Witteveen + Bos



Vijzelstraatbruggen

Haalbaarheidstudie voor vervanging, herstel of handhaving

Asset management V&OR, gemeente Amsterdam

2 februari 2016

Project	Vijzelstraatbruggen
Document	Haalbaarheidstudie voor vervanging, herstel of handhaving
Status	[redacted]
Datum	
Referentie	

Opdrachtgever	Asset management V&OR, gemeente Amsterdam
Projectcode	[redacted]
Projectleider	
Projectdirecteur	

Auteur(s)	[redacted]
Gecontroleerd door	
Goedgekeurd door	
Paraaf	

Adres	Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs B.V. | Deventer
	[redacted]

Toetsing opdrachtgever [redacted] (V O&R)

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1 PROBLEEM- EN DOELSTELLING 1

1.1 Probleemstelling 1

1.2 Doelstelling 1

1.3 Leeswijzer 2

1.4 Referenties 2

2 REVIEW HERBEREKENING EN EXPERTMEETING 3

2.1 Doelstelling review 3

2.2 Scope review 3

2.3 Resultaten review 3

2.3.1 Resultaten controle herberekening 3
2.3.2 Resultaten herberekening 4
2.3.3 Resultaten expertmeeting 5

2.4 Conclusies 7

3 INVENTARISATIE BESTAANDE SITUATIE 9

3.1 Beschrijving bruggen en vaststelling bestaande toestand 9

3.2 Brug 30 9

3.2.1 Beschrijving constructie brug 30 9
3.2.2 Periodieke inspectie huidige staat brug 30 11

3.3 Brug 41 11

3.3.1 Beschrijving constructie brug 41 11
3.3.2 Periodieke inspectie huidige staat brug 41 12

3.4 Brug 70 12

3.4.1 Beschrijving constructie brug 70 12
3.4.2 Periodieke inspectie huidige staat brug 70 13

3.5 Omgeving 14

3.5.1 Belendingen, kabels en leidingen en andere infrastructuur 14
3.5.2 Noord/Zuidlijntunnels 18

4 ONTWERPEISEN 22

5 OPSTELLING- EN AFWEGINGSPROCES CONCEPTUELE ONTWERPEN 24

5.1 Opstelling- en afwegingsproces 24

5.2 Kwalitatieve risicoafweging 26

5.2.1 Risicoafweging oplossingsrichting brug 30 en 41 26
5.2.2 Risicoafweging oplossingsrichting brug 70 27

5.3 Beschrijving ontwerpvarianten 28

5.4 Multicriteria analyse 36

5.5 Rangorde ontwerpvarianten 39

6 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN 41

6.1 Conclusie 41

6.2 Aanbevelingen 42

Laatste pagina 42

Bijlage(n) Aantal pagina's

I Verkennende berekeningen Noord/Zuidlijntunnels 22

II Paaldraagvermogen funderingstype 2, 1ste zandlaag 15

III Paaldraagvermogen funderingstype 1, 3 en 4, 2de zandlaag 18

IV Tekeningen principe conceptuele ontwerpen 4

1

PROBLEEM- EN DOELSTELLING

1.1 Probleemstelling

De gemeente Amsterdam werkt aan een nieuwe entree voor de stad. Het project Rode loper is onderdeel hiervan en omvat het herinrichten van de openbare ruimte boven het tracé van de Noord/Zuidlijn in de stadsdelen Centrum en Zuid.

Als onderdeel van het project Rode Loper zijn de bruggen boven het Noord/Zuidlijn tracé constructief beoordeeld op (resterende) levensduur in combinatie met constructieve veiligheid [ref. 1.]. Hieruit is gebleken dat brug 30 (Herengracht), brug 41 (Keizersgracht) en brug 70 (Prinsengracht)onvoldoende constructieve veiligheid bezitten ten opzichte van de benodigde levensduur op basis van de huidige normstelling.

Afbeelding 1.1 Aanzichten brug 30, 41 en 70 (van links naar rechts)



Witteveen+Bos heeft op verzoek van de afdeling Asset Management V&OR van de gemeente Amsterdam een onderzoek verricht naar de noodzaak voor het vervangen, herstellen of handhaven van de bruggen 30, 41 en 70 op het niveau van een haalbaarheidsstudie.

Een van de redenen waarom Witteveen+Bos is gevraagd voor het opstellen van dit onderzoek is de ligging van de Noord/Zuidlijntunnels onder de bruggen. Witteveen+Bos is namelijk ontwerper van de Noord/Zuidlijntunnels. De interactie van de fundering van de bruggen, huidig of toekomstig, met de tunnels van de Noord/Zuidlijn is een van de grootste en belangrijkste raakvlakken van de bruggen met de omgeving. In deze studie zal uitgebreid worden ingegaan op dit ontwerpaspect.

