

Notitie

Geotechnisch advies te Vlaardingen

***In opdracht van
Buro Hoogstraat***

Datum: 15 januari 2025

Projectnummer: B0013

Referentie: VWB/B0013/25/ALG/2059

Opdrachtgever: Buro Hoogstraat

Referentie: P05267

Auteur:

N. van der Zouw

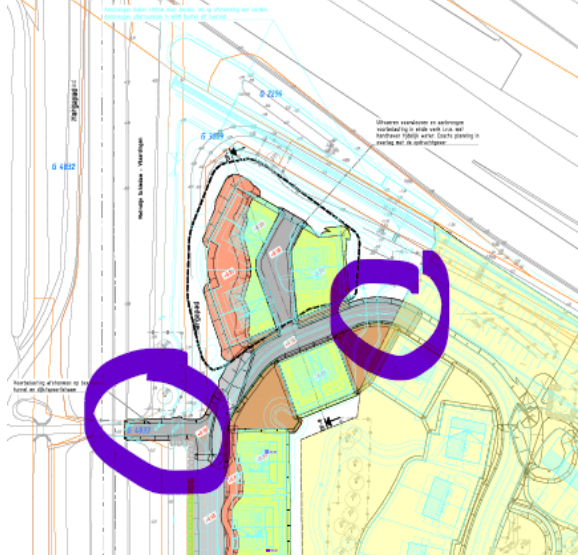
n.vanderzouw@vwb.nl

+31 (0)610682621

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'N. van der Zouw'.

Inleiding

Aan de oostkant van Vlaardingen wordt door Heijmans de woonwijk Park Vijfsluizen ontwikkeld. In de uitvoering is nu de vraag gesteld of bij twee te realiseren duikerbruggen de fundatie op staal kan worden gerealiseerd. In opdracht van Buro Hoogstraat heeft het Veldwerkbureau deze afweging beschouwd. In deze memo zijn de resultaten beschreven.



Figuur 1 – Locatie 2 duikerbruggen

De twee te onderscheiden duikerbruggen zijn niet gelijk. De westelijk gelegen locatie betreft een fietspad en betreft het type D8 [07]. De meer oostelijk gelegen brugduiker is aangeduid met type D29 [06].

Uitgangspunten

Basisgegevens

In de uitwerking van dit advies is gebruik gemaakt van Normeringen, leidraden, online gegevens en documenten die de opdrachtgever heeft verstrekt. De volgende bronnen zijn gebruikt:

- [01] NEN 9997-1:2017: Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels.
- [02] CUR 162: Handboek Construeren met grond.
- [03] Ingemeten maaiveldhoogtes, bestand “2210_V7-BS_Situ - M00002307-2210.pdf”..
- [04] Geotechnische zettingsberekeningen bouwrijp maken door GeoRisQ, bestand “191210 1324 Vijfsluizen GR0058-MEM-002 v1.0 (ondertekend).pdf”.
- [05] Geïnstalleerde verticale drainage overzicht, bestand “NL.953 Heijmans Infra Vlaardingen Vijfsluizen , tekening diepte verticale Key-plan.pdf”.
- [06] Detail duikerbrug D29, bestand “NL.Vla.01_Details DOIP_D29_duikerbrug.pdf”.
- [07] Detail duikerbrug D 8, bestand “NL.Vla.01_Profielen VOIP_8.pdf”.
- [08] Uitwerking en berekening oeverbescherming Heijmans, bestand “VIJFSLUIZEN-MEM-001_2-0.pdf”.
- [09] Grondonderzoek door Fugro, bestand “BIJ 07 9017-0533-000_21_KR01_20170412-GEO.pdf”.
- [10] Grondonderzoek door Geonius, bestand “GA211769.R01.V1.0.pdf”.
- [11] Voorbelastingstekening door Arcadis, bestand “VSN-ARC-SI-00-M2-CE-TO-2240-VB_Boven - M00002301-2243.pdf”.
- [12] Voorbelasting dwarsprofielen door Arcadis, bestand “VSN-ARC-SI-00-M2-CE-TO-2250-Profielen - M00002313-2250.pdf”.
- [13] Zettingsprognose door Arcadis, bestand “Zettingsprognose Vijfsluizen - D10056504.pdf”.
- [14] Actuele luchtfoto's: <https://www.pdok.nl>.
- [15] Actueel Hoogtebestand Nederland: ahn.nl

