2800 = 11,2 \text{ mm}$.

2 BEREKENING

2.1 Rekenmodel

In het rekenmodel van de funderingsplaat is de plaat gemodelleerd als betonnen 2D-element



Figuur 2.1 Rekenmodel Trafohuis plaat

2.2 Paalveerstijfheden

Hieronder zijn de toegepaste verticale en de horizontale veerstijfheden van de funderingspalen weergegeven. Voor de horizontale veerstijfheid van de palen is een veerwaarde van $(1/15 \cdot \text{verticale veerstijfheid})$ aangehouden.

Tabel 2.1 Toegepaste veerstijfheden voor funderingspalen

Richting	Veerstijfheid kN/mm
Verticaal ($k_{u,z}$)	30000
Horizontaal ($k_{u,y}$ en y)	2000

2.3 Berekeningsresultaten

De resultaten van de berekeningen zijn te vinden in Bijlage I.

2.3.1 Controle paalreacties

De maximale paalbelasting uit bijlage I bedraagt 85,7 kN. Deze waarde is terug te vinden in paragraaf 5.2 van bijlage I. $F_{c,d} = 85,7 \text{ kN} < R_{net,d} = 95 \text{ kN}$ (UC=0,9).

2.3.2 Interne krachten beton

Tabel 2.2 en Tabel 2.3 tonen maximale momenten en normaalkrachten voor de funderingsplaat.

Tabel 2.2 Maximale interne krachten betonelementen (UGT).

Element Dikte mm	Max. moment boven (m_{xD+}) kNm/m	Max. moment boven (m_{yD+}) kNm/m	Max. moment onder (m_{xD-}) kNm/m	Moment onder (m_{yD-}) kNm/m	Max. normaalkracht x-richting (n_{xD}) kN/m	Max. normaalkracht y-richting (n_{yD}) kN/m	Bijlage I paragraaf
300	9,7	10,3	17,4	34,0	0	0	5.1.1.1

Tabel 2.3 Maximale interne krachten betonelementen (BGT).

Element Dikte mm	Max. moment boven (m_{xD+}) kNm/m	Max. moment boven (m_{yD+}) kNm/m	Max. moment onder (m_{xD-}) kNm/m	Moment onder (m_{yD-}) kNm/m	Max. normaalkracht x-richting (n_{xD}) kN/m	Max. normaalkracht y-richting (n_{yD}) kN/m	Bijlage I paragraaf
300	7,2	7,7	12,9	25,2	0	0	5.1.1.2

De maximale dwarskrachten in de plaat bedragen 56,9 kN/m in x-richting en 71,4 kN/m in y-richting.

2.3.3 Doorbuiging

Bijkomende vervorming: 0,3 mm < 8,4 mm;

Totale vervorming: 1,2 mm < 11,2 mm.

3 BEREKENING WAPENING

3.1 Berekening vloerwapening

De vloerwapening is bepaald met Excel sheet en de berekening is toegevoegd in bijlage II. De resultaten van de berekening zijn in de volgende tabellen weergegeven.

Tabel 4 funderingsplaat wapenings

Gekozen wapening			Doorsnedetoetsing						Berekening Bijlage II
Snede	Basis- wapening	Bijleg- wapening	UGT			BGT			
			M _{Ed}	M _{Rd}	U.C.	w _k	k _s w _{max}	U.C.	
Bovenwapening - 1e laag									
-	Ø10-150	-	10,3	60,1	0,17	0,043	0,240	0,18	Bijlage II
Bovenwapening - 2e laag									
-	Ø10-150	-	9,7	57,9	0,17	0,042	0,240	0,18	Bijlage II
Onderwapening - 1e laag									
-	Ø10-150	-	34,0	58,4	0,58	0,146	0,233	0,63	Bijlage II
Onderwapening - 2e laag									
-	Ø10-150	-	17,4	56,5	0,31	0,077	0,240	0,33	Bijlage II

3.2 Toetsing pons

Uit de ponsberekening blijkt dat er geen aparte ponswapening nodig is. Zie bijlage III Voor de toetsing.

4 BIJLAGEN

I. SCIA-berekening



1. Table of contents

1. Table of contents	1
2. Project	2
3. Rekenmodel	3
3.1. 3D rekenmodel	3
3.2. Bovenaanzicht fundering	4
3.3. Layers	4
3.4. Materials	4
3.5. Cross-sections	4
3.6. Knopen	5
3.6.1. Knopen	5
3.7. 2D-elementen	6
3.7.1. 2D-elementen	6
3.7.2. 2D members	7
3.7.3. Mesh setup	7
3.8. Ondersteuningen	8
3.8.1. Ondersteuningen	8
4. Belastingen en combinaties	9
4.1. Load cases	9
4.1.1. Load cases - BG1	9
4.1.2. Load cases - BG2	10
4.1.3. Load cases - BG3	12
4.1.4. Load cases - BG4	14
4.2. Combinations	16
4.3. Result classes	16
5. Resultaten	17
5.1. Betonconstructie	17
5.1.1. Funderingsplaat	17
5.1.1.1. UGT	17
5.1.1.1.1. Interne 2D-krachten	17
5.1.1.2. BGT	27
5.1.1.2.1. Interne 2D-krachten	27
5.1.1.2.2. 2D-vervormingen	34
5.2. Paalreacties	36



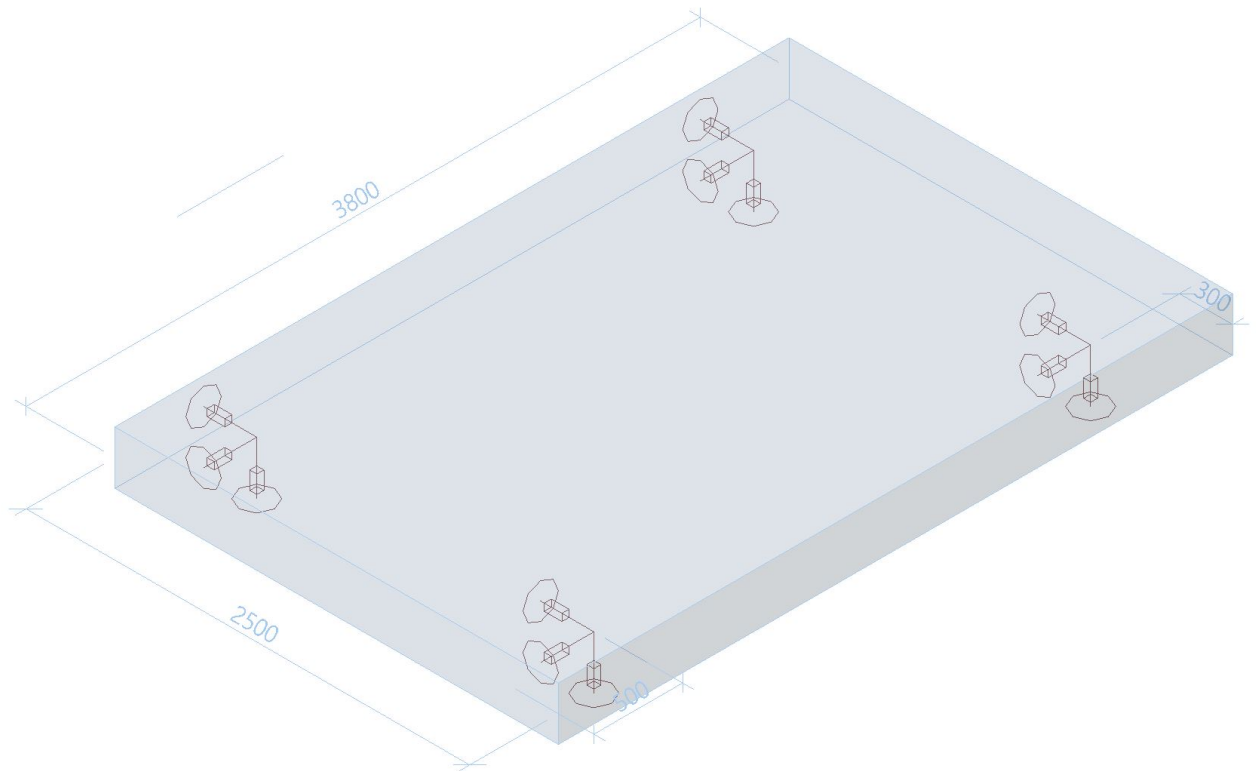
2. Project

Licence user	h.nasser@iv.nl	
Project	INFR250732 HHNK	
Part	Trafohuis funderingsplaat	
Author	HNA	
Date	05-06-2026	
Structure	General XYZ	
No. of nodes :		8
No. of beams :		0
No. of slabs :		1
No. of solids :		0
No. of used profiles :		0
No. of load cases :		4
No. of used materials :		5
Acceleration of gravity [m/s ²]		10,000
National code	EC - EN	



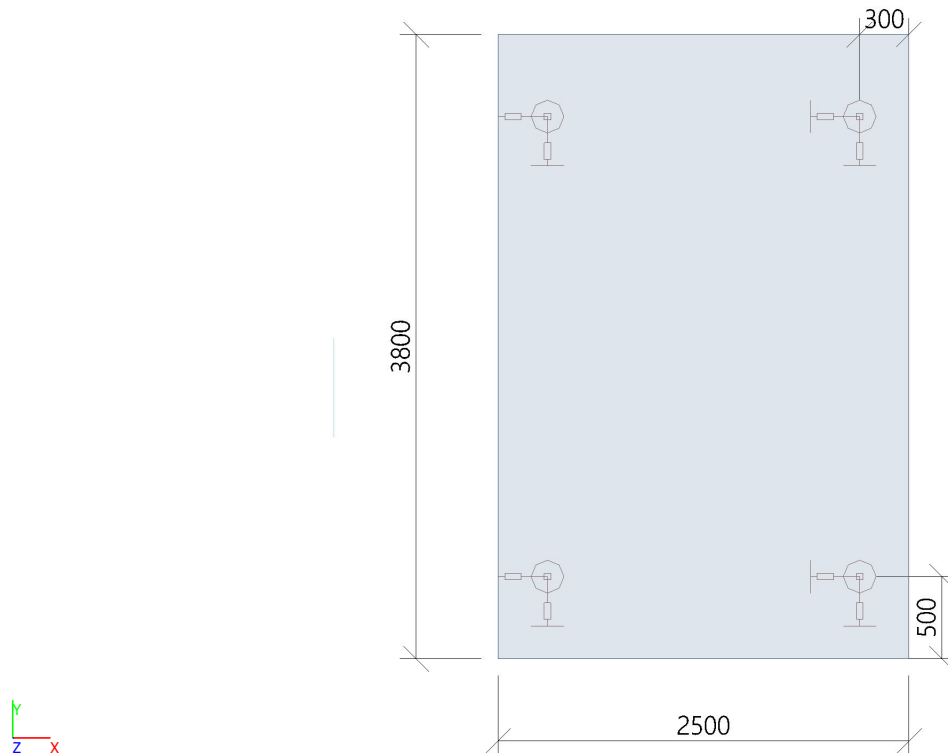
3. Rekenmodel

3.1. 3D rekenmodel





3.2. Bovenaanzicht fundering



3.3. Layers

Name	Structural model only	Colour
Funderingsplaat	*	

3.4. Materials

Name	Type	ρ [kg/m ³]	Density in fresh state [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	μ	α [m/mK]	$f_{c,k,28}$ [MPa]	Colour
C30/37	Concrete	2500,00	2600,00	3,2800e+04	0.2	0,01e-003	30,00	
Geopolymeerbeton $\approx$ C35/45 (gescheurd)	Concrete	2500,00	2600,00	1,0500e+04	0.2	0,01e-003	33,00	
GPB_H-UKR 320+60 C30_gescheurd	Concrete	2500,00	2600,00	1,0667e+04	0.2	0,01e-003	30,00	
C30/37_gescheurd	Concrete	2500,00	2600,00	1,1000e+04	0.2	0,01e-003	30,00	

Explanations of symbols

Density in fresh state	The value in the density in fresh state property is used only in case a composite deck is input and its self-weight load is taken into account.
------------------------	---

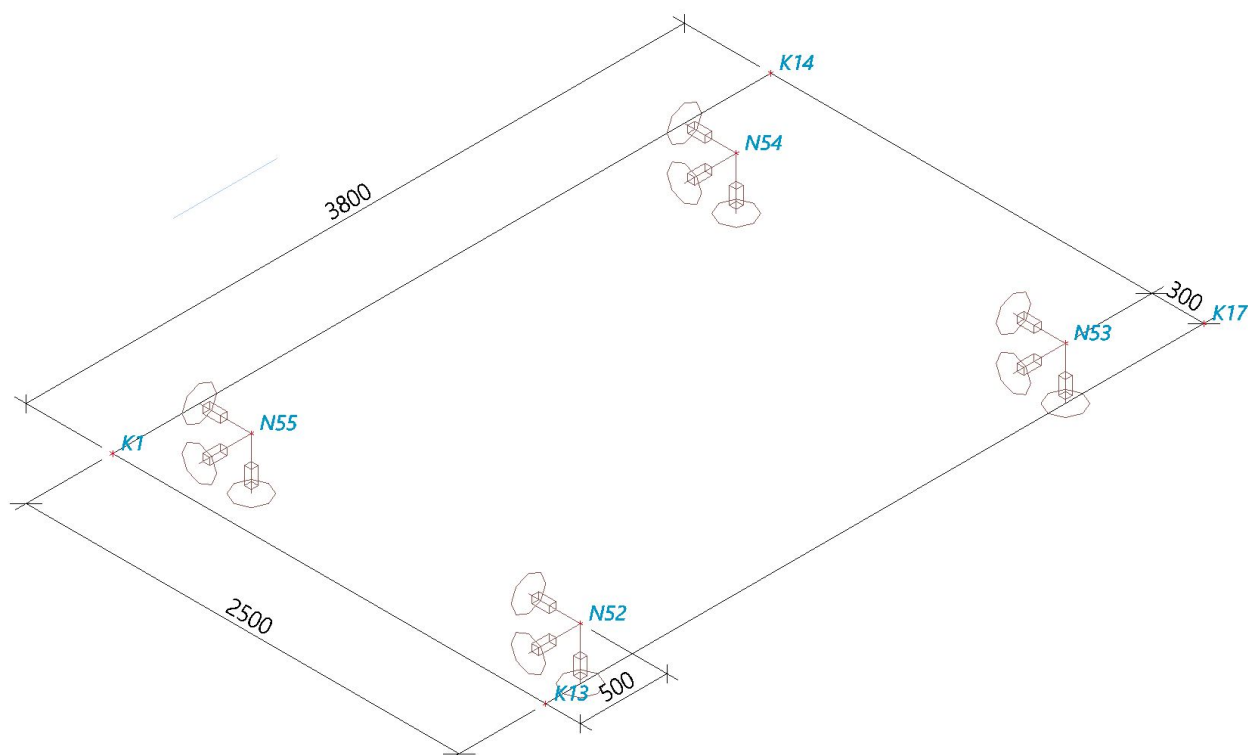
3.5. Cross-sections

Empty table



3.6. Knopen

3.6.1. Knopen





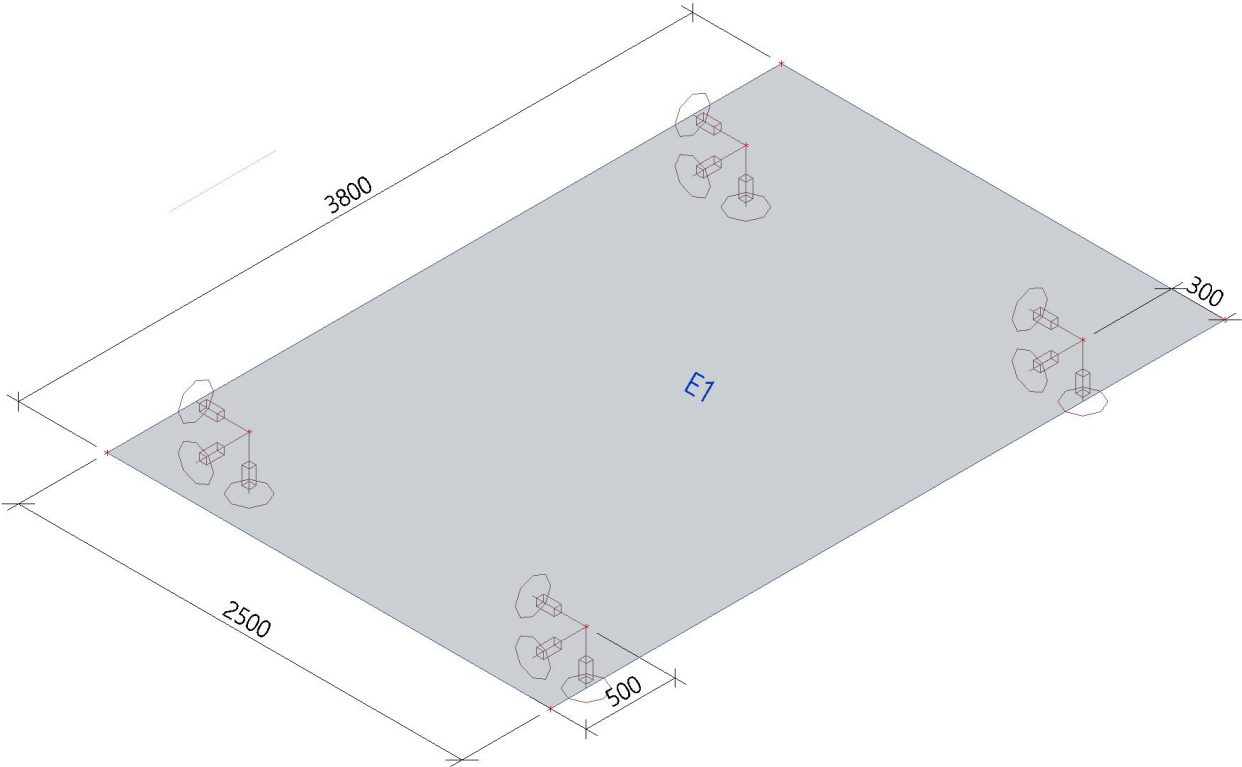
Name	Coord X [m]	Coord Y [m]	Coord Z [m]
K1	4,800	-1,850	0,000
K13	7,300	-1,850	0,000
K14	4,800	1,950	0,000