1.2 Doelstelling

Gegeven de bovenstaande probleemstelling is een aantal doelstellingen geformuleerd, deze doelstellingen zijn:

- het opstellen van een afwegingskader voor het geheel of gedeeltelijk vervangen van de bruggen ten opzichte van het handhaven van de huidige situatie met beheersmaatregelen. Het afwegingskader is opgesteld met inbegrip van de reeds gedane onderzoeken, herberekeningen en expertmeeting [ref. 1.];

- het opstellen van conceptuele ontwerpen voor de gehele of gedeeltelijke vervanging van de drie bovengenoemde bruggen met inbegrip van de eisen en randvoorwaarden vanuit de omgeving. Specifiek is hierbij de interactie van de (nieuwe) fundering van de bruggen met de Noord/Zuidlijntunnels beschouwd;
- het afwegen van de conceptuele ontwerpen met inbegrip van de vastgestelde eisen en randvoorwaarden door middel van een multicriteria-analyse.

1.3 Leeswijzer

Voor het opstellen van het afwegingskader voor het vervangen, herstellen of handhaven van de huidige situatie is in hoofdstuk 2 een review gegeven van de samenvatting van de herberekening en de expertmeeting. Hierbij is een korte samenvatting van de resultaten gegeven en zijn de conclusies onderschreven of van commentaar voorzien.

In hoofdstuk 3 is op hoofdlijnen de omgeving in kaart gebracht en is een samenvatting gegeven van verkennende berekeningen ten aanzien van de Noord/Zuidlijntunnels. De eisen en randvoorwaarden volgend uit de omgeving en Noord/Zuidlijntunnels zijn samengevat weergegeven in hoofdstuk 4.

De afweging voor het vervangen, herstellen of handhaven huidige situatie is gegeven in hoofdstuk 5. Met behulp van een stroomschema zijn de mogelijke oplossingsrichtingen inzichtelijk gemaakt. Vervolgens is per brug een afweging gemaakt welke is gebaseerd op een kwalitatieve risicobeschouwing van drie toprisico's.

Met de vastgestelde oplossingsrichting zijn per brug de mogelijke conceptuele ontwerpvarianten opgesteld (hoofdstuk 6). De conceptuele ontwerpvarianten zijn vervolgens gewogen aan de hand van een multicriteria-analyse.

1.4 Referenties

- [ref. 1.] Advies drie bruggen Vijzelstraat, Resultaten oorspronkelijk onderzoek, gevoeligheidsanalyse + advies (beheers) maatregelen, Gemeente Amsterdam, [redacted] 11-11-2015.
- [ref. 2.] Schouwrapport BRU0030 fase 0, Infrascan advies, doc.nr. I14049, rev. 1.0, 15-08-2014.
- [ref. 3.] Schouwrapport BRU0030 fase A, Infrascan advies, doc.nr. I14049, rev. 1.0, 27-03-2015.
- [ref. 4.] Schouwrapport BRU0030 fase B, Infrascan advies, doc.nr. I14049, rev. 1.0, 19-11-2015.
- [ref. 5.] Schouwrapport BRU0041 fase 0, Infrascan advies, doc.nr. I15044, rev. 0.1, 15-08-2014.
- [ref. 6.] Schouwrapport BRU0041 fase A, Infrascan advies, doc.nr. I15044, rev. 0.1, 27-03-2015.
- [ref. 7.] Schouwrapport BRU0041 fase B, Infrascan advies, doc.nr. I15044, rev. 0.1, 19-11-2015.
- [ref. 8.] Schouwrapport BRU0070 fase 0, Infrascan advies, doc.nr. I15044, rev. 0.1, 15-08-2014.
- [ref. 9.] Schouwrapport BRU0070 fase A, Infrascan advies, doc.nr. I15044, rev. 0.1, 27-03-2015.
- [ref. 10.] Schouwrapport BRU0070 fase B, Infrascan advies, doc.nr. I15044, rev. 0.1, 19-11-2015.
- [ref. 11.] 'Constructieve beoordeling van brug 30, Herberekening van bestaande brug conform de NEN 8700-serie en Eurocodes op verbouwniveau', Documentnummer 187071, d.d. 21-05-2014.
- [ref. 12.] 'Constructieve beoordeling van brug 41, Herberekening van bestaande brug conform de NEN 8700-serie en Eurocodes op verbouwniveau', Documentnummer 187351, d.d. 21-05-2014.
- [ref. 13.] 'Constructieve beoordeling van brug 70, Herberekening van bestaande brug conform de NEN 8700-serie en Eurocodes op verbouwniveau', Documentnummer 187357, d.d. 21-05-2014.