Grondonderzoek

Beschikbaar grondonderzoek is gevonden in de documenten [08], [09] en [10]. Onderstaand zijn de sondeerlocaties inzichtelijk gemaakt.



Figuur 2 Sondeerlocaties van Inpijn Blokpoel (IB), Fugro (F), Geonius (G) en IJB geotechniek

Hieruit volgt dat de afstand tussen sondeerlocaties en te realiseren fiets duikerbrug D8 te ver verwijderd is. Voor een fundatieberekening is strikt genomen een aanvullende sondering nodig. Echter omdat de grondopbouw in het hele gebied redelijk homogeen is sondering S10 representatief voor het grondprofiel.

Voor de verkeers-duikerbrug D29 zijn de sonderingen van Inpijn blokpoel [08] en Geonius [10] representatief. De afstand tot de duiker is maximaal 10 meter voor sonderingen IB_DKM40 en G_s01. De grondopbouw uit de sonderingen is vergelijkbaar, de sondering van geonius (G_s01) is aangehouden in de uitwerking.

Beschouwing fundatietype

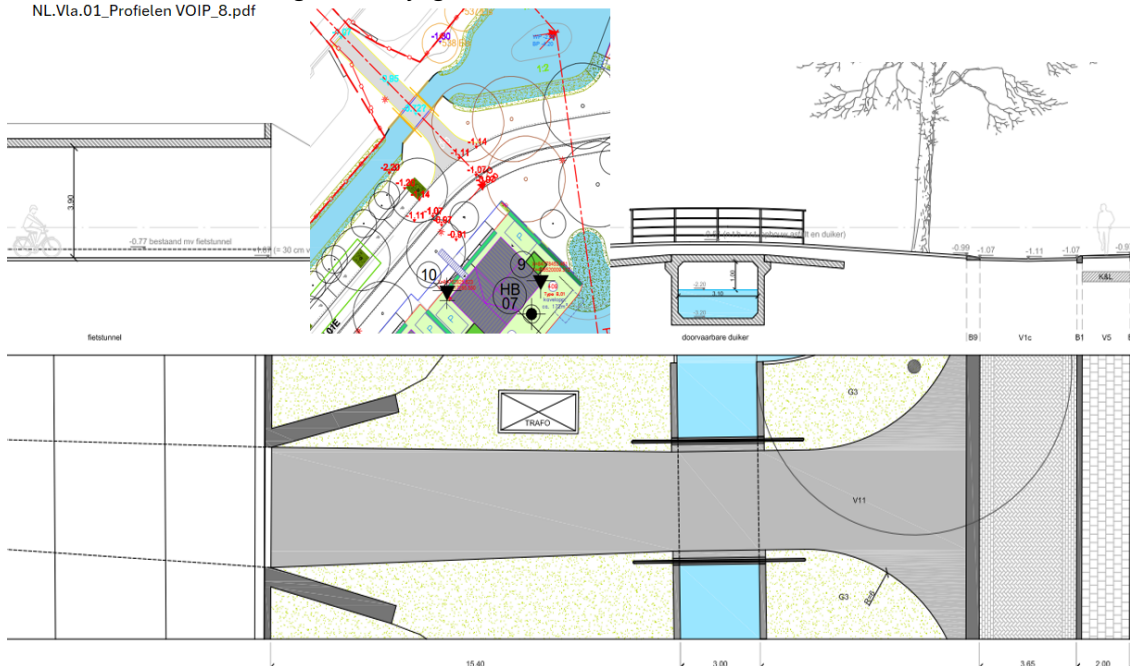
Voor de aangegeven locaties in Figuur 1 is gevraagd of een fundering op staal mogelijk is. De haalbaarheid is afhankelijk van de geometrie