Name	Coord X [m]	Coord Y [m]	Coord Z [m]
K17	7,300	1,950	0,000
N52	7,000	-1,350	0,000
N53	7,000	1,450	0,000

Name	Coord X [m]	Coord Y [m]	Coord Z [m]
N54	5,100	1,450	0,000
N55	5,100	-1,350	0,000

3.7. 2D-elementen

3.7.1. 2D-elementen





3.7.2. 2D members

Name	Layer	Type	Element type	Material	Thickness type	Th. [mm]
E1	Funderingsplaat	plate (90)	Standard	C30/37_gescheurd	constant	300

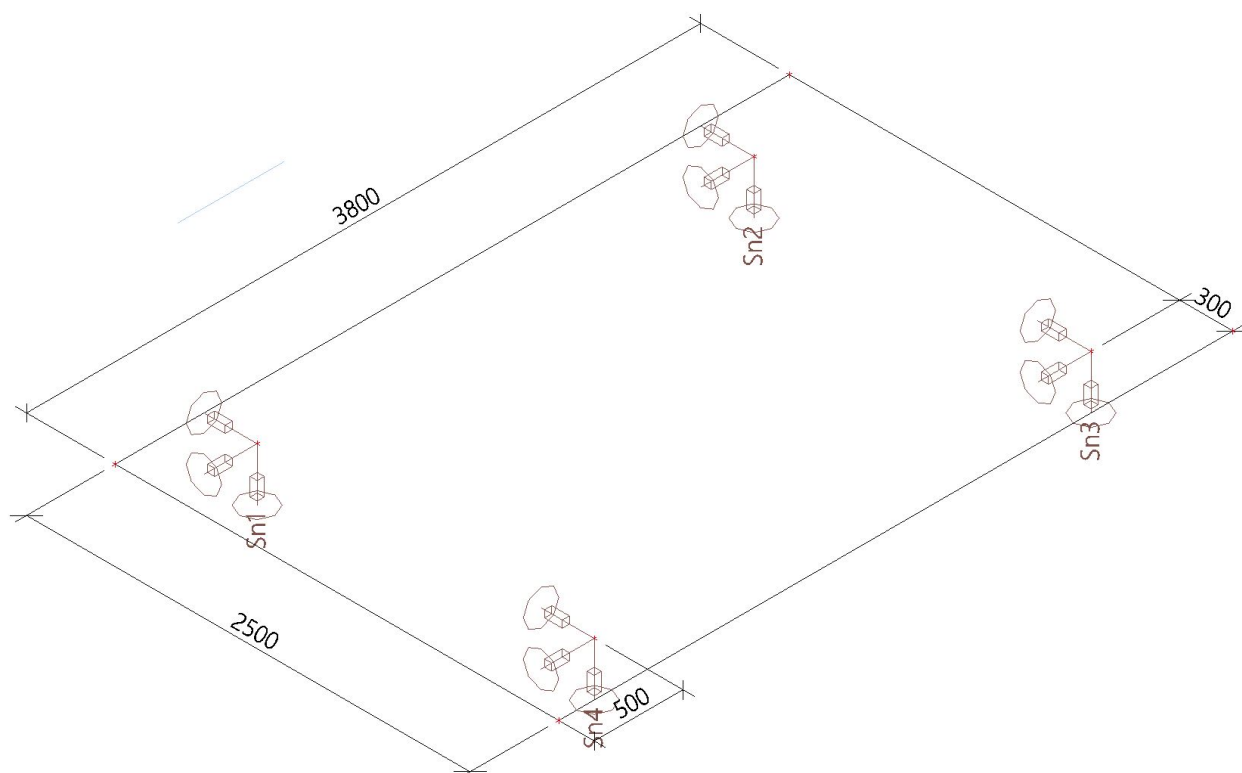
3.7.3. Mesh setup

Name	NetInstelling1
Generation of variable eccentricities on members instead of constant ones	x
Generation of nodes in connections of beam elements	x
Elastic mesh	✓
Use automatic mesh refinement	x
Division on haunches and arbitrary members	5
Division for integration strip and 2D-1D upgrade	50
Average number of 1D mesh elements on straight 1D members	1
Average size of 2D mesh element [m]	0,300
Minimal length of beam element [m]	0,100
Maximal length of beam element [m]	1000,000
Average size of tendons, elements on subsoil, nonlinear soil spring [m]	1,000
Maximal out of plane angle of a quadrilateral [mrad]	30,0
Predefined mesh ratio	1.5
Minimal distance between definition point and line [m]	0,001
Average size of panel element [m]	1,000
Mesh refinement following the beam type	None
Definition of mesh element size for panels	Manual



3.8. Ondersteuningen

3.8.1. Ondersteuningen



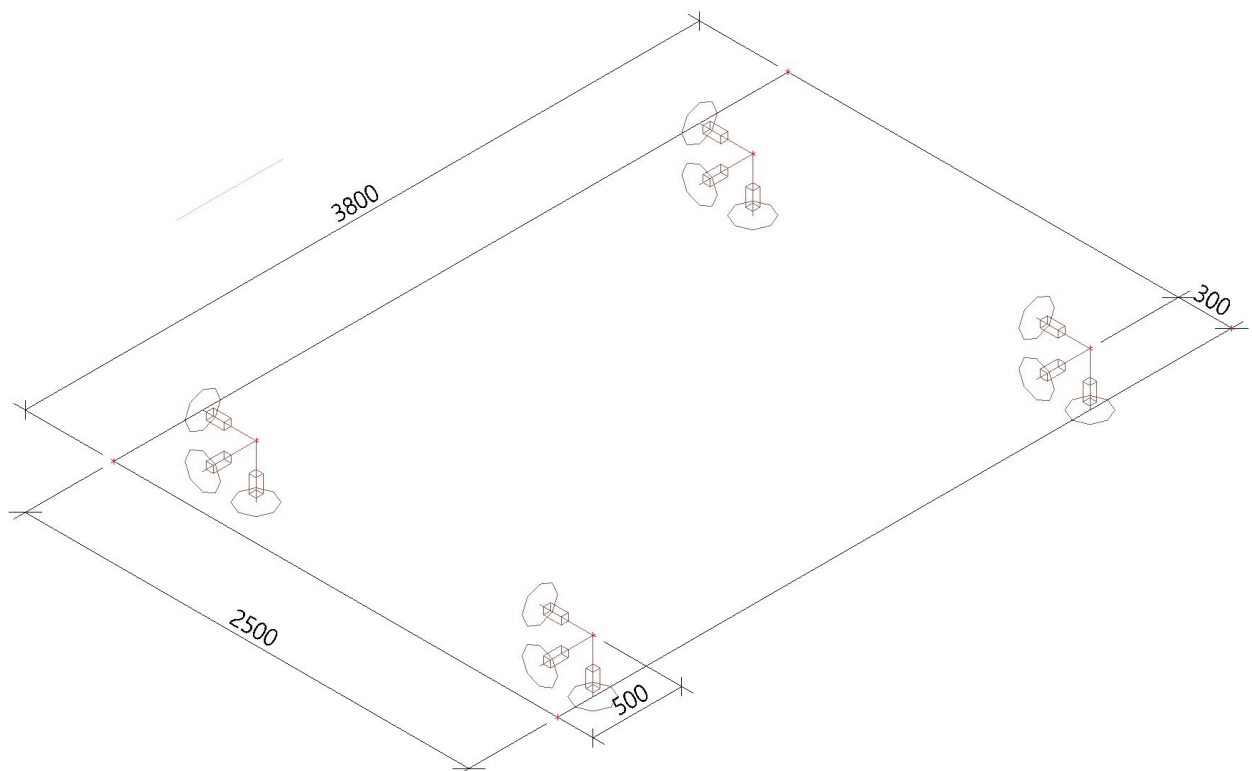


4. Belastingen en combinaties

4.1. Load cases

4.1.1. Load cases - BG1

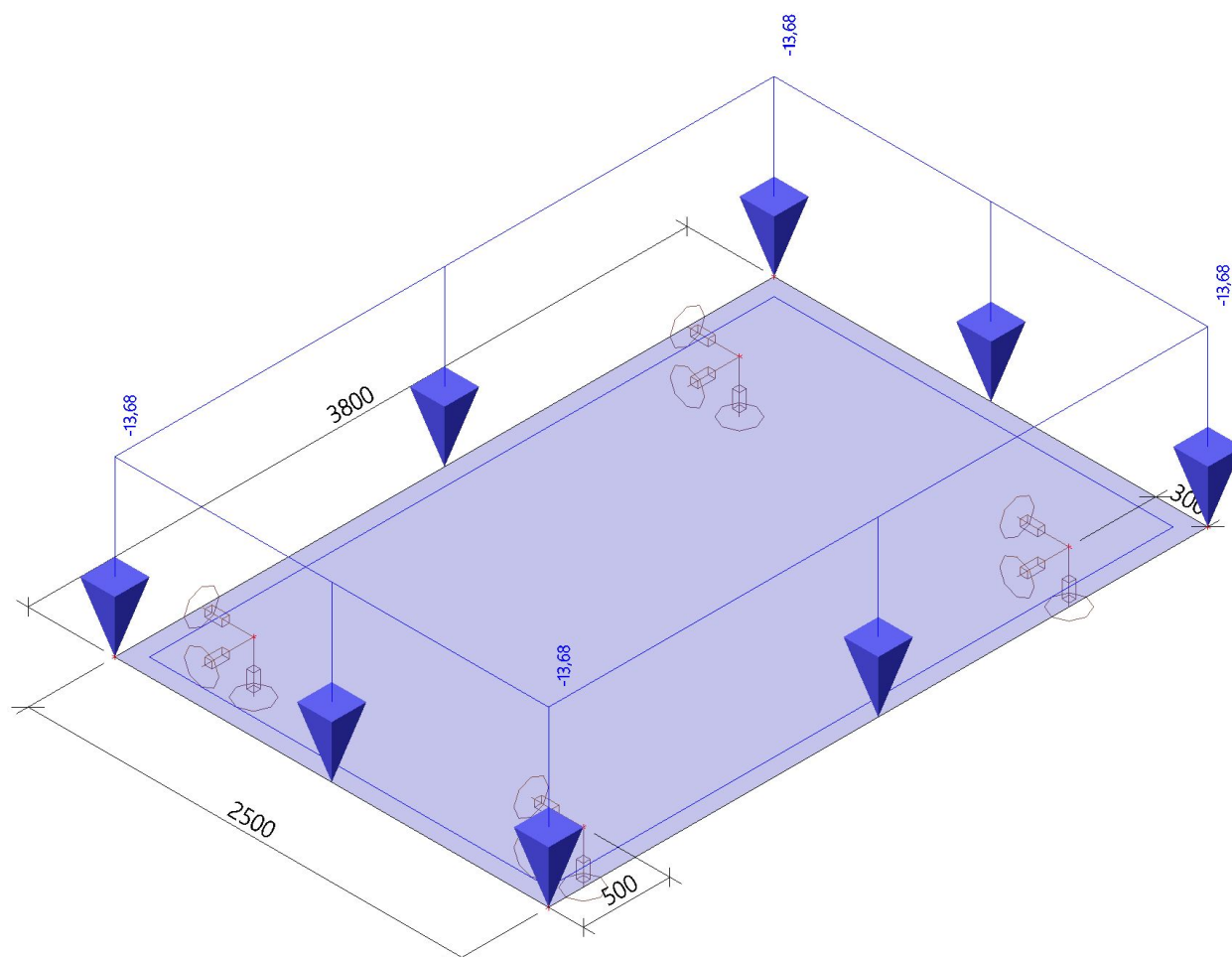
Name	Description Spec	Action type Load type	Load group	Direction
BG1	Eigen gewicht	Permanent Self weight	LG1	-Z





4.1.2. Load cases - BG2

Name	Description Spec	Action type Load type	Load group
BG2	Permanente belasting	Permanent	LG1
		Standard	



Project INFR250732 HHNK
Part Trafohuis funderingsplaat
Author HNA
Date 05-06-2026

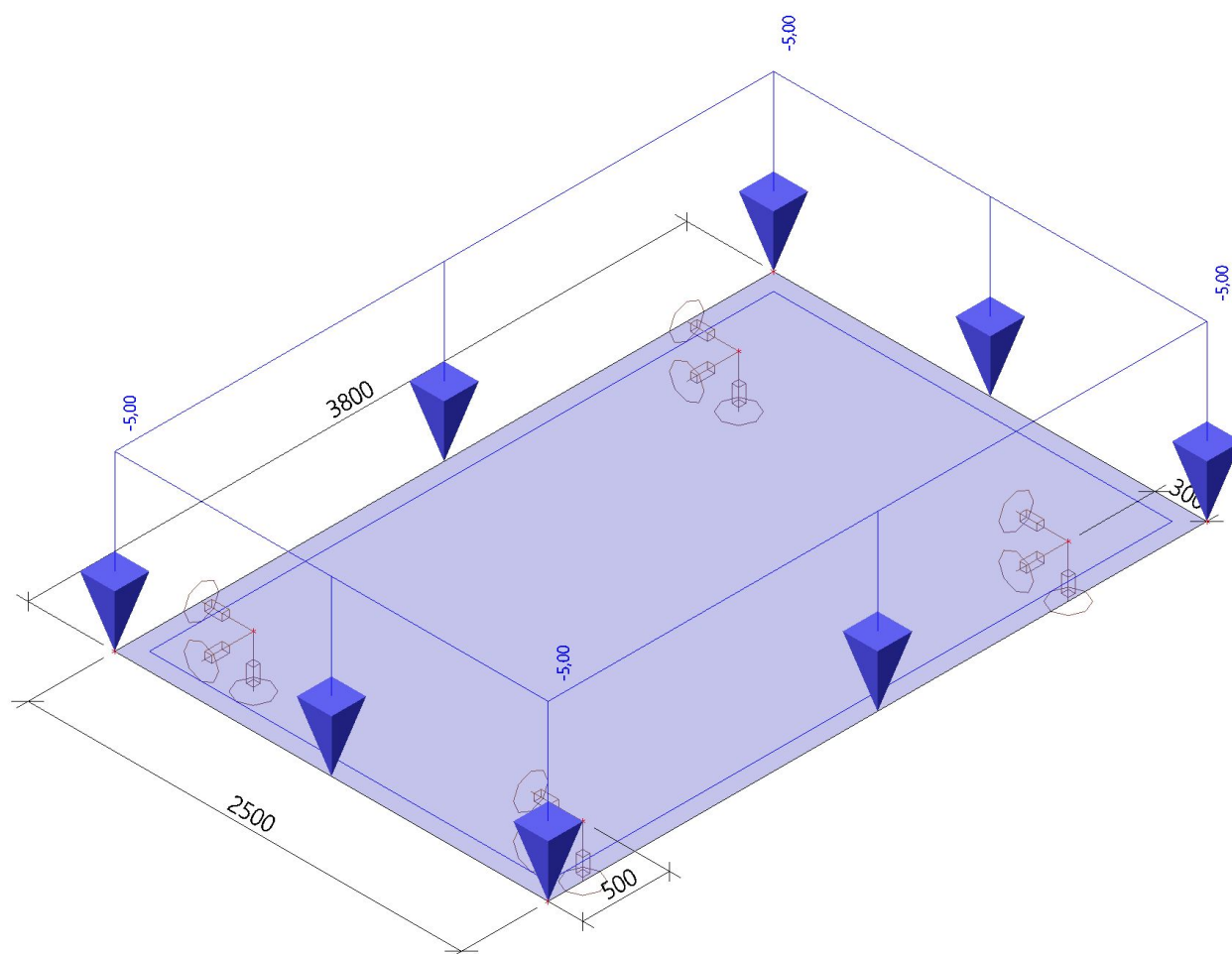


Name	Dir	Type	Value [kN/m ²]	2D member	Load case	System	Loc
SF3	Z	Force	-13,68	E1	BG2 - Permanente belasting	GCS	Length