2

REVIEW HERBEREKENING EN EXPERTMEETING

2.1 Doelstelling review

De doelstelling van de review van de herberekening en de expertmeeting is tweeledig. Ten eerste betreft het een vaststelling van het verrichte werk en de verwerking van de informatie benodigd voor het opstellen en afwegen van de oplossingsrichtingen en conceptuele ontwerpvarianten.

Ten tweede betreft het een oordeel over de validiteit van de resultaten met betrekking tot de gestelde conclusies aangaande de levensduur en de constructieve veiligheid en of deze worden onderschreven door Witteveen+Bos.

2.2 Scope review

De review van de herberekening en expertmeeting omvat de notitie 'advies drie bruggen Vijzelstraat' inclusief bijlagen [ref. 1.] en de herberekeningen van de bruggen door het IB [ref. 11, 12, 13.].

2.3 Resultaten review

2.3.1 Resultaten controle herberekening

Vanuit de herberekening zijn de unity checks bepaald voor de verschillende constructieonderdelen (zie tabel 2.2), ten aanzien van constructieve veiligheid op basis van een restlevensduur van 30 jaar. Deze restlevensduur van 30 jaar wijkt overigens af van de gehanteerde norm NEN 8700 (zie onderstaand commentaar). De herberekening is door Witteveen+Bos getoetst op uitgangspunten en hoofdlijnen. De resultaten van de toetsing inclusief de invloed op de eindresultaten van de berekening zijn weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Resultaten toetsing herberekening bruggen

Toetscommentaar	Invloed op resultaten
er wordt niet in alle gevallen rekening gehouden met verkeer op de randen van de brugdekken. Tenzij voorkomen wordt dat er verkeer op de voetpaden kan komen, moet er met vrije indeelbaarheid gerekend worden	beperkt
er wordt uitgegaan van maximaal 20.000 vrachtwagenpassages per jaar. Deze waarde is niet onderbouwd	beperkt
de belastingfactor voor overige variabele belastingen (1,3) wordt niet voor alle bruggen in rekening gebracht	beperkt

Toetscommentaar	Invloed op resultaten
bij de bepaling van de horizontale belasting uit remkrachten is geen rekening gehouden met het excentrisch aangrijpen van de belasting	beperkt
de toetsing van dwarskracht in het betonnen dek wordt uitgevoerd aan de hand van v_y. Hier zou, tenzij aangetoond dat dit niet reëel is, $q_{max,b}$ gebruikt moeten worden	beperkt
bij de bepaling van de orthotrope eigenschappen ontbreekt de Steiner-regel	beperkt
Bij de bepaling van de orthotrope eigenschappen wordt in dwarsrichting een dekdikte van 270 mm aangehouden (brug 30). De stalen ligger steekt echter verder in het beton, waardoor bij positieve buiging een lagere stijfheid in dwarsrichting gerekend zou moeten worden. Hierdoor wordt de spreiding van de belasting minder waardoor de stalen liggers zwaarder belast worden	zeer beperkt
de capaciteit van de onderwapening is bepaald met een dikte van 270 mm. De stalen liggers steken echter verder in het beton, waardoor de capaciteit beperkt wordt	beperkt
er is geen vermoeiingsberekening gemaakt. Hoewel het plausibel is dat vermoeiing een ondergeschikte rol speelt, zou dit nader onderbouwd moeten worden	zeer beperkt
De berekening is gebaseerd op het verbouwniveau conform NEN 8700. Aangezien de constructie niet voldoet conform verbouwniveau dient het afkeurniveau conform NEN 8700 met een referentieperiode van 15 jaar te worden gehanteerd.	beperkt

Op basis van de toetsing van de herberekening is geconcludeerd dat Witteveen+Bos de uitkomsten niet onverkort kan onderschrijven. Het verwerken van toetsopmerkingen leidt naar alle waarschijnlijkheid echter niet tot een grote verschuiving van de uitkomsten. Desalniettemin zijn de bovenstaande opmerkingen van dusdanige invloed dat niet zonder meer kan worden gesteld dat de uitkomsten correct zijn.