Uitwerking duikerbrug type D8 (Fietspad, westelijke locatie)

De meest westelijk gelegen locatie betreft een fietspad dat aansluit op een bestaande fietspad met duiker onder de metrobaan. De locatie is voorbelast geweest maar er is geen verticale drainage geïnstalleerd. De opgetreden zettingen uit de zakbaakevaluatie zijn hier niet van toepassing.

Onderstaand is de situering inzichtelijk gemaakt.

NL.Vla.01_Profielen VOIP_8.pdf



Figuur 3 - locatie brugduiker D8 - fietspad

Afmetingen duiker:

Lengte 3 m

Breedte 3,5 m breed.

Oppervlak 10,5 m²

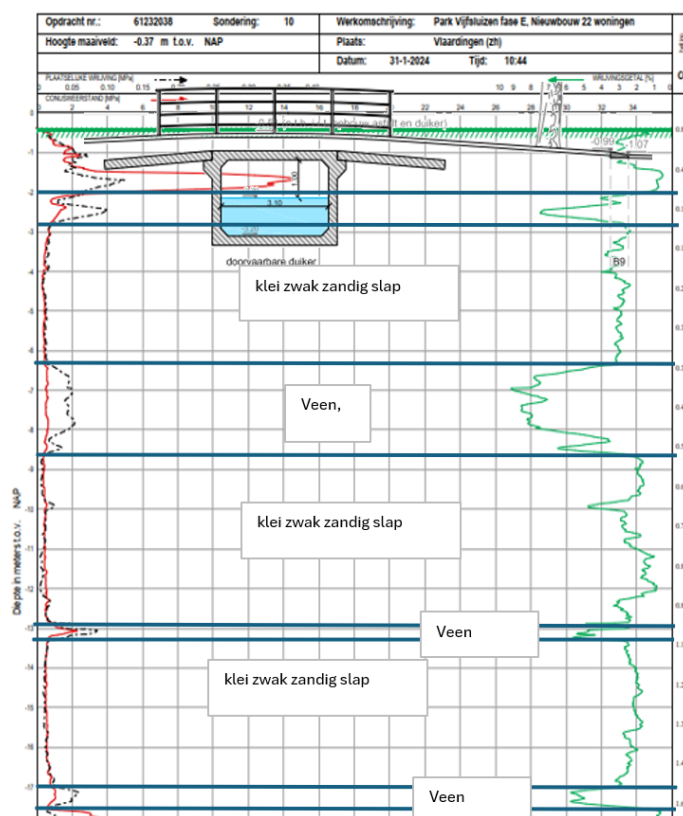
Uit de vergelijking van de locatie van de brugduiker met beeldmateriaal in PDOK volgt dat de nieuwe duikerbrug op dezelfde locatie wordt gerealiseerd als de huidige duiker. Er zijn in de beschikbare gegevens geen gegevens aangetroffen over de huidige duiker (omvang, hoogteligging etc). Uit onlinearchiefgegevens ([Topotijdreis.nl](https://topotijdreis.nl)) volgt dat de huidige duikerconstructie omstreeks 1980 is geplaatst. Eventuele restzettingen uit de huidige constructie zijn niet meer te verwachten. De locatie is gelijk aan de huidige duikerlocatie.

Uit vergelijking van de geometrie van de duiker met de te verwachten grondopbouw volgt dat de duiker aan de onderzijde is gesitueerd in een zwakzandige kleilaag, zie Figuur 4.

De (incidentele) verkeersbelasting (grasmaaier) wordt via de duiker direct afgedragen aan de zettingsgevoelige kleilaag op NAP -3,5 m (met een grondverbetering).