4.1.3. Load cases - BG3

Name	Description Spec	Action type Load type	Load group	Duration
BG3	Variabele belasting Standard	Variable Static	LG2	Short



Project INFR250732 HHNK
Part Trafohuis funderingsplaat
Author HNA
Date 05-06-2026

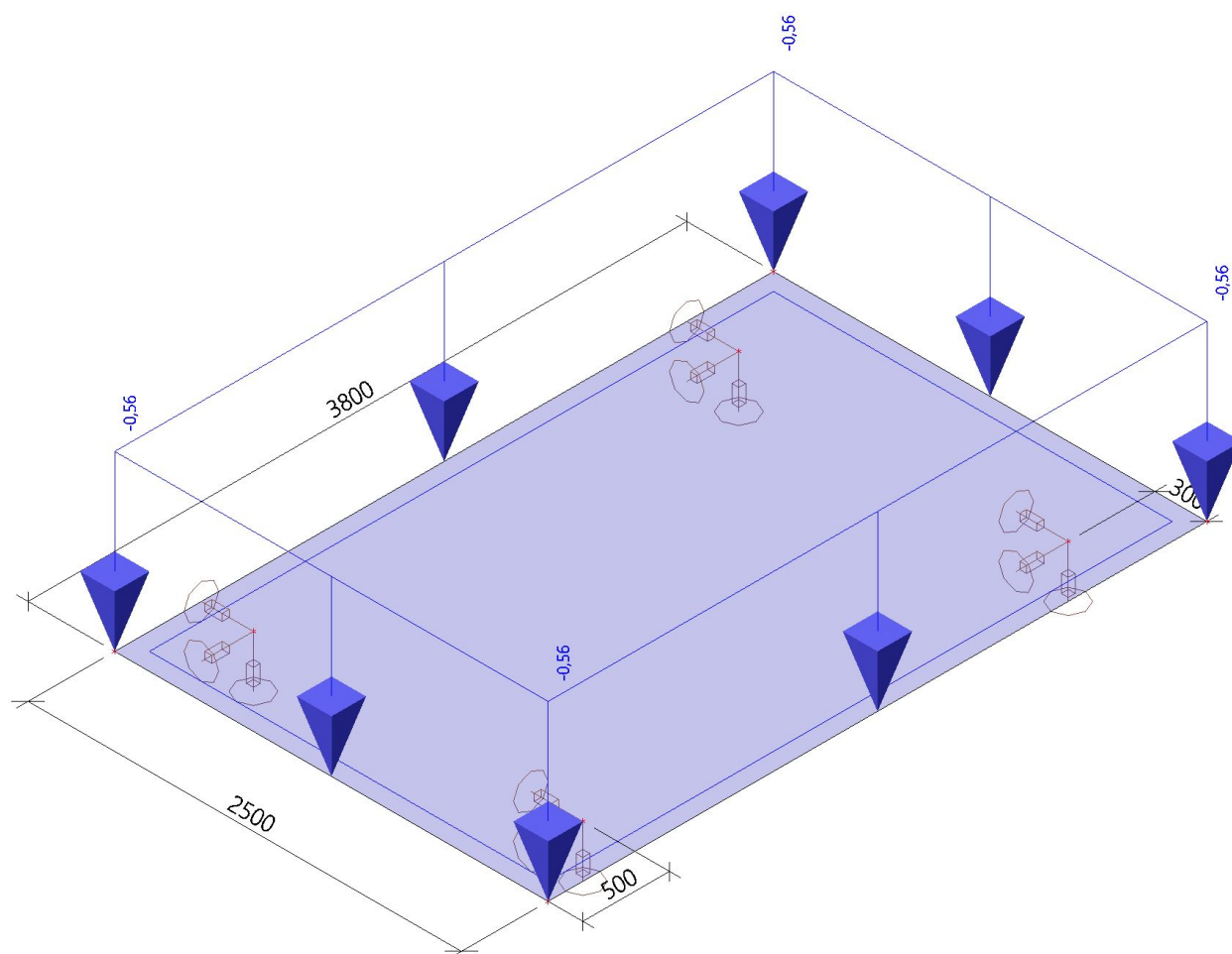


Name	Dir	Type	Value [kN/m ²]	2D member	Load case	System	Loc
SF1	Z	Force	-5,00	E1	BG3 - Variabele belasting	GCS	Length



4.1.4. Load cases - BG4

Name	Description Spec	Action type Load type	Load group	Duration
BG4	Sneeuw Standard	Variable Static	LG4	Short



Project INFR250732 HHNK
Part Trafohuis funderingsplaat
Author HNA
Date 05-06-2026



Name	Dir	Type	Value [kN/m ²]	2D member	Load case	System	Loc
SF2	Z	Force	-0,56	E1	BG4 - Sneeuw	GCS	Length



4.2. Combinations

Name	Type	Load cases	Coeff. [-]
UGT 6.10a	Linear - ultimate	BG1 - Eigen gewicht	1,350
		BG2 - Permanente belasting	1,350
		BG3 - Variabele belasting	1,500
		BG4 - Sneeuw	0,000
UGT 6.10b sneeuw	Linear - ultimate	BG1 - Eigen gewicht	1,200
		BG2 - Permanente belasting	1,200
		BG3 - Variabele belasting	1,500
		BG4 - Sneeuw	1,500
BGT	Linear - serviceability	BG1 - Eigen gewicht	1,000
		BG2 - Permanente belasting	1,000
		BG3 - Variabele belasting	1,000
BGT sneeuw	Linear - serviceability	BG1 - Eigen gewicht	1,000
		BG2 - Permanente belasting	1,000
		BG3 - Variabele belasting	1,000
		BG4 - Sneeuw	1,000

4.3. Result classes

Name	List
Alle UGT	UGT 6.10a - Linear - ultimate
	UGT 6.10b sneeuw - Linear - ultimate
Alle BGT	BGT - Linear - serviceability
	BGT sneeuw - Linear - serviceability



5. Resultaten

5.1. Betonconstructie

5.1.1. Funderingsplaat

5.1.1.1. UGT

5.1.1.1.1. Interne 2D-krachten

2D internal forces

Linear calculation

Class: Alle UGT

Extreme: Global

Selection: Named selection - Funderingsplaat

Location: In nodes avg. on macro. System: LCS mesh element

Elementary design magnitudes

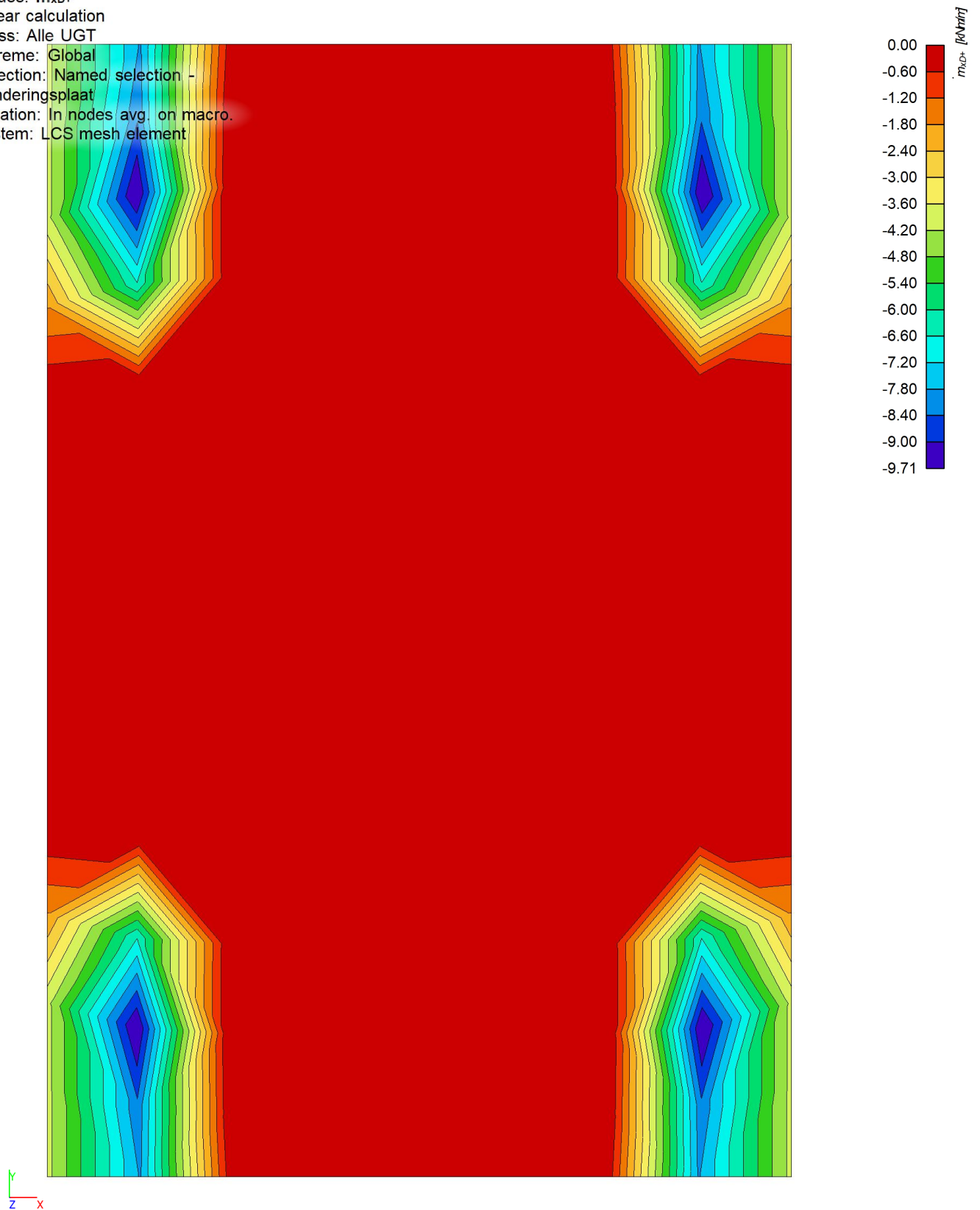
Name	Mesh	Position [m]	Case	m _{xD+} [kNm/m] m _{xD-} [kNm/m]	m _{yD+} [kNm/m] m _{yD-} [kNm/m]	n _{xD} [kN/m]	n _{yD} [kN/m]
E1	Element: 28 Node: 43	6,050 -1,850 0,000	UGT 6.10a/1	0,00 17,40	0,00 0,76	0,00	0,00
E1	Element: 55 Node: 8	5,100 -1,350 0,000	UGT 6.10a/1	-9,71 0,00	-10,34 0,00	0,00	0,00
E1	Element: 100 Node: 16	7,300 0,196 0,000	UGT 6.10a/1	0,00 1,49	0,00 33,98	0,00	0,00

Name	Combination key
UGT 6.10a/1	1.35*BG1 + 1.50*BG3 + 1.35*BG2



Interne 2D-krachten - m_{xD+}

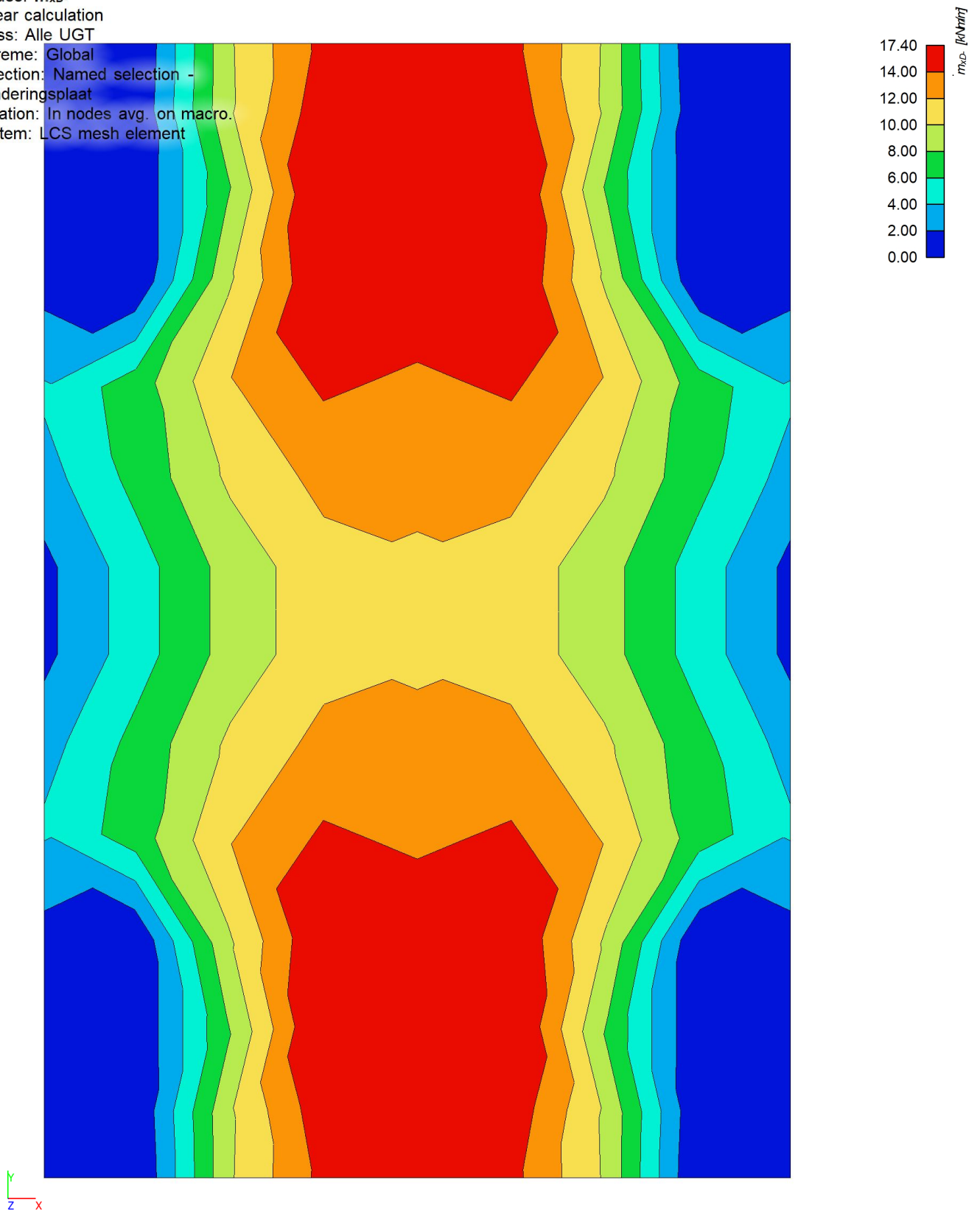
Values: m_{xD+}
Linear calculation
Class: Alle UGT
Extreme: Global
Selection: Named selection -
Funderingsplaat
Location: In nodes avg. on macro.
System: LCS mesh element





Interne 2D-krachten - m_{xD}-

Values: m_{xD}-
 Linear calculation
 Class: Alle UGT
 Extreme: Global
 Selection: Named selection -
 Funderingsplaat
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element