Vooralsnog wordt in het vervolg van deze studie het uitgangspunt door Witteveen+Bos gebruikt dat de dekken bruikbaar blijven voor 15 jaar maar dat de fundering dient te worden vervangen. De resultaten van de herberekening worden dus gebruikt in de afweging in dit rapport op de grond dat de resultaten geen grote verschuivingen zullen ondergaan naar aanleiding van de bovenstaande toetsing.

2.3.2 Resultaten herberekening

Op basis van de herberekening van het IB [ref 11, 12, 13] zijn de volgende conclusies getrokken:
- de dekken van de verschillende bruggen voldoen, met de kanttekening dat brug 70 wel lokaal versterkt dient te worden om een restlevensduur van 15 jaar te garanderen;
- de paalfunderingen van de landhoofden van de verschillende bruggen hebben onvoldoende geotechnisch paaldraagvermogen;
- de paalfunderingen van de pijlers van de verschillende bruggen hebben onvoldoende geotechnisch paaldraagvermogen.

De conclusies zijn ook verwoord in unity checks van de verschillende constructieonderdelen (zie tabel 2.2).

Tabel 2.2 Unity checks verschillende constructieonderdelen aan de hand van de herberekening [ref. 11, 12 en 13.]

Onderdeel	Brug 30	Brug 41	Brug 70
brugdek	<1,0	<1,0	<1,0
fundering landhoofd	1,42	1,30	1,30
fundering pijler	1,75	1,90	2,18

2.3.3 Resultaten expertmeeting

Om te komen tot een verfijning van de herberekening en bijbehorende conclusies heeft een expertmeeting plaatsgevonden [ref. 1.]. Uit deze expertmeeting is gebleken dat:

- het paaldraagvermogen wordt onderschat en dat op basis van nieuwe en bestaande sonderingen een betere inschatting van het geotechnische paaldraagvermogen kan worden bepaald;
- de bacteriële aantasting van de palen buiten beschouwing is gebleven en daarmee ook de toets op sterkte van de palen;
- een correctie dient te worden gemaakt op het rekenmodel ten aanzien van de belastingen;
- verschillende type lagere belastingen mogelijk zijn met verschillende referentieperioden.

Met de bovenstaande bevindingen heeft een verfijningslag plaatsgevonden van de herberekening van de drie bruggen. De resultaten van deze verfijningslag heeft geleidt tot een andere inschatting van de unity checks van het geotechnisch paaldraagvermogen en daarnaast nieuwe unity checks voor de paalsterkte inclusief bacteriële aantasting. De unity checks zijn weergegeven in tabellen 2.3 t/m 2.5.

De unity checks zijn weergegeven per onderdeel (landhoofd of pijler) en per bouwjaar van de verschillende delen van de bruggen. Bruggen 30 en 41 zijn gedurende de levensduur meerdere malen verbreedt en kennen dus verschillende bouwjaren. Brug 70 is niet verbreedt gedurende de levensduur en kent derhalve ook geen onderverdeling van de unity checks per bouwjaar. Zie hoofdstuk 3 voor meer achtergrondinformatie over de bouwjaren van de bruggen.

Daarnaast is de weergegeven unity check de maximale waarde van alle unity checks per beschouwd onderdeel. De reden hiervoor is dat een maximum unity check een betere indicatie geeft van de constructieve veiligheid dan een gemiddelde waarde. Een gemiddelde waarde van alle unity checks per onderdeel kan een te positief beeld suggereren.

In de unity check tabellen zijn verschillende scenario's geïntroduceerd waarbij de herberekening is uitgevoerd met aangepaste parameters. Deze parameters omvatten bijvoorbeeld de grootte van de belasting of de aantasting van de palen. De scenario 1 en 2 vallen hierbij binnen het wettelijk normkader, de scenario's 3 en 4 vallen buiten het wettelijk normkader. Voor uitgebreidere beschrijving van de scenario's wordt verwezen naar [ref. 1.].

Als laatste is naar aanleiding van de expertmeeting een onderscheid gemaakt in geotechnisch paaldraagvermogen en paalsterkte. In de tabellen is hier ook een onderscheid in gemaakt.