Belastingen:

De duiker is gepland op een locatie waar nu ook een duiker aanwezig is. Indien boven- en onderzijde van de duiker niet veranderd en de huidige duiker ook op staal is gefundeerd kan dit in de nieuwe situatie ook worden aangehouden.



Figuur 4 – Grondopbouw rondom duikerbrug

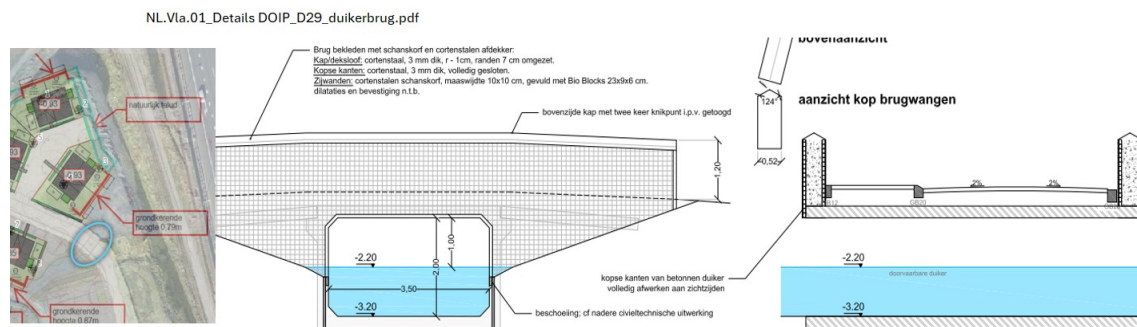
Op de locatie is in de voorbelasting geen verticale drainage aangebracht. De evaluatie van voorbelastingen is derhalve niet van toepassing op dit gedeelte.

Bij een toename van belastingen dient uitgegaan te worden van een fundering op palen of als alternatief kan gekozen worden voor een gegolfd stalen duikerconstructie waardoor geen belastingtoename zal optreden.

Uitwerking duikerbrug – rijweg – type D29

De meer oostelijke locatie betreft een duikerbrug in de rijweg van een ontsluitingsweg waar verkeer over rijdt. De locatie is voorbelast geweest en er is verticale drainage geïnstalleerd [13]. Ook is voor een grondverbetering gerealiseerd tot NAP -2,15 m. De grond voldoet aan de gestelde restzettingseis. De gemeten zetting uit de monitoring bedraagt iets meer dan 0,5 m. De huidige onderzijde van de gerealiseerd grondverbetering is dan NAP -2,65 m.

Onderstaand is de situering inzichtelijk gemaakt.



Figuur 5 - locatie brugduiker D8 - fietspad

Afmetingen duiker:

Lengte 4 m

Breedte 7,5 m breed.