Interne 2D-krachten - m_{yD}+

Values: m_{yD}+

Linear calculation

Class: Alle UGT

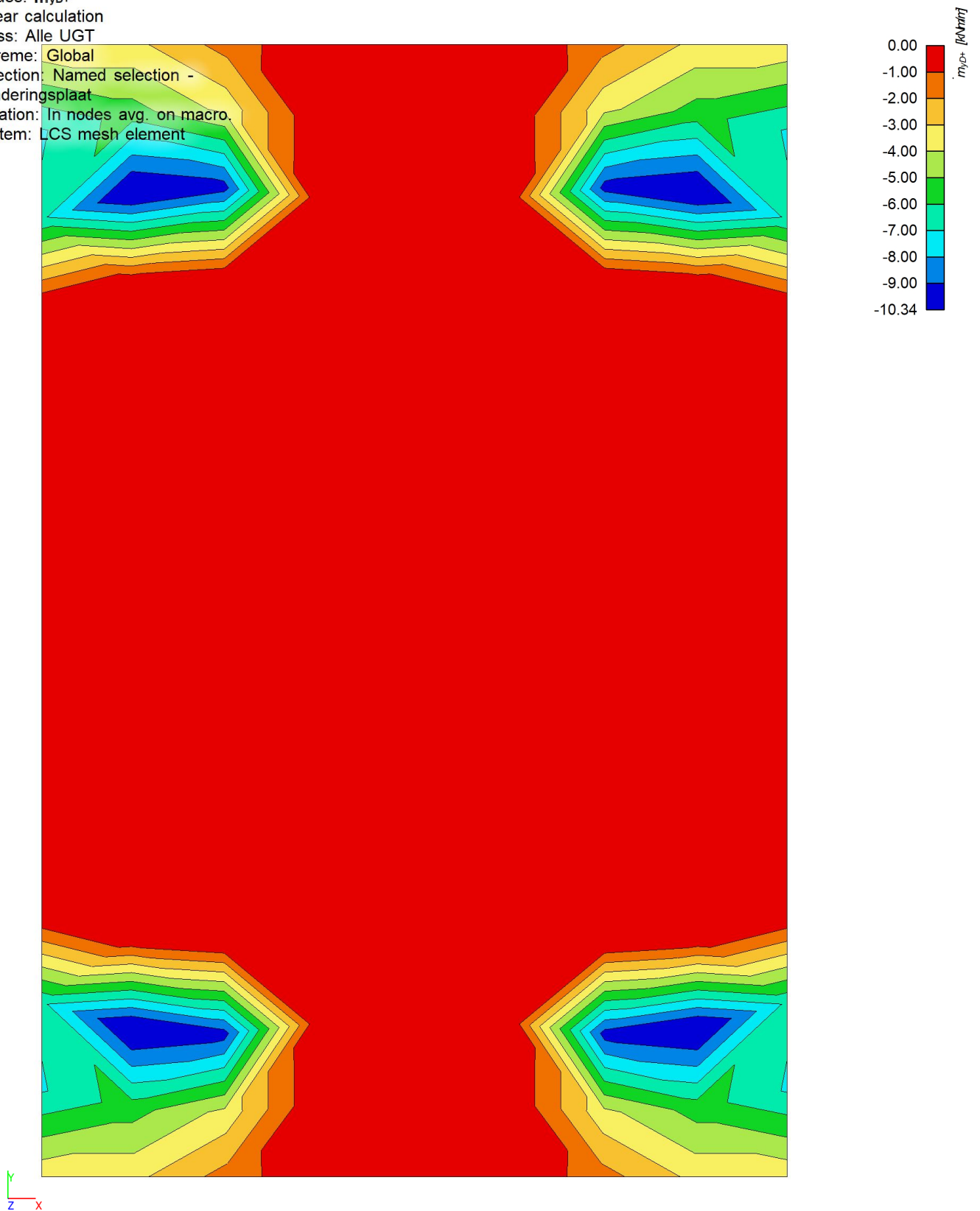
Extreme: Global

Selection: Named selection -

Funderingsplaat

Location: In nodes avg. on macro.

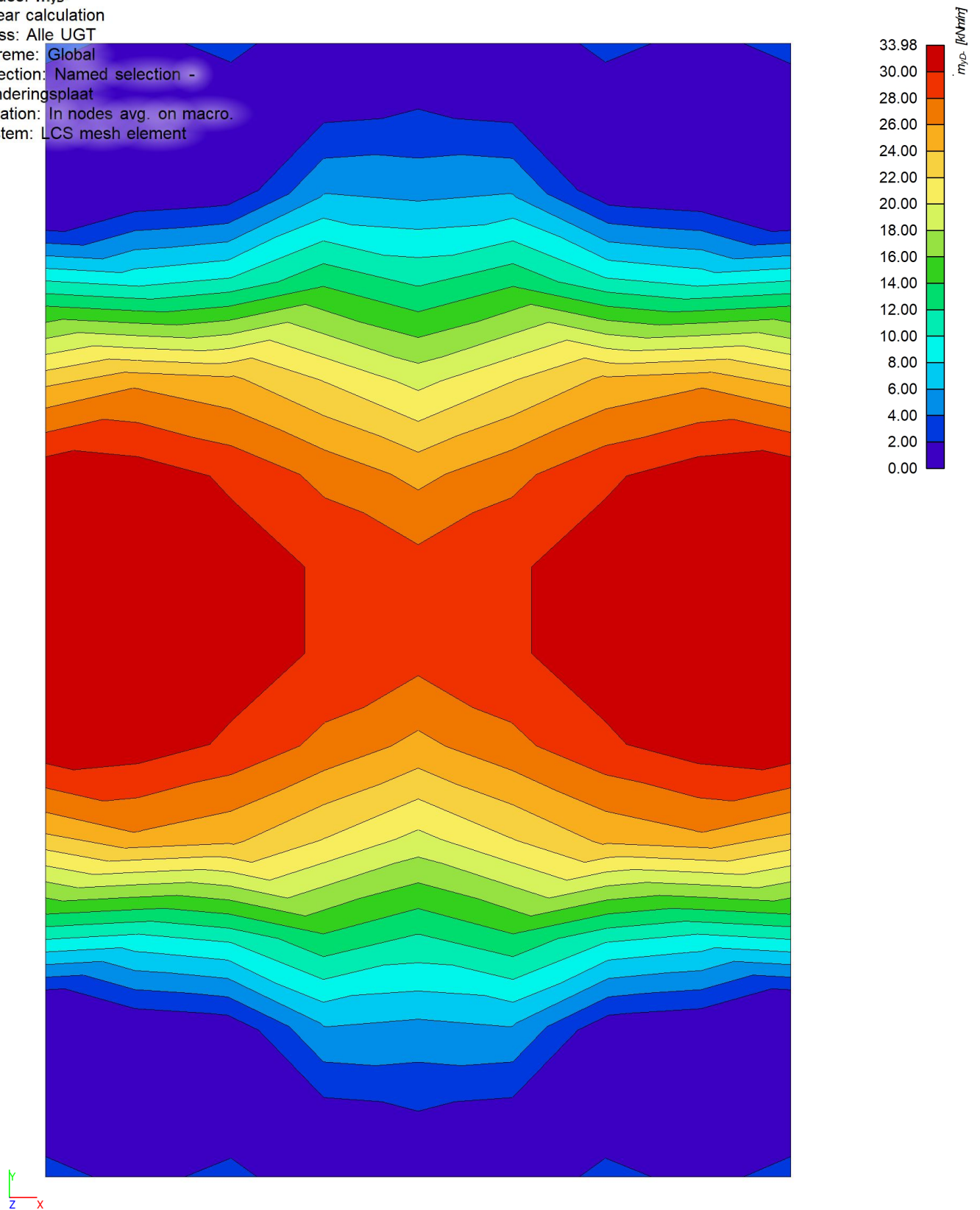
System: LCS mesh element





Interne 2D-krachten - m_{yD}-

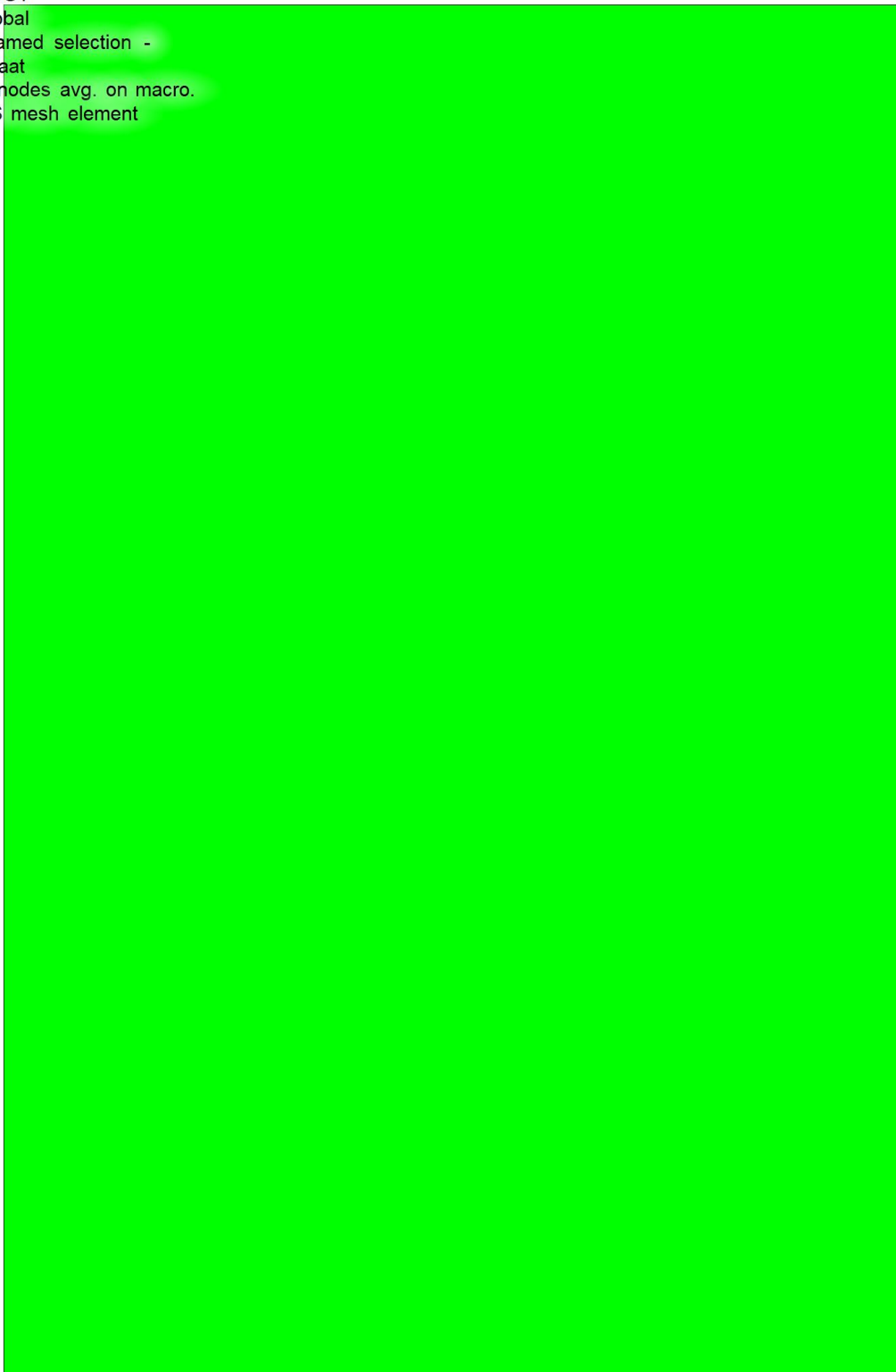
Values: m_{yD}-
 Linear calculation
 Class: Alle UGT
 Extreme: Global
 Selection: Named selection -
 Funderingsplaat
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element





Interne 2D-krachten - n_xD

Values: n_xD
Linear calculation
Class: Alle UGT
Extreme: Global
Selection: Named selection -
Funderingsplaat
Location: In nodes avg. on macro.
System: LCS mesh element



Constant value 0.00
n_xD [kN/m]





Interne 2D-krachten - n_yD

Values: n_yD
Linear calculation
Class: Alle UGT
Extreme: Global
Selection: Named selection -
Funderingsplaat
Location: In nodes avg. on macro.
System: LCS mesh element

Constant value 0.00
n_yD [kN/m]





2D internal forces

Linear calculation

Class: Alle UGT

Extreme: Global

Selection: Named selection - Funderingsplaat

Location: In nodes avg. on macro. System: LCS mesh element

Basic magnitudes

Name	Mesh	Position [m]	Case	v _x [kN/m] v _y [kN/m]
E1	Element: 31 Node: 53	6,997 -1,622 0,000	UGT 6.10a/1	-56,89 -27,46
E1	Element: 25 Node: 47	5,103 -1,622 0,000	UGT 6.10a/1	56,89 -27,46
E1	Element: 33 Node: 5	7,000 -1,350 0,000	UGT 6.10a/1	34,87 -71,39
E1	Element: 34 Node: 5	7,000 -1,350 0,000	UGT 6.10a/1	34,87 71,39

Name	Combination key
UGT 6.10a/1	1.35*BG1 + 1.50*BG3 + 1.35*BG2



Interne 2D-krachten - v_x

Values: v_x

Linear calculation

Class: Alle UGT

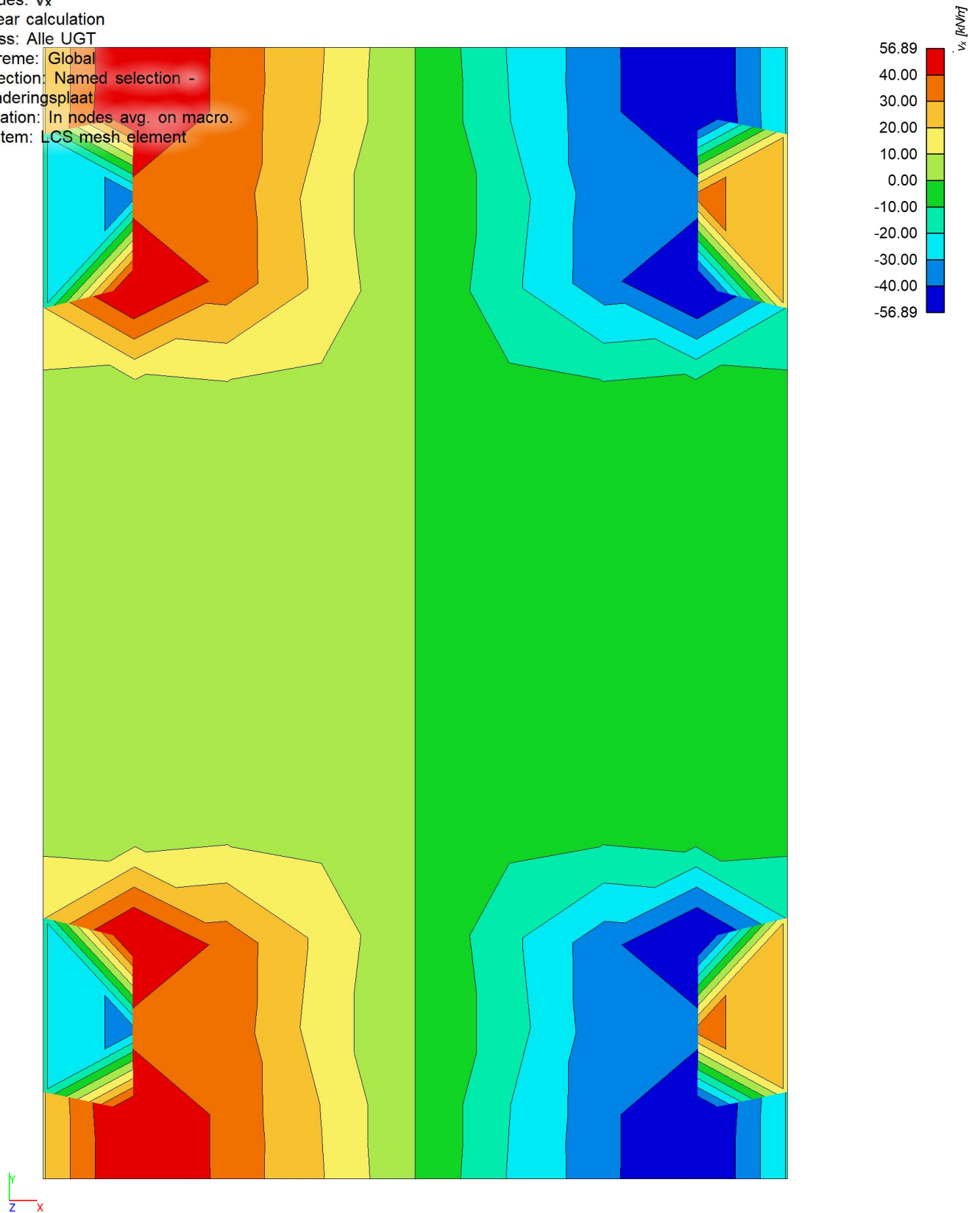
Extreme: Global

Selection: Named selection -

Funderingsplaat

Location: In nodes avg. on macro.