Tabel 2.3 Maximale unity check voor de beproefde palen brug 30

		Geotechnisch draagvermogen				Paalsterkte			
		Sc. 1	Sc. 2	Sc. 3	Sc. 4	Sc. 1	Sc. 2	Sc.3	Sc. 4
vak 1 (1922)	landhoofd	1,75	0,96	0,90	0,86	0,81	0,65	0,69	0,65
	pijler	1,42	1,18	1,13	1,10	1,05	0,67	0,92	0,88
vak 2 (1727)	landhoofd	1,75	1,98	1,86	1,78	1,68	0,94	2,30	2,16
	pijler	1,42	1,23	1,17	1,15	1,10	0,59	0,96	0,92
vak 3 (1885)	landhoofd	1,75	1,29	1,21	1,16	1,09	0,65	0,55	0,52
	pijler	1,42	0,98	0,93	0,91	0,87	0,43	0,43	0,41

Tabel 2.4 Maximale unity check voor de beproefde palen brug 41

		Geotechnisch draagvermogen				Paalsterkte			
		Sc. 1	Sc. 2	Sc. 3	Sc. 4	Sc. 1	Sc. 2	Sc.3	Sc. 4
vak 1 (1922)	landhoofd	1,11	1,03	0,98	0,91	0,71	0,84	0,77	0,74
	pijler	0,90	0,85	0,81	0,77	0,43	0,69	0,65	0,63
vak 2 (1738)	landhoofd	2,31	2,13	2,04	1,89	0,90	3,52	3,24	3,11
	pijler	1,08	1,03	0,98	0,93	0,39	0,87	0,82	0,79
vak 3 (1881)	landhoofd	1,35	1,24	1,19	1,11	0,57	0,97	0,89	0,86
	pijler	1,24	1,17	1,12	1,07	0,43	0,70	0,67	0,64

Tabel 2.5 Maximale unity check voor de beproefde palen brug 70

		Geotechnisch draagvermogen				Paalsterkte			
		Sc. 1	Sc. 2	Sc. 3	Sc. 4	Sc. 1	Sc. 2	Sc.3	Sc. 4
n.v.t.	landhoofd	1,37	1,24	1,16	1,07	0,73	0,74	0,67	0,63
	pijler	1,10	1,03	1,00	0,96	0,40	0,51	0,48	0,46

Door gemeente Amsterdam is geconcludeerd op basis van de verfijningslag van de herberekening:

- de fundering van brug 30 en 41 voldoet grotendeels niet op basis van geotechnisch paaldraagvermogen en paalsterkte;

- de fundering van brug 70 voldoet grotendeels niet op basis van geotechnisch paaldraagvermogen. Daarnaast voldoet de fundering wel volledig op paalsterkte.

2.4 Conclusies

Uit de review van Witteveen+Bos op de aangeleverde stukken zijn de volgende conclusies getrokken:

- het gevolgde proces van het uitvoeren van een herberekening en de navolgende toetsing door middel een expertmeeting heeft geleid tot een uitgebreid beeld van de constructieve staat van de bruggen;
- Witteveen+Bos acht het niet haalbaar met verdere verfijning van het rekenmodel (o.a. herverdeling via de landhoofden en pijlers en/of het opstellen van een 3D rekenmodel) tot een sterk afwijkende (positievere) conclusie te komen ten aanzien van de restlevensduur;
- Witteveen+Bos onderschrijft de conclusie dat de fundering van brug 30 en 41 dient te worden vervangen, de periode wanneer dit uitgevoerd dient te worden is onderdeel van de kwalitatieve risicoanalyse in dit rapport;
- Witteveen+Bos onderschrijft de conclusies dat de restlevensduur van de fundering van brug 70 te verlengen is onder bepaalde voorwaarden. De voorwaarden hiervoor zijn uitgewerkt in paragraaf 5.5 van dit rapport.

Daarnaast worden de volgende kanttekeningen geplaatst:

- Witteveen+Bos is het oneens met de stelling dat: *'Vanwege de aanwezigheid van de Noord/Zuidlijn tunnelbuizen zien wij versterken van de fundering en/of het lokaal vervangen van de brug niet als reële optie.'* Witteveen+Bos ziet wel degelijk mogelijkheid hiertoe en staaft dit met behulp van berekeningen in dit rapport (zie bijlage II). Deze mogelijkheid behoort tevens tot één van de oplossingrichtingen (zie paragraaf 5.1, afbeelding 5.1);
- Witteveen+Bos is het oneens met de stelling dat: *'Een deel van de onderzochte palen onder pijler noord [red. brug 70] voldoet niet op geotechnisch paaldraagvermogen. Dit kan leiden tot ongelijkmatige zettingen van de constructie. Omdat alle onderzochte palen echter wel voldoen op sterkte heeft dit geen gevolgen voor de veiligheid van de constructie.'* Witteveen+Bos kan deze stelling niet onderschrijven omdat de conclusie wordt getrokken dat paalsterkte leidend is in constructieve veiligheid, dit is niet het geval.