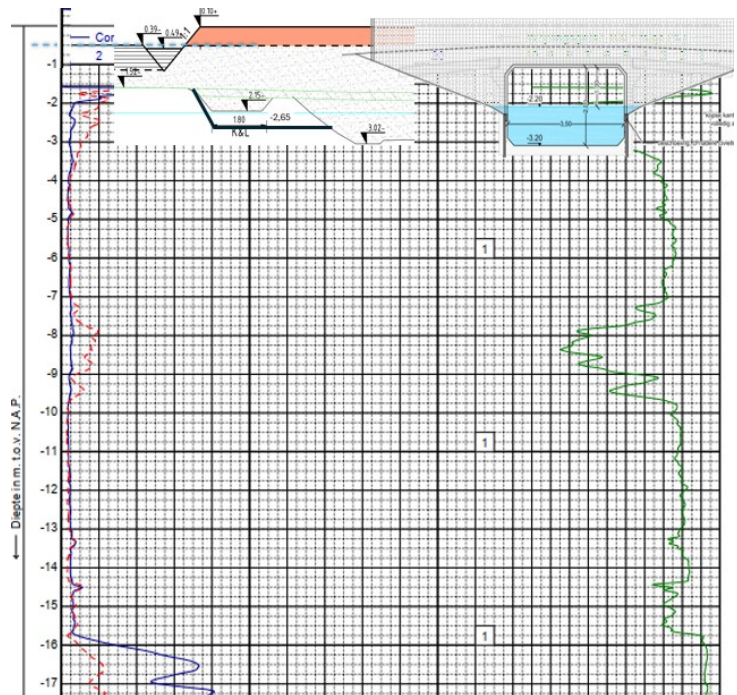
Oppervlak 30 m²

De ondergrond is voorbelast voor een situatie van de rijweg zoals in de dwarsprofielen van document [12] is geschetst. Op deze locatie wordt echter de wegconstructie vervangen door een grondprofiel.

De resulterende grondopbouw [08] is na aanpassing van bovenstaande:

Tabel 1 - Grondopbouw conform [08]

Grondsoort []	b.k. laag [m NAP]	q _{crveld} [MPa]	γ _{arwb} [kN/m ³]	γ _{sat} [kN/m ³]
grondverbetering -> zand	+0,10	1	18,0	20,0
Klei, zwak zandig, slap - matig (2b)	-2,65	0,5	15,0	15,0
Veen niet voorbelast slap (2b)	-6,5	0,3	10,0	10,0
Klei, organisch, slap - matig (2b)	-7,75	0,3	13,0	13,0
Klei, zwak zandig, matig - vast (2b)	-9,5	0,5	18,0	18,0
Zand, schoon, los - matig (2b)	-15,75	5	17,0	19,0
Zand, schoon, matig - vast (2b)	-23	15	18,0	20,0
Zand, schoon, vast (2b)	-24,75	25	19,0	21,0



Figuur 6 - grondopbouw rondom duikerbrug D29

Uit vergelijking van de geometrie van de duiker met de te verwachten grondopbouw volgt dat de duiker aan de onderzijde is gesitueerd in een zwakzandige kleilaag, zie Figuur 4.

Belastingen:

Om een staalfundatie te overwegen worden de optredende belastingen aan de onderzijde van de duikerconstructie vergeleken met de korrelspanningen in de huidige situatie.

De weg betreft een ontsluitingsweg in 2 rijrichtingen met een voetpad. Er kunnen 2 auto's gelijktijdig op de brug aanwezig zijn. Belastingen op de brug worden zonder spreiding afgedragen aan de onderzijde van de duikerbrug. De brug wordt langs de taluds met schanskorven bekleed, welke belastingen daarvan op de brugduiker worden afgedragen is niet duidelijk. In het DWP lijkt er sprake te zijn van een betonnen wand, de afdracht van belastingen naar de ondergrond dient nader uitgewerkt te worden.

Vooralsnog wordt aangehouden dat het gewicht van de betonnen vleugelwanden, alleen het deel boven de brugduiker ook via de duiker naar de ondergrond wordt afgedragen: hoog 1,2 m; dik 0,52 m; lengte 7,5 m.

Andere uitgangspunten:

- Voor de duiker wordt een wanddikte van 0,30 m aangehouden.
- Uit NEN 1991-2 (belastingen op constructies) volgt dat voor gegeven overspanning de maximaal te verwachten belasting uit een vrachtwagen 270 kN bedraagt (achterste 3 assen van 90 kN).
- Op de duikerbrug wordt uitgegaan van een elementenverharding zoals in paragraaf 2.5 van [04] is gegeven: 0,08 m à 24 kN/m³; 0,05 m à 18 kN/m³; 0,3 m à 19 kN/m³ en 0,07 m à 18 kN/m³. Totaal een belasting van 10,2 kN/m².