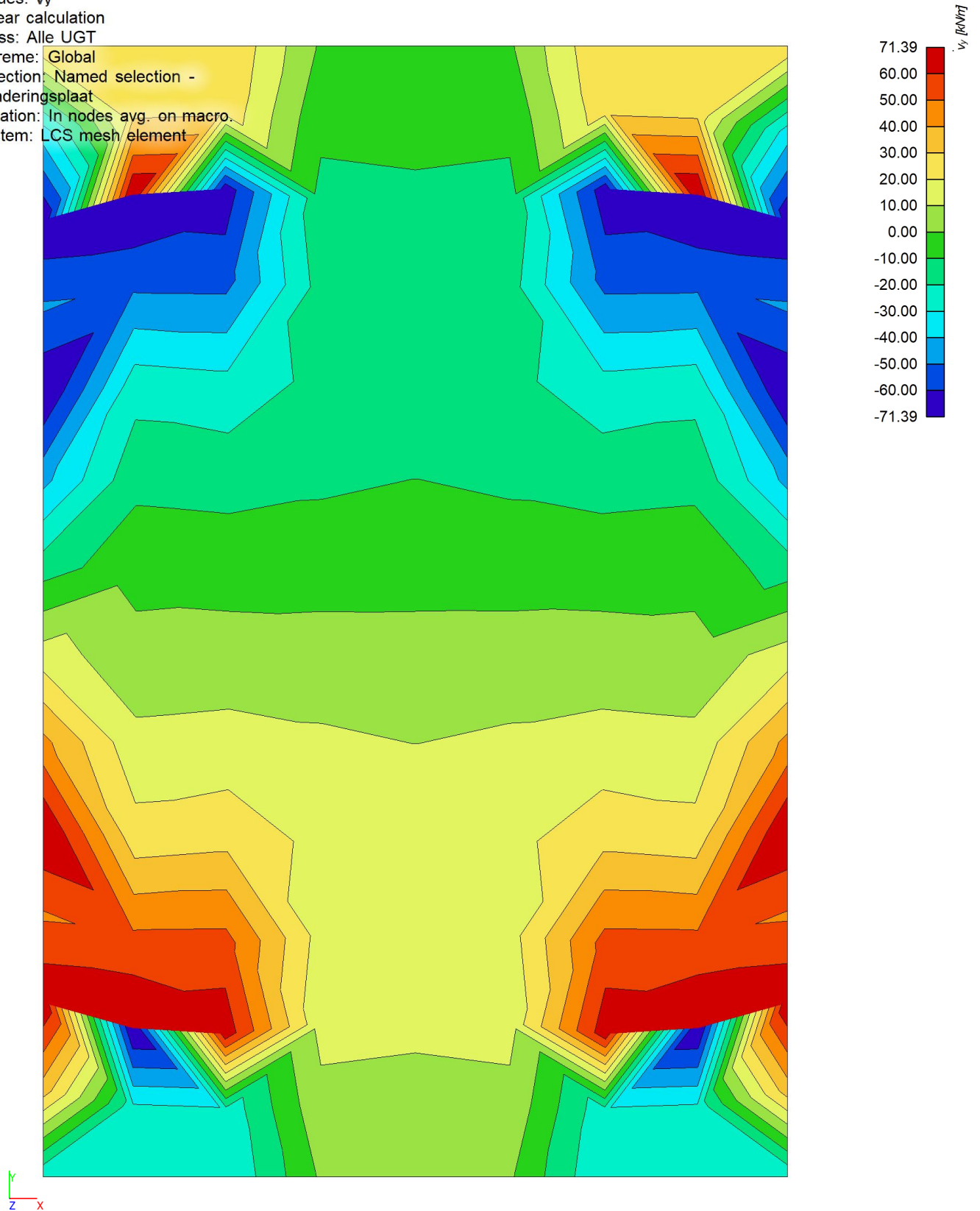
System: LCS mesh element





Interne 2D-krachten - v_y

Values: v_y
 Linear calculation
 Class: Alle UGT
 Extreme: Global
 Selection: Named selection -
 Funderingsplaat
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element





5.1.1.2. BGT

5.1.1.2.1. Interne 2D-krachten

2D internal forces

Linear calculation

Class: Alle BGT

Extreme: Global

Selection: Named selection - Funderingsplaat

Location: In nodes avg. on macro. System: LCS mesh element

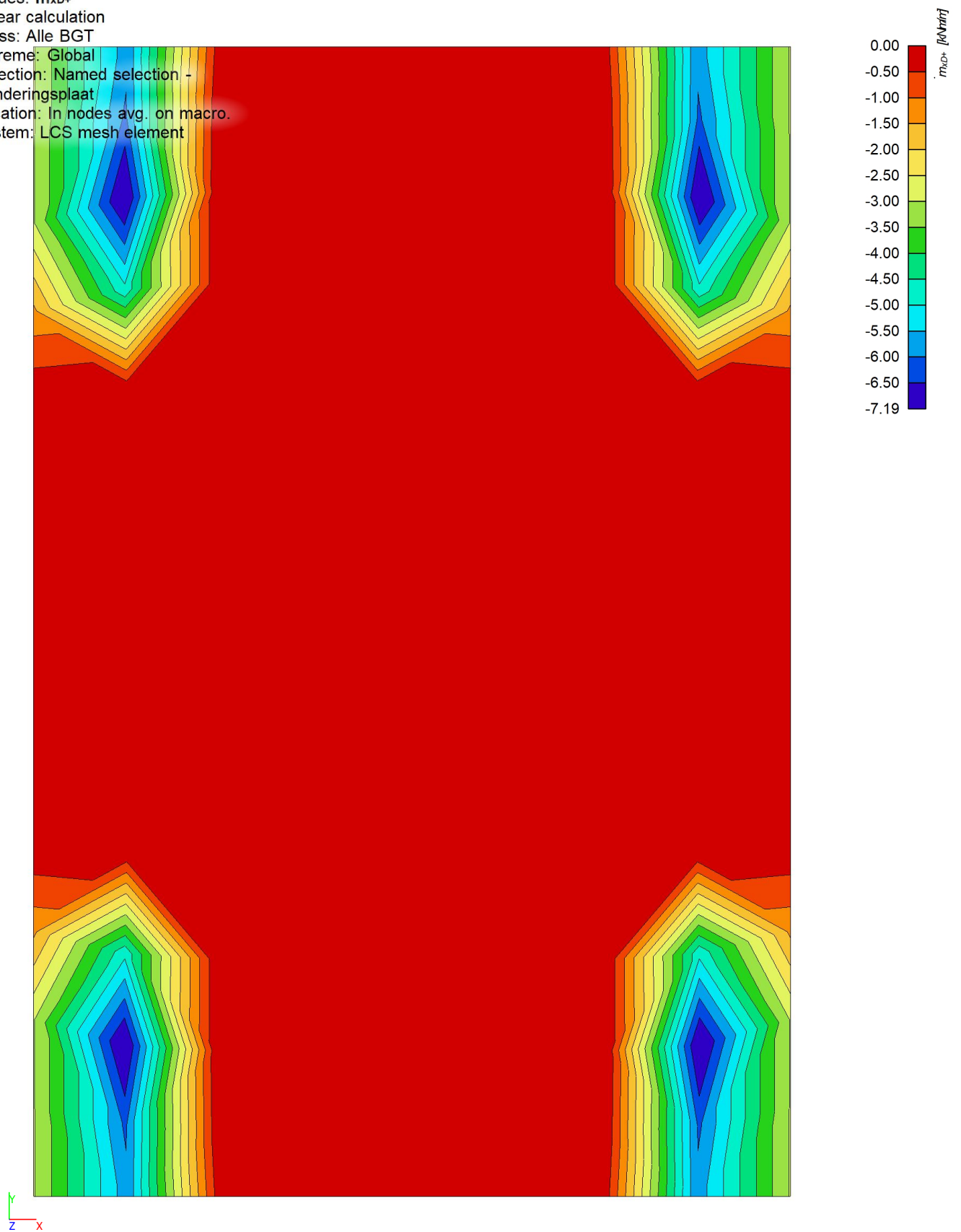
Elementary design magnitudes

Name	Mesh	Position [m]	Case	m _{xD+} [kNm/m] m _{xD-} [kNm/m]	m _{yD+} [kNm/m] m _{yD-} [kNm/m]	n _{xD} [kN/m]	n _{yD} [kN/m]
E1	Element: 28 Node: 43	6,050 -1,850 0,000	BGT sneeuw /1	0,00 12,89	0,00 0,57	0,00	0,00
E1	Element: 55 Node: 8	5,100 -1,350 0,000	BGT sneeuw /1	-7,19 0,00	-7,66 0,00	0,00	0,00
E1	Element: 100 Node: 16	7,300 0,196 0,000	BGT sneeuw /1	0,00 1,10	0,00 25,18	0,00	0,00

Name	Combination key
BGT sneeuw /1	BG1 + BG3 + BG4 + BG2

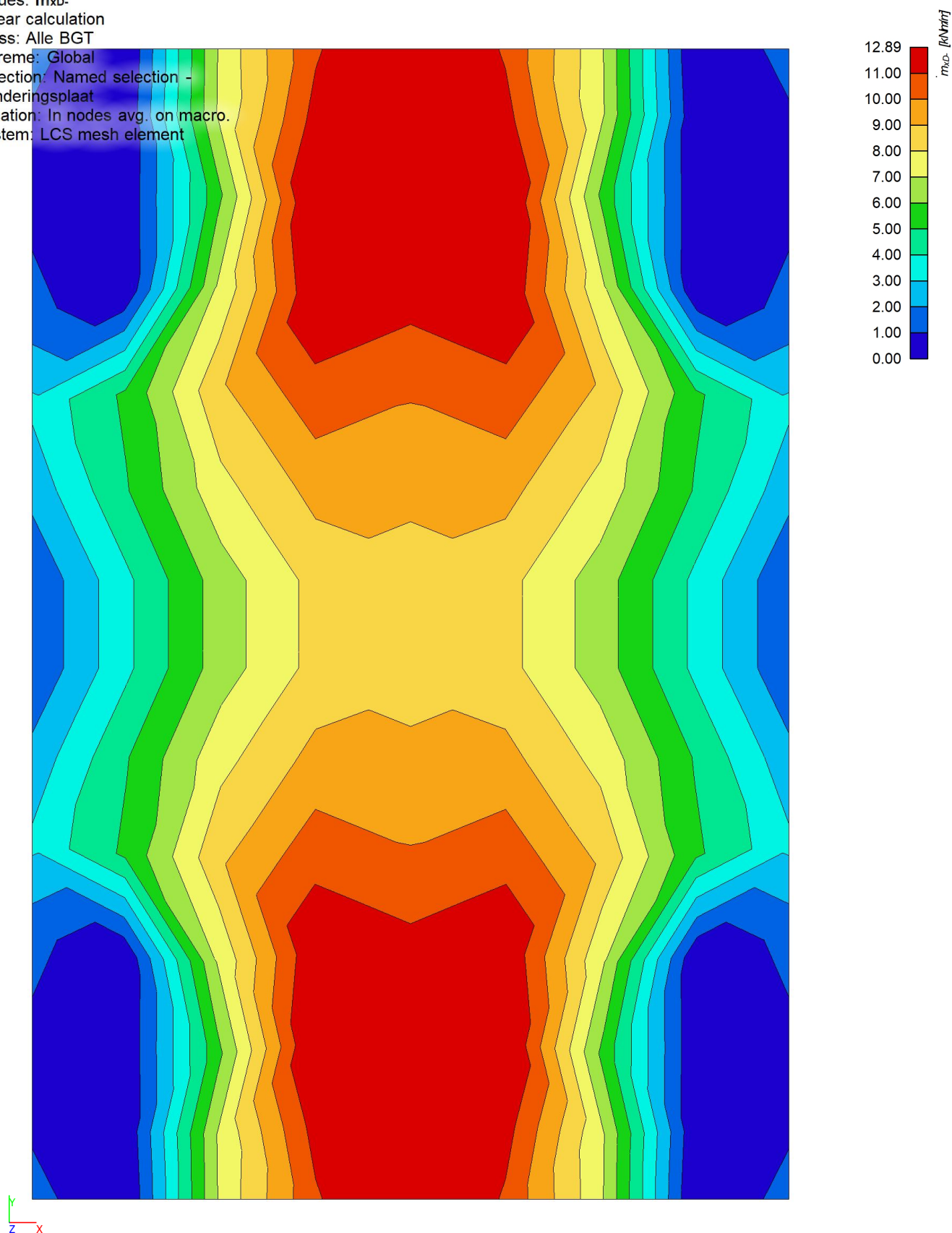


Values: m_{x0+}
Linear calculation
Class: Alle BGT
Extreme: Global
Selection: Named selection -
Funderingsplaat
Location: In nodes avg. on macro.
System: LCS mesh element





Values: m_{xD}
Linear calculation
Class: Alle BGT
Extreme: Global
Selection: Named selection -
Funderingsplaat
Location: In nodes avg. on macro.
System: LCS mesh element





Values: myD+

Linear calculation

Class: Alle BGT

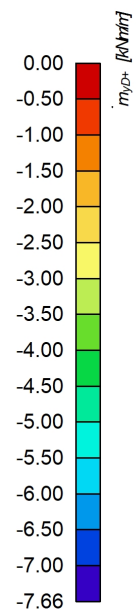
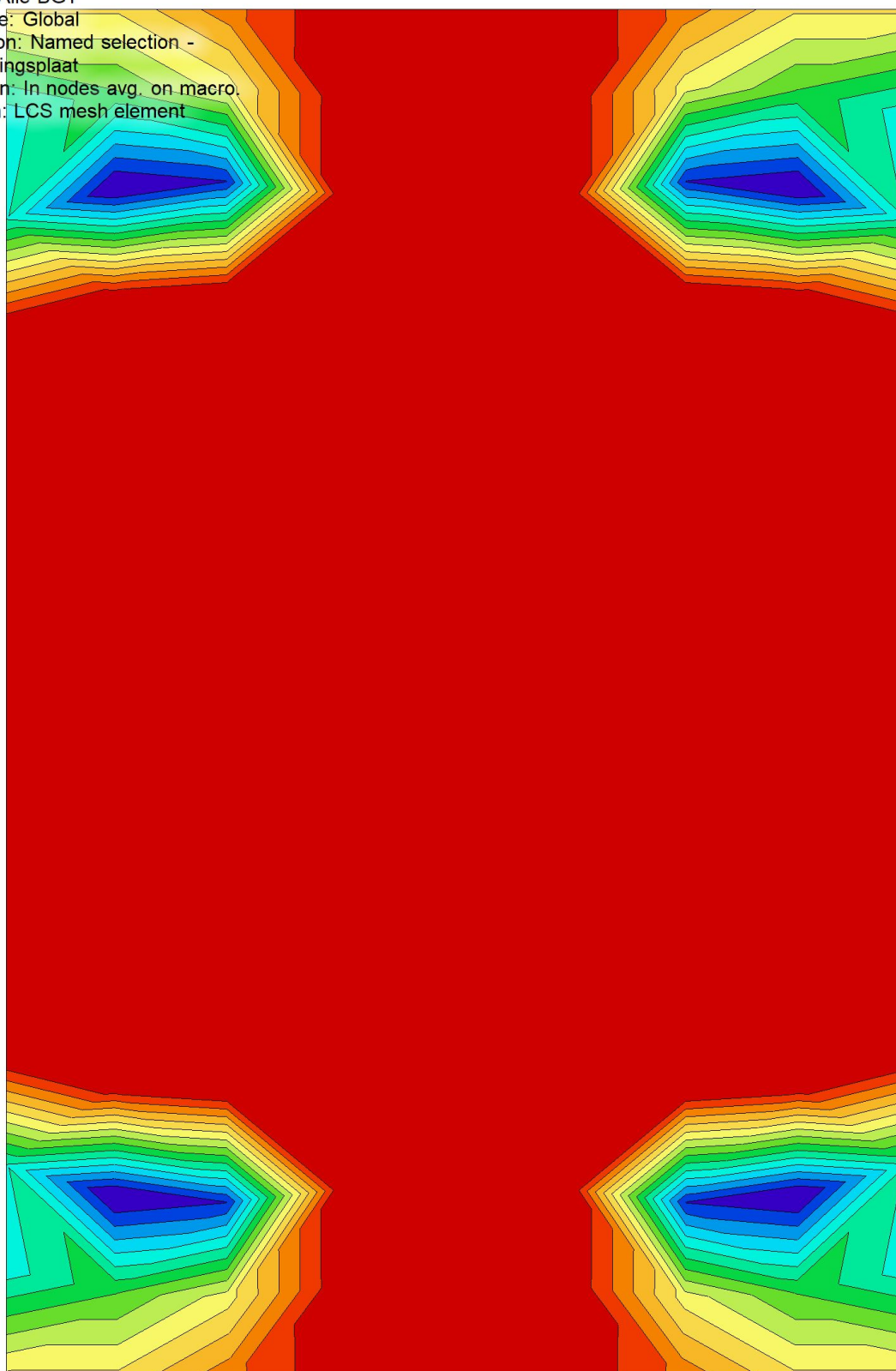
Extreme: Global