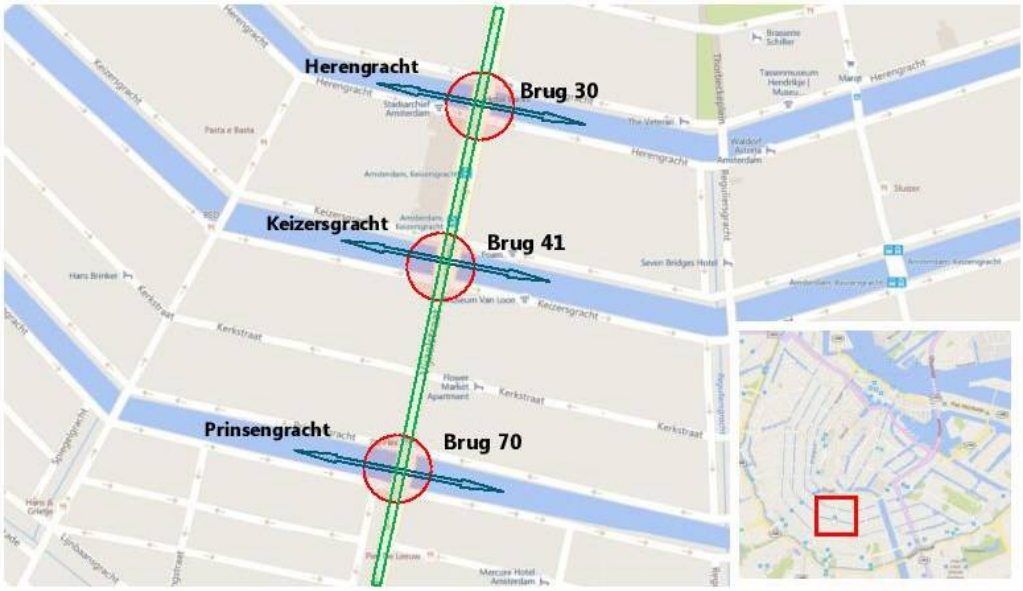
3

INVENTARISATIE BESTAANDE SITUATIE

3.1 Beschrijving bruggen en vaststelling bestaande toestand

De bruggen 30, 41 en 70 zijn gelegen in de Vijzelstraat te Amsterdam. De Vijzelstraat verbindt het Muntplein met de Vijzelgracht en doorkruist de verschillende grachten van de Amsterdamse Grachtengordel. De Vijzelstraat wordt gekenmerkt door een hoge verkeersintensiteit met twee trambanen en twee rijbanen voor zowel auto- als fietsverkeer. Een overzicht van het projectgebied is gegeven in afbeelding 3.1.

Afbeelding 3.1 Overzichtstekening projectgebied



3.2 Brug 30

3.2.1 Beschrijving constructie brug 30

Brug 30 overspant de Herengracht en kent de navolgende constructieopbouw [bron ref. 1.]:

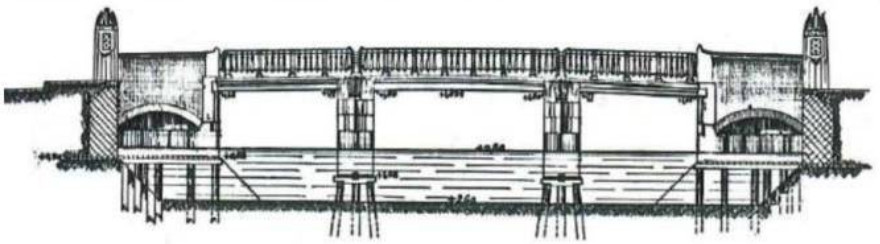
- betonnen dek met ingestorte stalen liggers, bouwjaar circa 1968;
- gemetselde landhoofden op houten kespen, de bovenkant van de landhoofden zijn voorzien van natuurstenen dekstenen;
- gemetselde vleugelwanden op de kopse kanten van de landhoofden;
- twee gemetselde middenpijlers op houten kespen, de kopse kanten van de pijlers zijn voorzien van natuurstenen dekstenen;

- houten paalfunderingen gefundeerd in de 1e zandlaag, bouwjaren circa 1727, 1885 en 1922. De palen zijn zowel schoor als recht weggeheid.

De verschillende leeftijden van de fundering hebben te maken met verbredingen die over de afgelopen eeuwen zijn gemaakt aan de oorspronkelijke brug. De brug is oorspronkelijk gebouwd in 1727 met een breedte van circa 10,5 m. In 1885 en 1922 is de brug verbreed tot de huidige breedte van circa 26,0 m. Voornamelijk de houten paalfunderingen in het oudste gedeelte van de brug hebben aanzienlijke bacteriële aantasting [ref. 1.].