Opbouw spanning onderzijde brugduikerconstructie toekomstig gebruik:

Verticale wanden		Horizontale wanden		leuning	
hoog	2 m	lengte	4,1 m	lengte	4,1 m
breedte	7,5 m	breedte	7,5 m	hoogte	2,1 m
wanddikte	0,3 m	wanddikte	0,3 m	wanddikte	0,52 m
aantal	2	aantal	2	aantal	2
gewicht	225 kN	gewicht	461 kN	gewicht	224 kN

Verkeersbelasting: 270 kN

Wegconstructie: 4,1 m (lengte) x 6,46 m (breedte) x 10,2 kN/m² = 270 kN

Totale gewicht: 225+461+224+270+270 = 1450 kN

Oppervlak onderzijde brugduiker: 4,1 m (lengte) x 7,5 m (breedte) = 30,75 m²

Spanning onderzijde duiker: 1450 / 30,75 = 47,2 kN/m².

Opbouw spanning onderzijde brugduikerconstructie wegcunet:

	laag	ok [m]	NAP	vg kN/m ³	σ kN/m ²
Maaiveld		-0,4			
zand boven WP		-2,2		20	36
zand onder WP		-2,6		18	7,2
klei-zandig		-3,5		15	13,5
Grondspanning onderzijde duiker [kN/m ²]					56,7
waterspanning onderzijde duiker [kN/m ²]					13
Korrelspanning onderzijde duiker [kN/m²]					43,7

De zettingsgevoelige lagen zijn voorbelast voor het wegcunet. Uit vergelijk van weconstructie met duikerlocatie volgt dat ter plaatse van de duikerconstructie er rekening gehouden moet worden met een iets hogere korrelspanning van 47,2 – 43,7 = 3,5 kN/m².

Voor dit type brug is de ondergrond met de voorbelasting net niet voldoende voorbelast. Wel is met optimalisatie van de berekening en wat aanpassingen aan de constructie een fundering op staal mogelijk. Denk aan een lichtere betonsoort, andere leuning, etc.

Conclusies en aanbevelingen

Gevraagd is te beschouwen of op twee locaties een fundatie op staal mogelijk is.

Voor de westelijke locatie, brugduiker D8 ontbreken gegevens over de huidige situatie. Omdat de voorbelasting hier is aangebracht zonder verticale drainage kan niet worden geconcludeerd dat de ondergrond voldoende is voorbelast voor de belastingen in de nieuwe situatie. Er is geen informatie over de huidige hoogteligging en afmetingen van de duiker. Voor deze locatie wordt daarom geadviseerd de betonnen duikerconstructie op palen te funderen of te kiezen voor een lichtere constructie waaruit geen gewichtstoename volgt. In het laatste geval dienen gegevens van de huidige duiker geïnventariseerd te worden (afmetingen, ligging, hoogtes, materiaal).

Voor de andere brugduikerconstructie D29 volgt dat de korrelspanningen bijna gelijkwaardig zijn aan die van het wegcunet. Als de vleugelwanden en schanskorven worden betrokken in de beschouwing is sprake van een lichte belastingtoename. Gevolg hiervan zijn aanvullende zettingen wat een voorbelasting noodzakelijk maakt. Alternatief kan gekozen worden de toe te passen materialen aan te passen zodat geen gewichtstoename optreedt. Met optimalisaties in de uitwerking en mogelijk aanpassingen in het ontwerp (lichter beton of puinverharding of groter bodemoppervlak) kan een fundering op staal worden gerealiseerd. Er dient wel rekening te worden gehouden met aanvullende maatregelen om dynamische lokale belastingen op te vangen. Denk daarbij aan een grondverbetering onder de duikerconstructie in combinatie met een geogrid onder de duiker.

Aanvullende toets

Hoewel een fundering op staal naar verwachting realiseerbaar is dient de belastingafdracht nog nader beschouwd te worden. In deze uitwerking is de draagkracht daarom nog niet getoetst, alleen de statische belastingen (inclusief stilstaande vrachtwagen) zijn beschouwd. De draagkracht kan getoetst worden als alle constructieve belastingen die afgedragen worden op de bodem van de brugduiker bekend zijn. Worden bijvoorbeeld alle vleugelbelastingen op de duikerconstructie afgedragen? Een draagkrachtberekening in deze fase leidt mogelijk tot onjuiste conclusies.