Selection: Named selection -

Funderingsplaat

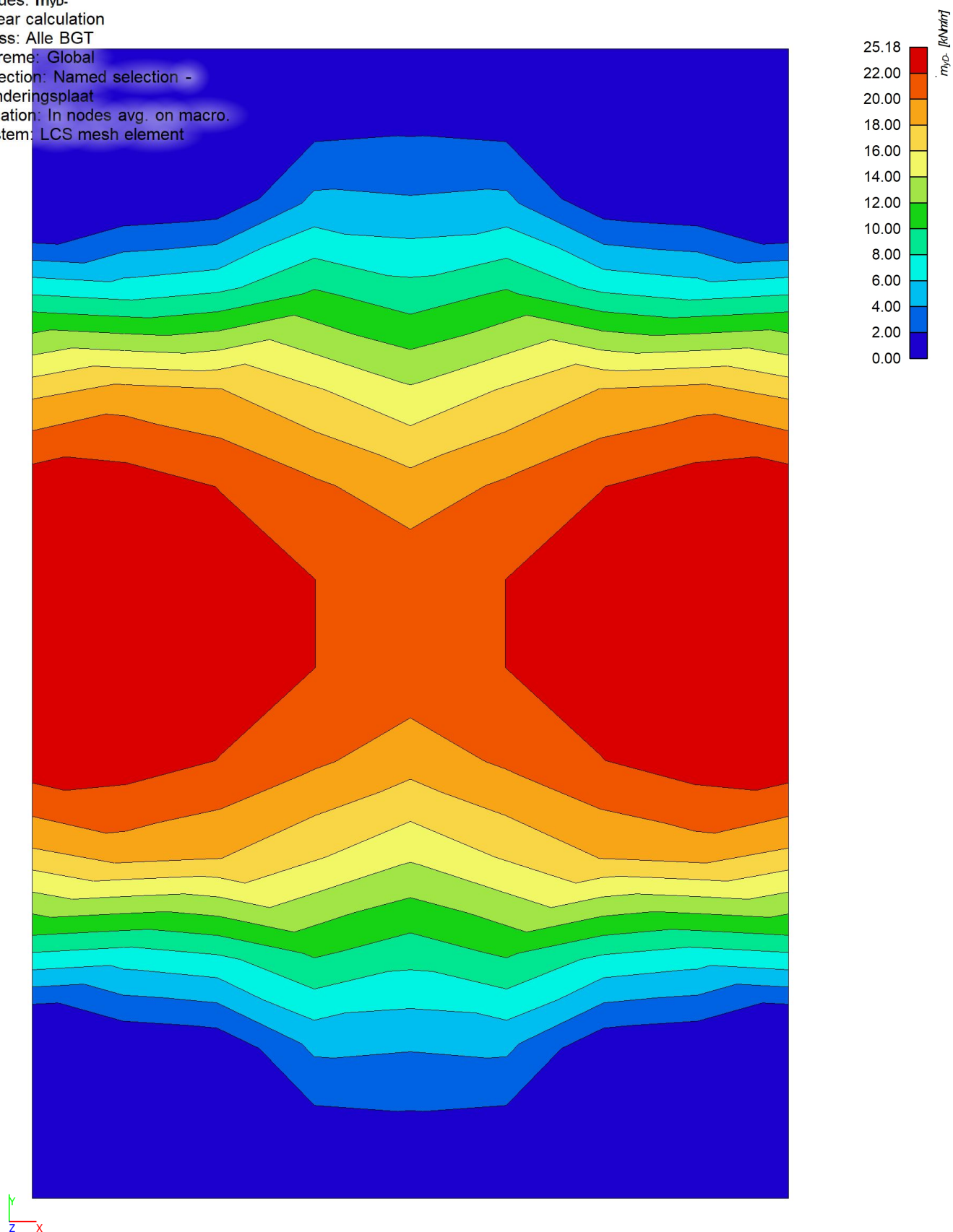
Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element





Values: myd-
Linear calculation
Class: Alle BGT
Extreme: Global
Selection: Named selection -
Funderingsplaat
Location: In nodes avg. on macro.
System: LCS mesh element





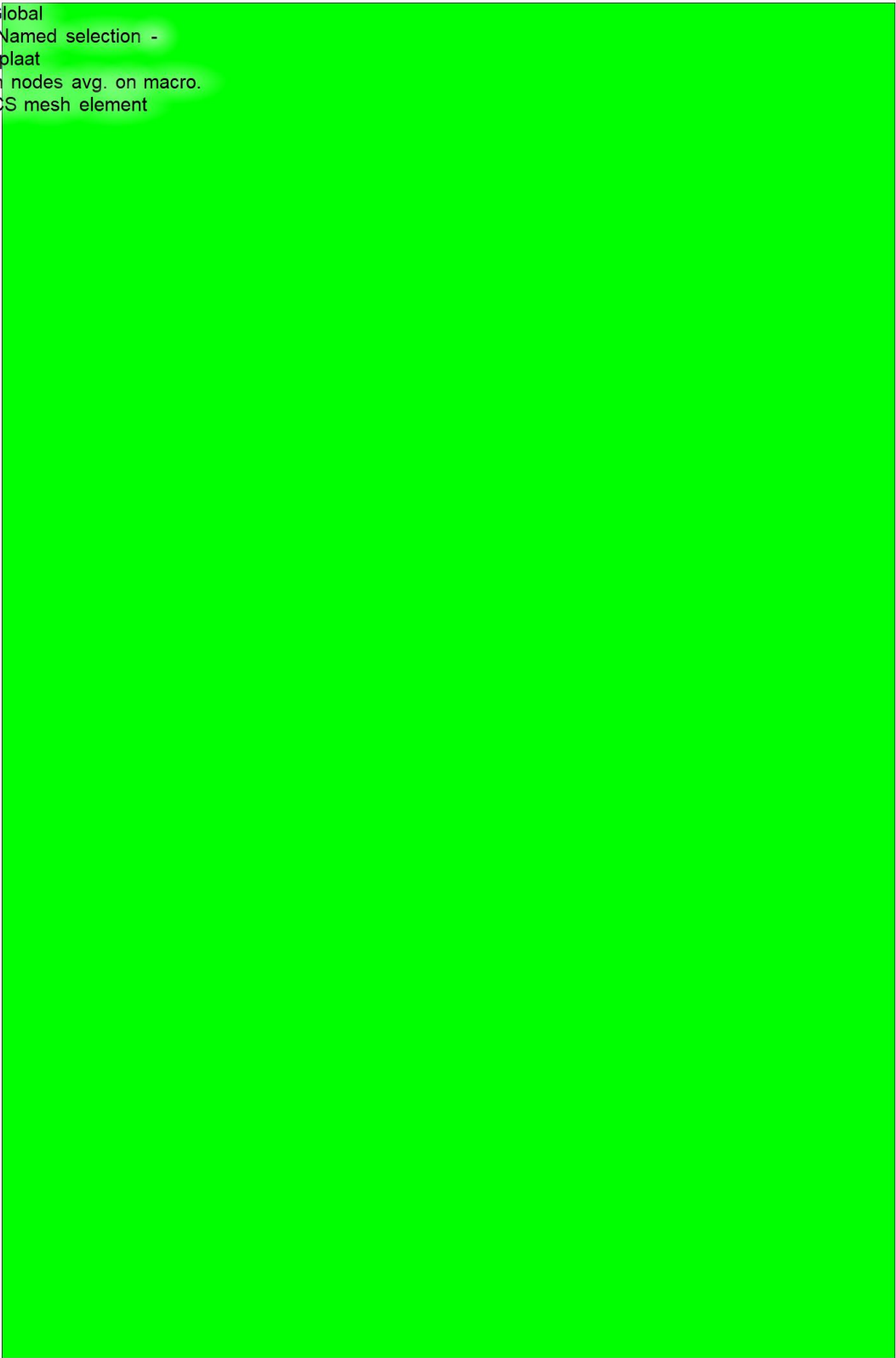
Values: n_{x0}
Linear calculation
Class: Alle BGT
Extreme: Global
Selection: Named selection -
Funderingsplaat
Location: In nodes avg. on macro.
System: LCS mesh element

Constant value 0.00
 n_{x0} [kN/m]





Values: nyp
Linear calculation
Class: Alle BGT
Extreme: Global
Selection: Named selection -
Funderingsplaat
Location: In nodes avg. on macro.
System: LCS mesh element



Constant value 0.00
nyp [kN/m]





5.1.1.2.2. 2D-ervormingen

2D displacement

Linear calculation

Class: Alle BGT

Extreme: Global

Selection: Named selection - Funderingsplaat

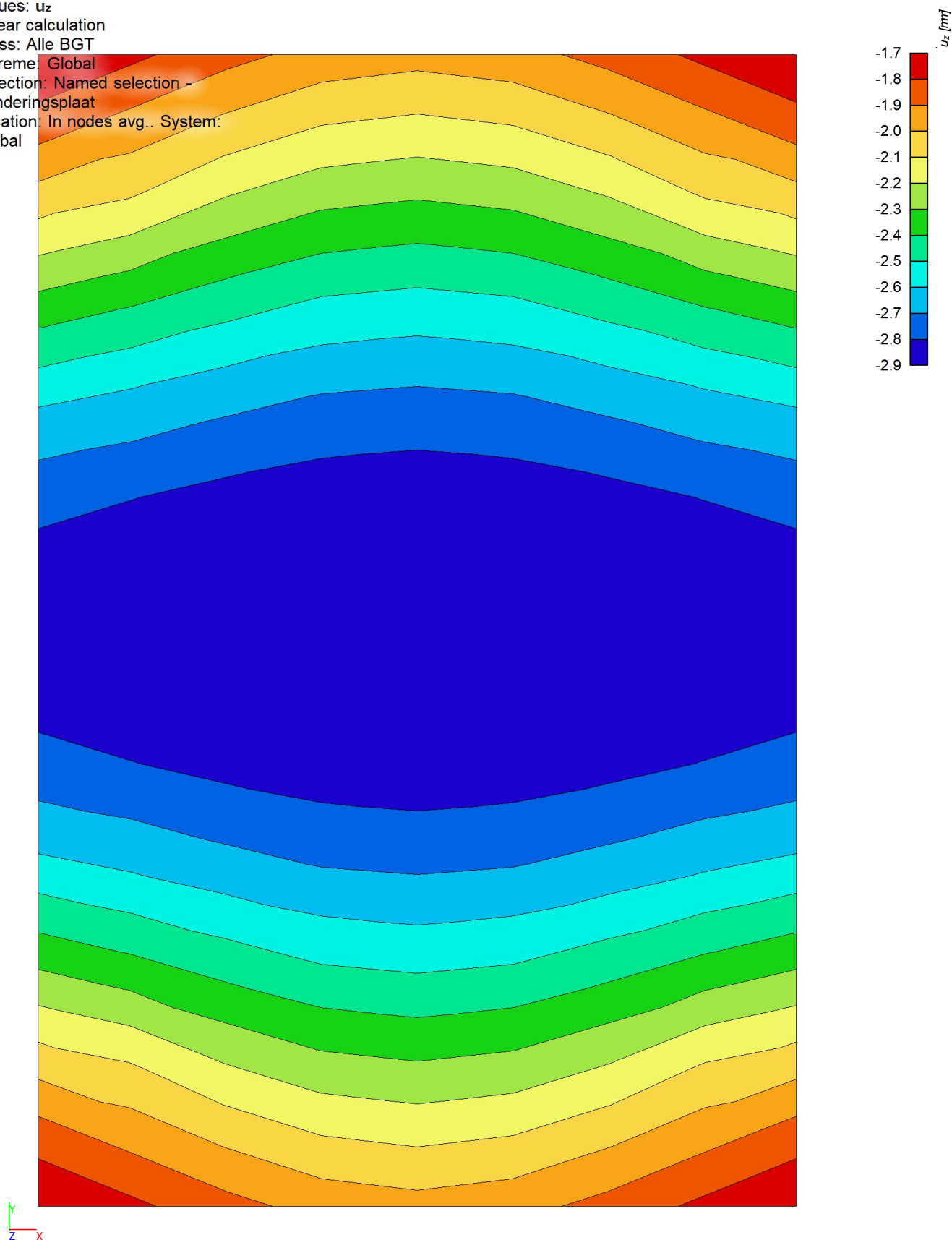
Location: In nodes avg.. System: Global

Name	Mesh	Position [m]	Case	u _z [mm]
E1	Node: 83	6,050 -0,096 0,000	BGT sneeuw /1	-2,9
E1	Node: 1	4,800 -1,850 0,000	BGT /2	-1,7

Name	Combination key
BGT sneeuw /1	BG1 + BG3 + BG4 + BG2
BGT /2	BG1 + BG3 + BG2



Values: u_z
 Linear calculation
 Class: Alle BGT
 Extreme: Global
 Selection: Named selection -
 Funderingsplaat
 Location: In nodes avg.. System:
 Global





5.2. Paalreacties

UGT

Linear calculation

System: Global

Extreme: No

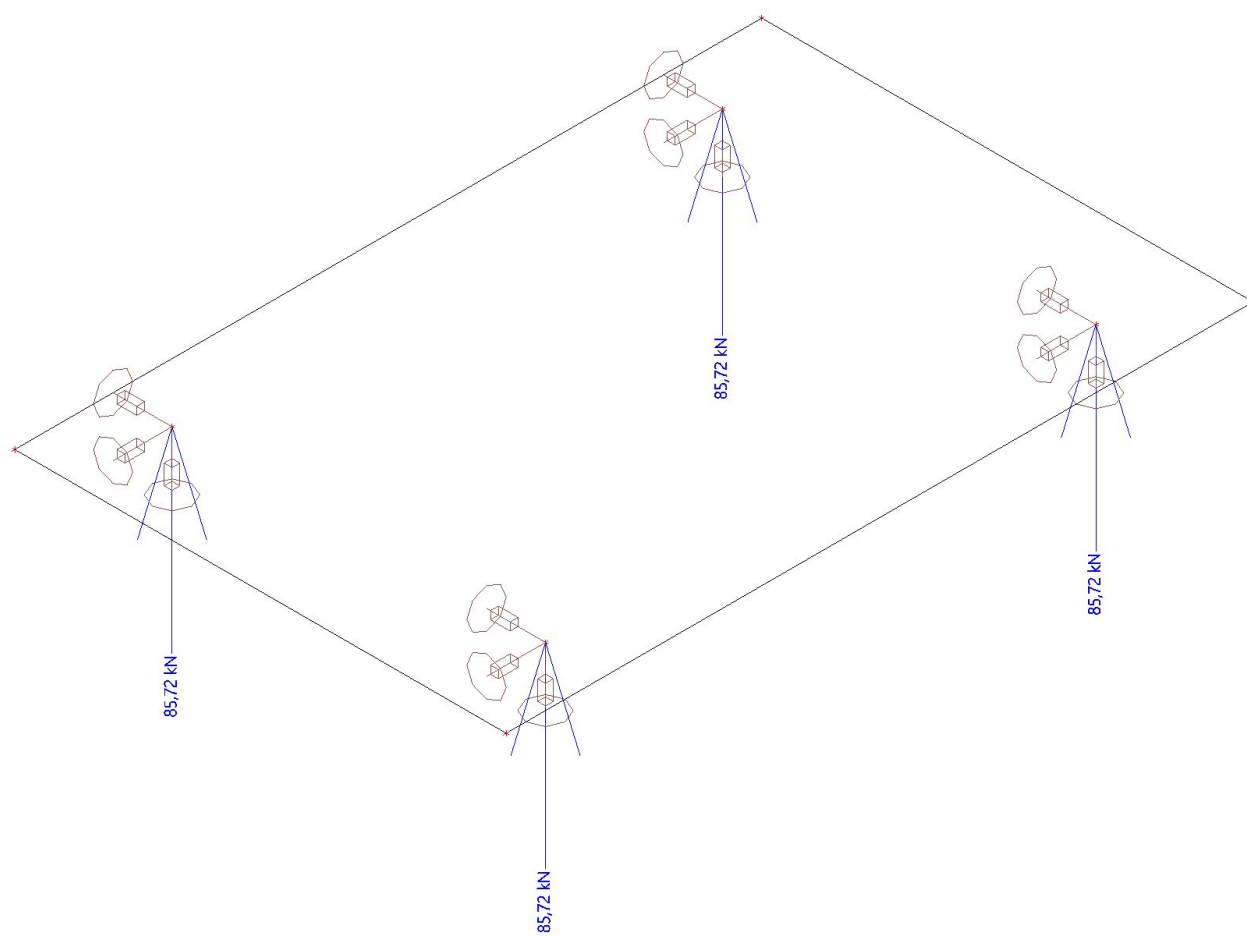
Selection: All

Actions on supports

Name	Case	R _z [kN]
Sn1/N55	BG1	-17,81
Sn1/N55	BG3	-11,88
Sn1/N55	BG4	-1,33
Sn1/N55	BG2	-32,49
Sn2/N54	BG1	-17,81
Sn2/N54	BG3	-11,88
Sn2/N54	BG4	-1,33
Sn2/N54	BG2	-32,49
Sn3/N53	BG1	-17,81
Sn3/N53	BG3	-11,88
Sn3/N53	BG4	-1,33
Sn3/N53	BG2	-32,49
Sn4/N52	BG1	-17,81
Sn4/N52	BG3	-11,88
Sn4/N52	BG4	-1,33
Sn4/N52	BG2	-32,49