In afbeelding 3.2 is een archieftekening gegeven van het oorspronkelijk aanzicht, in afbeelding 3.3 is een foto weergegeven van het huidige aanzicht. De huidige wegindeling van brug 30 is weergegeven in afbeelding 3.3.

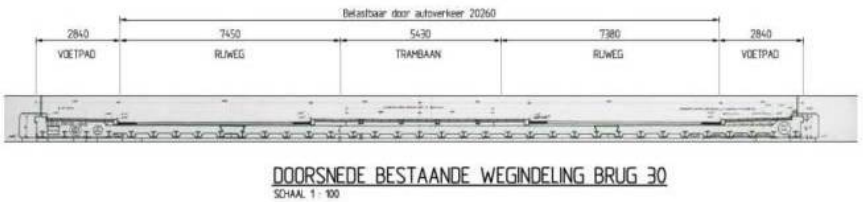
Afbeelding 3.2. Aanzicht brug 30 (tekening circa 1920, [ref. .1])



Afbeelding 3.3. Aanzicht brug 30 (foto 2014, [ref. 1.])



Afbeelding 3.4 Huidige wegindeling brug 30 [ref. 11.]



3.2.2 Periodieke inspectie huidige staat brug 30

De beschikbare monitoring van de bruggen betreft een periodieke uitvoering van een inspectie. Gedurende de inspectie zijn de zichtbare delen van de brug (vanaf zowel maaiveld als water) geïnspecteerd op schade. De zichtbare constructieve delen zijn hierbij het dek, de pijlers en landhoofden.

De monitoring omvat de volgende uitgevoerde inspecties:
- fase A, augustus 2014;
- fase B, maart 2015;
- fase C, oktober 2015.

De geconstateerde schades aan brug 30 betreffen voornamelijk scheuren in het metselwerk, lokaal ontbrekend voeg- en metselwerk, loszittende dilataties, onvolledige ondersabelingen van de brugliggers en onvoldoende conservering van de stalen ligger.

Op brug 30 zijn vier scheurwijdtemeters aangebracht, nagenoeg alle scheurwijdtemeters (3 van 4) indiceren over een periode van één jaar (augustus 2014 tot oktober 2015) geen toename in scheurwijdte. Een scheurwijdtemeter indiceert een toename in scheurwijdte in stappen van 1,0 mm

Het monitoringsrapport van Infrascan advies [ref. 2, 3, 4.] stelt de volgende conclusie: *'Geconcludeerd wordt dat wanneer de reparaties zoals geadviseerd worden uitgevoerd en de scheurvorming in de onderslagbalken niet toeneemt, de gemonitorde schades geen directe gevolgen voor de beschikbaarheid en constructieve functionaliteit van de brug zullen hebben'.*

De bovenstaande conclusie wordt meegenomen in de afweging van de oplossingsrichtingen (zie par. 5.2)

3.3 Brug 41

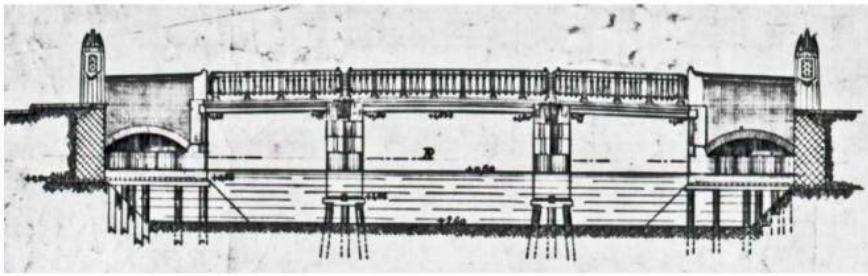
3.3.1 Beschrijving constructie brug 41

Brug 41 overspant de Keizersgracht en kent de navolgende constructieopbouw [ref. 1.]:
- betonnen dek met ingestorte stalen liggers, bouwjaar circa 1922 en 2002;
- gemetselde landhoofden op houten kespen, de bovenkant van de landhoofden zijn voorzien van natuurstenen dekstenen;
- gemetselde vleugelwanden op de kopse kanten van de landhoofden;
- twee gemetselde pijlers op houten kespen, de kopse kanten van de pijlers zijn voorzien van natuurstenen dekstenen;
- houten paalfunderingen gefundeerd in de 1^{e} zandlaag, bouwjaar circa, 1738, 1881 en 1922. De palen zijn zowel schoor als recht weggeheid.