Values: R_z
Linear calculation
System: Global
Extreme: No
Selection: All





Linear calculation

System: Global

Extreme: No

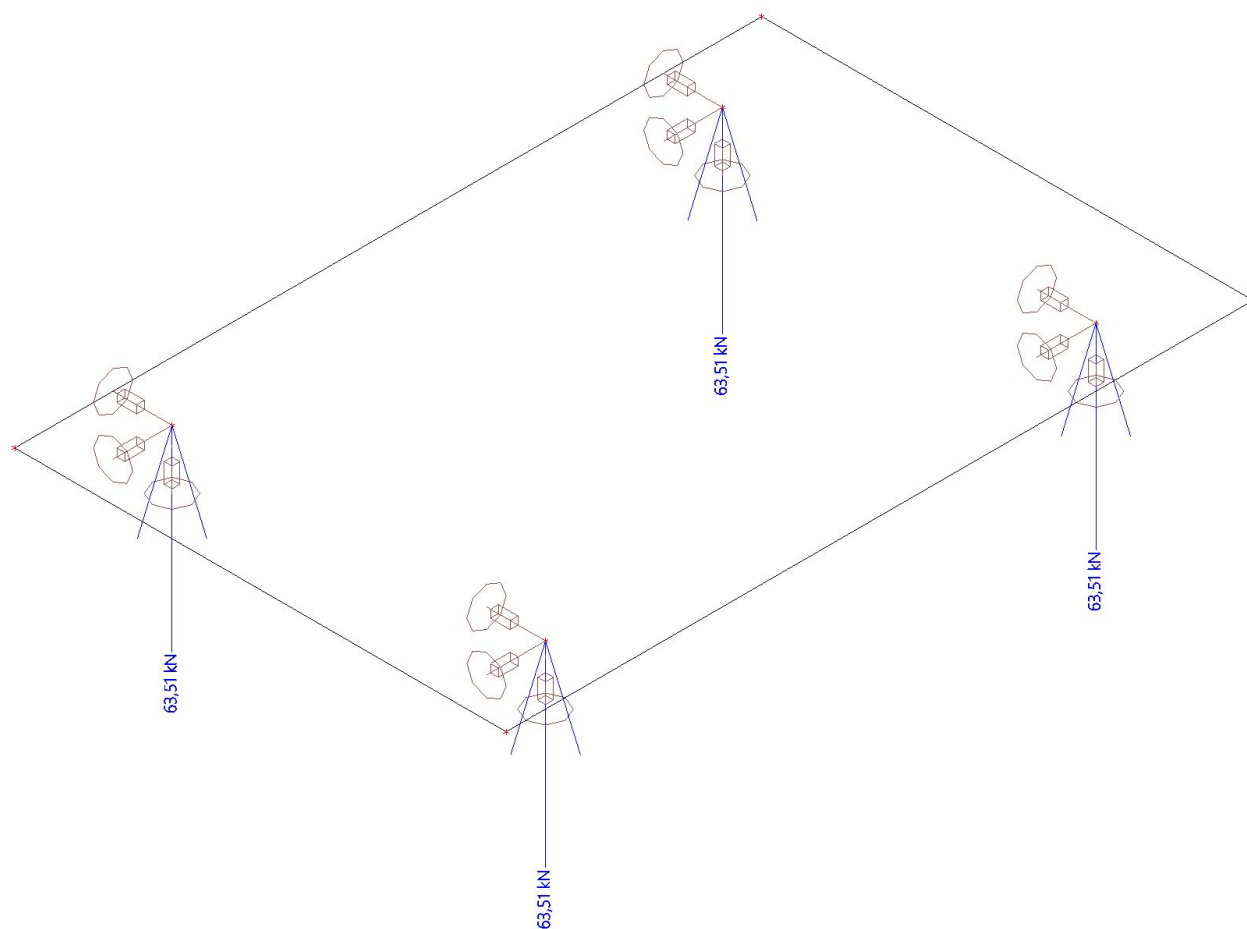
Selection: All

Actions on supports

Name	Case	R _z [kN]
Sn1/N55	BG1	-17,81
Sn1/N55	BG3	-11,88
Sn1/N55	BG4	-1,33
Sn1/N55	BG2	-32,49
Sn2/N54	BG1	-17,81
Sn2/N54	BG3	-11,88
Sn2/N54	BG4	-1,33
Sn2/N54	BG2	-32,49
Sn3/N53	BG1	-17,81
Sn3/N53	BG3	-11,88
Sn3/N53	BG4	-1,33
Sn3/N53	BG2	-32,49
Sn4/N52	BG1	-17,81
Sn4/N52	BG3	-11,88
Sn4/N52	BG4	-1,33
Sn4/N52	BG2	-32,49



Values: R_z
Linear calculation
System: Global
Extreme: No
Selection: All



II. Wapeningsberekeningen



Wapeningsberekening rechthoekige betondoorsnede conform NEN-EN1992-1-1+C2:2011/NB

Materiaaleigenschappen beton

sterkte	f_{ck}	f_{cm}	γ_c	f_{cd}	f_{ctm}	f_{ctd}	E_{cm}	$E_{cm,1}$	ϵ_{c3}	ϵ_{cu3}
klasse	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[‰]	[‰]
C30/37	30	38	1,5	20	2,9	1,35	32837	11400	1,75	3,5

Materiaaleigenschappen betonstaal

staal	f_{yk}	γ_s	f_{yd}	ϵ_s	ϵ_{su}	E_s	α	ξ	profiel
	[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]	[‰]	[‰]	[N/mm ²]	[K ⁻¹]	[‰]	
B500B	500	1,15	435	2,175	5,0	200000	10 ⁻⁵	1	geribd

Gegevens betondoorsnede

Betondoorsnede $b = 1000$ mm $h = 300$ mm

Krachten

Moment (moment positief invoeren) $M_{rep} = 7,2$ kNm $M_{Ed} = 9,7$ kNm
 Normaalkracht (trekkracht positief invoeren) $N_{rep} = 0,0$ kN $N_{Ed} = 0,0$ kN
 Rek (krimp) $\epsilon_{cs} = 0$ ‰

Dekking en wapening

Toegepaste betondekking meest getrokken zijde $c_{toeg} = 30$ mm
 Minimum betondekking $c_{nom} = 25$ mm
 Diameter verdeelwapening in buitenste laag
 1^e laag $\emptyset = 10$ mm
 2^e laag $\emptyset = 0$ mm
 Toegepaste wapening meest getrokken zijde
 $\emptyset 10 - 150$
 $\emptyset 12 - 0$
 $0 \emptyset 10 - 0$
 $A_{s,toeg} = 524$ mm²/m
 $\emptyset_{eq} = 10,0$ mm
 Toegepaste betondekking minst getrokken / druk zijde $c_{toeg} = 35$ mm
 Minimum betondekking $c_{nom} = 30$ mm
 Diameter verdeelwapening in buitenste laag
 1^e laag $\emptyset = 10$ mm
 2^e laag $\emptyset = 0$ mm
 Wapening minst getrokken/ druk zijde
 $\emptyset 10 - 150$
 $\emptyset 12 - 0$
 $0 \emptyset 12 - 0$
 $A_{s,toeg} = 524$ mm²/m
 $\emptyset_{eq} = 10,0$ mm

Berekening Wapening

Nuttige hoogte $d = 255$ mm
 Hoogte drukzone $x_u = 2,55$ mm
 Hefboomsarm van de wapening $z = 254$ mm
 Benodigde hoeveelheid wapening $\frac{0,5N_{Ed}}{f_{yd}} + \frac{M_{Ed}}{f_{yd} z} = 88$ mm²/m
 Minimum wapening $A_{s,min} = 110$ mm²/m
 Maximum wapening $A_{s,max} = 3953$ mm²/m

Opneembare moment $MRd = 57,9$ kNm

Toetsing UGT $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{9,7}{57,9} = 0,17 < 1,0$ voldoet



Berekening scheurwijdte

De doorsnede wordt belast door

De belastingduur is

Toelaatbare scheurwijdte

Nuttige hoogte

Hoogte drukzone

Hefboomsarm van de wapening

buiging

langdurend

w	0,200	mm
d	255	mm
x	60	mm
z	235	mm

Spanning door normaalkracht en moment

Spanning door rek ($\epsilon_{cs} E_s$)

Totale spanning ($\sigma_s + \sigma_{s,rek}$)

Rek wapening (meest getrokken zijde)

σ_s	54,1	N/mm ²
$\sigma_{s,rek}$	0,0	N/mm ²
$\sigma_{s,1}$	54,1	N/mm ²
$\epsilon_{s,1}$	0,270	‰
ϵ_1	0,333	‰

Spanning en rek minst getrokken / druk zijde

Spanning door normaalkracht en moment

Spanning door rek ($\epsilon_{cs} E_s$)

Totale spanning ($\sigma_s + \sigma_{s,rek}$)

Rek wapening (minst getrokken zijde)

σ_s	0,0	N/mm ²
$\sigma_{s,rek}$	0,0	N/mm ²
$\sigma_{s,2}$	0,0	N/mm ²
$\epsilon_{s,2}$	0,000	‰
ϵ_2	0,000	‰

Drukspanning betondoorsnede

Rek betondoorsnede

Verhouding E_s / E_{cm}

Hoogte effectief trekspanningsgebied $h_{c,eff}$ kleinste waarde van

σ_c	0,946	N/mm ²
ϵ_c	0,083	‰
α_e	6,091	
2,5(h-d)	112,5	mm

h/2	150,0	mm
(h-x)/3	80,0	mm

Hoogte effectief trekspanningsgebied

Meewerkende oppervlakte van het beton onder trek ($b h_{c,eff}$)

Effectieve wapeningsverhouding ($A_s / A_{c,eff}$)

Factor die afhangt van de belastingduur

Gemiddelde waarde van de axiale treksterkte van beton ($f_{ct,eff} = f_{ctm}$)

$h_{c,eff}$	80,0	mm
$A_{c,eff}$	80042	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0,007	
k_t	0,400	
$f_{ct,eff}$	2,90	N/mm ²

De gemiddelde rek

$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = (\sigma_s - k_t f_{ct,eff} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff}) / \rho_{p,eff}) / E_s \geq 0,6 \sigma_s / E_s$

$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ 0,00016

Maximale hoh om 7.11 toe te mogen passen

$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} \leq \text{MAX}(50 - 0,8 f_{ck}) \phi$ en 15 ϕ

5(c+ 1/2 ϕ)	225	mm
(50-0,8 f_{ck}) ϕ	260	mm
15 ϕ	150	mm

Coëfficiënt die rekening houdt met de aanhechtingseigenschappen

Coëfficiënt die rekening houdt met de rekverdeling

k_1	0,80	
k_2	0,50	
k_3	3,40	
k_4	0,425	

$k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$ 395,9 mm

Maximale uiteindelijke scheurafstand

Factor $k_x = c_{toeg} / c_{nom}$

Toelaatbare scheurwijdte $w = k_x w_k$

Berekende scheurwijdte $w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$

$S_{r,max}$	260,0	mm
k_x	1,20	
w	0,240	mm
w_k	0,042	mm

Toetsing scheurwijdte $\frac{w_k}{w} = \frac{0,042}{0,240} = 0,18 < 1,0$ voldoet



Wapeningsberekening rechthoekige betondoorsnede conform NEN-EN1992-1-1+C2:2011/NB

Materiaaleigenschappen beton

sterkte	f_{ck}	f_{cm}	γ_c	f_{cd}	f_{ctm}	f_{ctd}	E_{cm}	$E_{cm,1}$	ϵ_{c3}	ϵ_{cu3}
klasse	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[‰]	[‰]
C30/37	30	38	1,5	20	2,9	1,35	32837	11400	1,75	3,5

Materiaaleigenschappen betonstaal

staal	f_{yk}	γ_s	f_{yd}	ϵ_s	ϵ_{su}	E_s	α	ξ	profiel
	[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]	[‰]	[‰]	[N/mm ²]	[K ⁻¹]	[‰]	
B500B	500	1,15	435	2,175	5,0	200000	10 ⁻⁵	1	geribd

Gegevens betondoorsnede

Betondoorsnede $b = 1000$ mm $h = 300$ mm

Krachten

Moment (moment positief invoeren) $M_{rep} = 7,7$ kNm $M_{Ed} = 10,3$ kNm
 Normaalkracht (trekkracht positief invoeren) $N_{rep} = 0,0$ kN $N_{Ed} = 0,0$ kN
 Rek (krimpen) $\epsilon_{cs} = 0$ ‰

Dekking en wapening

Toegepaste betondekking meest getrokken zijde $c_{toeg} = 30$ mm
 Minimum betondekking $c_{nom} = 25$ mm
 Diameter verdeelwapening in buitenste laag
 1^e laag $\emptyset = 0$ mm
 2^e laag $\emptyset = 0$ mm
 Toegepaste wapening meest getrokken zijde
 $\emptyset 10 - 150$
 $\emptyset 12 - 0$
 $0 \emptyset 10 - 0$
 $A_{s,toeg} = 524$ mm²/m
 $\emptyset_{eq} = 10,0$ mm
 Toegepaste betondekking minst getrokken / druk zijde $c_{toeg} = 35$ mm
 Minimum betondekking $c_{nom} = 30$ mm
 Diameter verdeelwapening in buitenste laag
 1^e laag $\emptyset = 0$ mm
 2^e laag $\emptyset = 0$ mm
 Wapening minst getrokken/ druk zijde
 $\emptyset 10 - 150$
 $\emptyset 12 - 0$
 $0 \emptyset 12 - 0$
 $A_{s,toeg} = 524$ mm²/m
 $\emptyset_{eq} = 10,0$ mm

Berekening Wapening

Nuttige hoogte $d = 265$ mm
 Hoogte drukzone $x_u = 2,61$ mm
 Hefboomsarm van de wapening $z = 264$ mm
 Benodigde hoeveelheid wapening $\frac{0,5N_{Ed}}{f_{yd}} + \frac{M_{Ed}}{f_{yd} z} = 90$ mm²/m
 Minimum wapening $A_{s,min} = 113$ mm²/m
 Maximum wapening $A_{s,max} = 4108$ mm²/m

Opneembare moment $MRd = 60,1$ kNm

Toetsing UGT $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{10,3}{60,1} = 0,17 < 1,0$ voldoet



Berekening scheurwijdte

De doorsnede wordt belast door

De belastingduur is

Toelaatbare scheurwijdte

Nuttige hoogte

Hoogte drukzone

Hefboomsarm van de wapening

buiging

langdurend

w	0,200	mm
d	265	mm
x	61	mm
z	245	mm

Spanning door normaalkracht en moment

Spanning door rek ($\epsilon_{cs} E_s$)

Totale spanning ($\sigma_s + \sigma_{s,rek}$)

Rek wapening (meest getrokken zijde)

σ_s	55,4	N/mm ²
$\sigma_{s,rek}$	0,0	N/mm ²
$\sigma_{s,1}$	55,4	N/mm ²
$\epsilon_{s,1}$	0,277	‰
ϵ_1	0,325	‰

Spanning en rek minst getrokken / druk zijde

Spanning door normaalkracht en moment

Spanning door rek ($\epsilon_{cs} E_s$)

Totale spanning ($\sigma_s + \sigma_{s,rek}$)

Rek wapening (minst getrokken zijde)

σ_s	0,0	N/mm ²
$\sigma_{s,rek}$	0,0	N/mm ²
$\sigma_{s,2}$	0,0	N/mm ²
$\epsilon_{s,2}$	0,000	‰
ϵ_2	0,000	‰

Drukspanning betondoorsnede

Rek betondoorsnede

Verhouding E_s / E_{cm}

Hoogte effectief trekspanningsgebied $h_{c,eff}$ kleinste waarde van

σ_c	0,948	N/mm ²
ϵ_c	0,083	‰
α_e	6,091	
2,5(h-d)	87,5	mm

h/2	150,0	mm
(h-x)/3	79,6	mm
$h_{c,eff}$	79,6	mm

Hoogte effectief trekspanningsgebied

Meewerkende oppervlakte van het beton onder trek ($b h_{c,eff}$)

Effectieve wapeningsverhouding ($A_s / A_{c,eff}$)

Factor die afhangt van de belastingduur

Gemiddelde waarde van de axiale treksterkte van beton ($f_{ct,eff} = f_{ctm}$)

$A_{c,eff}$	79603	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0,007	
k_t	0,400	
$f_{ct,eff}$	2,90	N/mm ²

De gemiddelde rek

$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = (\sigma_s - k_t f_{ct,eff} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff}) / \rho_{p,eff}) / E_s \geq 0,6 \sigma_s / E_s$

$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ 0,00017

Maximale hoh om 7.11 toe te mogen passen

$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} \leq \text{MAX}(50 - 0,8 f_{ck}) \phi$ en 15 ϕ

5(c+ 1/2 ϕ)	175	mm
(50-0,8 f_{ck}) ϕ	260	mm
15 ϕ	150	mm

Coëfficiënt die rekening houdt met de aanhechtingseigenschappen

Coëfficiënt die rekening houdt met de rekverdeling

k_1	0,80	
k_2	0,50	
k_3	3,40	
k_4	0,425	

$k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$ 360,5 mm

Maximale uiteindelijke scheurafstand

Factor $k_x = c_{toeg} / c_{nom}$

Toelaatbare scheurwijdte $w = k_x w_k$

Berekende scheurwijdte $w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$

$S_{r,max}$	260,0	mm
k_x	1,20	
w	0,240	mm
w_k	0,043	mm

Toetsing scheurwijdte $\frac{w_k}{w} = \frac{0,043}{0,240} = 0,18 < 1,0$ voldoet



Wapeningsberekening rechthoekige betondoorsnede conform NEN-EN1992-1-1+C2:2011/NB

Materiaaleigenschappen beton

sterkte	f_{ck}	f_{cm}	γ_c	f_{cd}	f_{ctm}	f_{ctd}	E_{cm}	$E_{cm,1}$	ϵ_{c3}	ϵ_{cu3}
klasse	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[‰]	[‰]
C30/37	30	38	1,5	20	2,9	1,35	32837	11400	1,75	3,5

Materiaaleigenschappen betonstaal

staal	f_{yk}	γ_s	f_{yd}	ϵ_s	ϵ_{su}	E_s	α	ξ	profiel
	[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]	[‰]	[‰]	[N/mm ²]	[K ⁻¹]	[‰]	
B500B	500	1,15	435	2,175	5,0	200000	10 ⁻⁵	1	geribd

Gegevens betondoorsnede

Betondoorsnede $b = 1000$ mm $h = 300$ mm

Krachten

Moment (moment positief invoeren) $M_{rep} = 12,9$ kNm $M_{Ed} = 17,4$ kNm
 Normaalkracht (trekkracht positief invoeren) $N_{rep} = 0,0$ kN $N_{Ed} = 0,0$ kN
 Rek (krimp) $\epsilon_{cs} = 0$ ‰

Dekking en wapening

Toegepaste betondekking meest getrokken zijde $c_{toeg} = 35$ mm
 Minimum betondekking $c_{nom} = 30$ mm
 Diameter verdeelwapening in buitenste laag
 1^e laag $\emptyset = 10$ mm
 2^e laag $\emptyset = 0$ mm
 Toegepaste wapening meest getrokken zijde
 $\emptyset 10 - 150$
 $\emptyset 12 - 0$
 $0 \emptyset 10 - 0$
 $A_{s,toeg} = 524$ mm²/m
 $\emptyset_{eq} = 10,0$ mm
 Toegepaste betondekking minst getrokken / druk zijde $c_{toeg} = 30$ mm
 Minimum betondekking $c_{nom} = 30$ mm
 Diameter verdeelwapening in buitenste laag
 1^e laag $\emptyset = 10$ mm
 2^e laag $\emptyset = 0$ mm
 Wapening minst getrokken/ druk zijde
 $\emptyset 12 - 150$
 $\emptyset 12 - 0$
 $0 \emptyset 12 - 0$
 $A_{s,toeg} = 754$ mm²/m
 $\emptyset_{eq} = 12,0$ mm

Berekening Wapening

Nuttige hoogte $d = 250$ mm
 Hoogte drukzone $x_u = 4,67$ mm
 Hefboomsarm van de wapening $z = 248$ mm
 Benodigde hoeveelheid wapening $\frac{0,5N_{Ed}}{f_{yd}} + \frac{M_{Ed}}{f_{yd} z} = 161$ mm²/m
 Minimum wapening $A_{s,min} = 201$ mm²/m
 Maximum wapening $A_{s,max} = 3875$ mm²/m

Opneembare moment $MRd = 56,5$ kNm

Toetsing UGT
 $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{17,4}{56,5} = 0,31 < 1,0$ voldoet



Berekening scheurwijdte

De doorsnede wordt belast door

De belastingduur is

Toelaatbare scheurwijdte

Nuttige hoogte

Hoogte drukzone

Hefboomsarm van de wapening

buiging

langdurend

w	0,200	mm
d	250	mm
x	59	mm
z	230	mm

Spanning door normaalkracht en moment

Spanning door rek ($\epsilon_{cs} E_s$)

Totale spanning ($\sigma_s + \sigma_{s,rek}$)

Rek wapening (meest getrokken zijde)

σ_s	99,3	N/mm ²
$\sigma_{s,rek}$	0,0	N/mm ²
$\sigma_{s,1}$	99,3	N/mm ²
$\epsilon_{s,1}$	0,496	‰
ϵ_1	0,626	‰

Spanning en rek minst getrokken / druk zijde

Spanning door normaalkracht en moment

Spanning door rek ($\epsilon_{cs} E_s$)

Totale spanning ($\sigma_s + \sigma_{s,rek}$)

Rek wapening (minst getrokken zijde)

σ_s	0,0	N/mm ²
$\sigma_{s,rek}$	0,0	N/mm ²
$\sigma_{s,2}$	0,0	N/mm ²
$\epsilon_{s,2}$	0,000	‰
ϵ_2	0,000	‰

Drukspanning betondoorsnede

Rek betondoorsnede

Verhouding E_s / E_{cm}

Hoogte effectief trekspanningsgebied $h_{c,eff}$ kleinste waarde van

σ_c	1,756	N/mm ²
ϵ_c	0,154	‰
α_e	6,091	
2,5(h-d)	125,0	mm

h/2	150,0	mm
(h-x)/3	80,3	mm

Hoogte effectief trekspanningsgebied

Meewerkende oppervlakte van het beton onder trek ($b h_{c,eff}$)

Effectieve wapeningsverhouding ($A_s / A_{c,eff}$)

Factor die afhangt van de belastingduur

Gemiddelde waarde van de axiale treksterkte van beton ($f_{ct,eff} = f_{ctm}$)

$h_{c,eff}$	80,3	mm
$A_{c,eff}$	80265	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0,007	
k_t	0,400	
$f_{ct,eff}$	2,90	N/mm ²

De gemiddelde rek

$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = (\sigma_s - k_t f_{ct,eff} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff}) / \rho_{p,eff}) / E_s \geq 0,6 \sigma_s / E_s$

$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ 0,00030

Maximale hoh om 7.11 toe te mogen passen

$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} \leq \text{MAX}(50 - 0,8 f_{ck}) \phi$ en 15 ϕ

5(c+ 1/2 ϕ)	250	mm
(50-0,8 f_{ck}) ϕ	260	mm
15 ϕ	150	mm

Coëfficiënt die rekening houdt met de aanhechtingseigenschappen

Coëfficiënt die rekening houdt met de rekverdeling

k_1	0,80	
k_2	0,50	
k_3	3,40	
k_4	0,425	

$k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$ 413,6 mm

Maximale uiteindelijke scheurafstand

Factor $k_x = c_{toeg} / c_{nom}$

Toelaatbare scheurwijdte $w = k_x w_k$

Berekende scheurwijdte $w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$

$S_{r,max}$	260,0	mm
k_x	1,17	
w	0,233	mm
w_k	0,077	mm

Toetsing scheurwijdte $\frac{w_k}{w} = \frac{0,077}{0,233} = 0,33 < 1,0$ voldoet



Wapeningsberekening rechthoekige betondoorsnede conform NEN-EN1992-1-1+C2:2011/NB

Materiaaleigenschappen beton

sterkte	f_{ck}	f_{cm}	γ_c	f_{cd}	f_{ctm}	f_{ctd}	E_{cm}	$E_{cm,1}$	ϵ_{c3}	ϵ_{cu3}
klasse	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[‰]	[‰]
C30/37	30	38	1,5	20	2,9	1,35	32837	11400	1,75	3,5

Materiaaleigenschappen betonstaal

staal	f_{yk}	γ_s	f_{yd}	ϵ_s	ϵ_{su}	E_s	α	ξ	profiel
	[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]	[‰]	[‰]	[N/mm ²]	[K ⁻¹]	[‰]	
B500B	500	1,15	435	2,175	5,0	200000	10 ⁻⁵	1	geribd

Gegevens betondoorsnede

Betondoorsnede $b = 1000$ mm $h = 300$ mm

Krachten

Moment (moment positief invoeren) $M_{rep} = 25,2$ kNm $M_{Ed} = 34,0$ kNm
 Normaalkracht (trekkracht positief invoeren) $N_{rep} = 0,0$ kN $N_{Ed} = 0,0$ kN
 Rek (krimp) $\epsilon_{cs} = 0$ ‰

Dekking en wapening

Toegepaste betondekking meest getrokken zijde $c_{toeg} = 35$ mm
 Minimum betondekking $c_{nom} = 30$ mm
 Diameter verdeelwapening in buitenste laag
 1^e laag $\emptyset = 0$ mm
 2^e laag $\emptyset = 0$ mm
 Toegepaste wapening meest getrokken zijde
 $\emptyset 10 - 150$
 $\emptyset 12 - 0$
 $0 \emptyset 10 - 0$
 $A_{s,toeg} = 524$ mm²/m
 $\emptyset_{eq} = 10,0$ mm
 Toegepaste betondekking minst getrokken / druk zijde $c_{toeg} = 30$ mm
 Minimum betondekking $c_{nom} = 30$ mm
 Diameter verdeelwapening in buitenste laag
 1^e laag $\emptyset = 0$ mm
 2^e laag $\emptyset = 0$ mm
 Wapening minst getrokken/ druk zijde
 $\emptyset 10 - 150$
 $\emptyset 12 - 0$
 $0 \emptyset 12 - 0$
 $A_{s,toeg} = 524$ mm²/m
 $\emptyset_{eq} = 10,0$ mm

Berekening Wapening

Nuttige hoogte $d = 260$ mm
 Hoogte drukzone $x_u = 8,83$ mm
 Hefboomsarm van de wapening $z = 257$ mm
 Benodigde hoeveelheid wapening $\frac{0,5N_{Ed}}{f_{yd}} + \frac{M_{Ed}}{f_{yd} z} = 305$ mm²/m
 Minimum wapening $A_{s,min} = 381$ mm²/m
 Maximum wapening $A_{s,max} = 4030$ mm²/m

Opneembare moment $MRd = 58,4$ kNm

Toetsing UGT
 $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{34,0}{58,4} = 0,58 < 1,0$ voldoet



Berekening scheurwijdte

De doorsnede wordt belast door

De belastingduur is

Toelaatbare scheurwijdte

Nuttige hoogte

Hoogte drukzone

Hefboomsarm van de wapening

buiging

langdurend

w	0,200	mm
d	260	mm
x	61	mm
z	240	mm

Spanning door normaalkracht en moment

Spanning door rek ($\epsilon_{cs} E_s$)

Totale spanning ($\sigma_s + \sigma_{s,rek}$)

Rek wapening (meest getrokken zijde)

σ_s	187,6	N/mm ²
$\sigma_{s,rek}$	0,0	N/mm ²
$\sigma_{s,1}$	187,6	N/mm ²
$\epsilon_{s,1}$	0,938	‰
ϵ_1	1,126	‰

Spanning en rek minst getrokken / druk zijde

Spanning door normaalkracht en moment

Spanning door rek ($\epsilon_{cs} E_s$)

Totale spanning ($\sigma_s + \sigma_{s,rek}$)

Rek wapening (minst getrokken zijde)

σ_s	0,0	N/mm ²
$\sigma_{s,rek}$	0,0	N/mm ²
$\sigma_{s,2}$	0,0	N/mm ²
$\epsilon_{s,2}$	0,000	‰
ϵ_2	0,000	‰

Drukspanning betondoorsnede

Rek betondoorsnede

Verhouding E_s / E_{cm}

Hoogte effectief trekspanningsgebied $h_{c,eff}$ kleinste waarde van

σ_c	3,245	N/mm ²
ϵ_c	0,285	‰
α_e	6,091	
2,5(h-d)	100,0	mm

h/2	150,0	mm
(h-x)/3	79,8	mm

Hoogte effectief trekspanningsgebied

Meewerkende oppervlakte van het beton onder trek ($b h_{c,eff}$)

Effectieve wapeningsverhouding ($A_s / A_{c,eff}$)

Factor die afhangt van de belastingduur

Gemiddelde waarde van de axiale treksterkte van beton ($f_{ct,eff} = f_{ctm}$)

$h_{c,eff}$	79,8	mm
$A_{c,eff}$	79822	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0,007	
k_t	0,400	
$f_{ct,eff}$	2,90	N/mm ²

De gemiddelde rek

$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = (\sigma_s - k_t f_{ct,eff} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff}) / \rho_{p,eff}) / E_s \geq 0,6 \sigma_s / E_s$

$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ 0,00056

Maximale hoh om 7.11 toe te mogen passen

$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} \leq \text{MAX}(50 - 0,8 f_{ck}) \phi$ en 15 ϕ

5(c+ 1/2 ϕ)	200	mm
(50-0,8 f_{ck}) ϕ	260	mm
15 ϕ	150	mm

Coëfficiënt die rekening houdt met de aanhechtingseigenschappen

Coëfficiënt die rekening houdt met de rekverdeling

k_1	0,80	
k_2	0,50	
k_3	3,40	
k_4	0,425	

$k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$ 378,2 mm

Maximale uiteindelijke scheurafstand

Factor $k_x = c_{toeg} / c_{nom}$

Toelaatbare scheurwijdte $w = k_x w_k$

Berekende scheurwijdte $w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$

$S_{r,max}$	260,0	mm
k_x	1,17	
w	0,233	mm
w_k	0,146	mm

Toetsing scheurwijdte $\frac{w_k}{w} = \frac{0,146}{0,233} = 0,63 < 1,0$ voldoet

III. Toetsing pons

Project : INFR250732
 Onderdeel : Trafohuis
 Datum : 16/06/2026
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : \\iv.local\projecten\in\INFR241088 HHNK, HWBP
 PU-fase HDH\04 Producten\02 Berekening\Fundering
 trafo\pons.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010,A1:2019	NB:2019(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1/C11:2019	NB:2019(nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011(nl)	C2/A1:2015(nl)	NB:2016(nl)

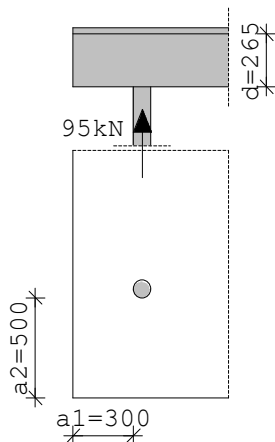
Pons. (B)

GEOMETRIE

Kolomvorm : Rond
 Vorm omtrek : Cirkelvormig
 Kolomsoort : Hoek - onder de vloer - art. 6.4.4 (1) (6.47)
 Betonkwaliteit : C30/37
 Nuttige hoogte d [mm]: 265

Kolom

Breedte lastvlak c [mm]: 89
 Randafstand a_1 [mm]: 300 Randafstand a_2 [mm]: 500



WAPENING

Langswapening in plaat			
y-richting	: 10-150	z-richting	: 10-150
Wapeningsratio ρ_{1y}	: 0.00198	Wapeningsratio ρ_{1z}	: 0.00198
Staalkwaliteit	: B500A		
Radiale afstand s_r [mm]	: 198	Tangentiële afstand s_t [mm]	: 397
Beugel diameter [mm]	: 8	Hoek α	: 90

BELASTING

Kracht V_{Ed} [kN]: 95.0

Project : INFR250732
 Onderdeel : Trafohuis
 Datum : 16/06/2026
 Eenheden : kN/m/rad

RESULTATEN

Ponsomtrek	$V_{Rd,c}$	$V_{Rd,max}$	V_{Ed}	$V_{Rd,s}$	A_{sw}/s_r	A_{sw}	code
[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[mm ² /mm]	[mm ²]	
u_0	140	n.v.t.	4.22	3.85	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
u_1	1791	0.49	4.22	0.30	0.00	0.00	0 [42]

Opmerkingen

[42] Er is geen ponswapening nodig ($v_{Ed} < v_{Rd,c}$).