De verschillende leeftijden van de fundering hebben te maken met verbredingen die over de afgelopen eeuwen zijn gemaakt aan de oorspronkelijke brug. De brug is oorspronkelijk gebouwd in 1738 met een breedte van circa 10,5 m. In 1881 en 1922 is de brug verbreed tot de huidige breedte van circa 26,0. Voornamelijk de houten paalfunderingen in het oudste gedeelte van de brug hebben aanzienlijke bacteriële aantasting zie [ref. 1.].

In afbeelding 3.5 is een archieftekening gegeven van het oorspronkelijk aanzicht, in afbeelding 3.6 is een foto weergegeven van het huidige aanzicht. De huidige wegindeling van brug 41 is vergelijkbaar als brug 30 (zie afbeelding 3.4).

Afbeelding 3.5 Aanzicht brug 41 (tekening circa 1922)



Afbeelding 3.6 Aanzicht brug 41 (foto 2015)



3.3.2 Periodieke inspectie huidige staat brug 41

De monitoring van de bruggen betreft een periodieke uitvoering van een inspectie. Gedurende de inspectie zijn de zichtbare delen van de brug (vanaf zowel maaiveld als water) geïnspecteerd op schade. De zichtbare constructieve delen zijn hierbij het dek, de pijlers en landhoofden.

De monitoring omvat de volgende uitgevoerde inspecties:
- fase A, augustus 2014;
- fase B, maart 2015;
- fase C, oktober 2015.

De geconstateerde schades aan brug 41 betreffen voornamelijk scheuren in het metselwerk, lokaal ontbrekend voeg- en metselwerk, vochtdoorslag metselwerk en onvoldoende conservering stalen ligger.

Op brug 41 zijn twee scheurwijdtemeters aangebracht, beide scheurwijdtemeters indiceren over een periode van één jaar (augustus 2014 tot oktober 2015) geen toename in scheurwijdte.

Het monitoringsrapport van Infrascan advies [ref. 5, 6, 7.] stelt de volgende conclusie: *'De gemonitorde schades hebben geen directe gevolgen voor de beschikbaarheid en functionaliteit van de brug'.*

De bovenstaande conclusie wordt meegenomen in de afweging van de oplossingsrichtingen (zie par. 5.2)

3.4 Brug 70

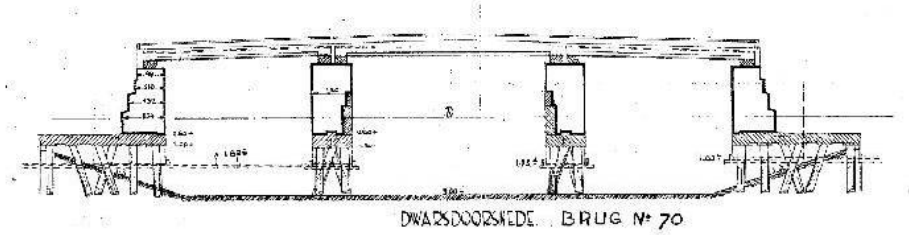
3.4.1 Beschrijving constructie brug 70

Brug 70 overspant de Prinsengracht en kent de navolgende constructieopbouw [bron ref. 1.]:
- betonnen dek met ingestorte stalen liggers, bouwjaar circa 1922;

- gemetselde landhoofden op betonnen funderingsloof, de bovenkant van de landhoofden zijn voorzien van natuurstenen dekstenen;
- twee gemetselde pijlers op betonnen funderingsloof, de kopse kanten van de pijlers zijn voorzien van natuurstenen dekstenen;
- houten paalfunderingen gefundeerd in de 1e zandlaag, circa 1922.

In afbeelding 3.7 is een archieftekening gegeven van het oorspronkelijk aanzicht, in afbeelding 3.8 is een foto weergegeven van het huidige aanzicht. De huidige wegindeling van brug 70 is vergelijkbaar als brug 30 (zie afbeelding 3.4).

Afbeelding 3.7 Dwarsdoorsnede brug 70 (tekening circa 1922)



Afbeelding 3.8 Foto brug 70 (2014)



3.4.2 Periodieke inspectie huidige staat brug 70

De monitoring van de bruggen betreft een periodieke uitvoering van een inspectie. Gedurende de inspectie zijn de zichtbare delen van de brug (vanaf zowel maaiveld als water) geïnspecteerd op schade. De zichtbare constructieve delen zijn hierbij het dek, de pijlers en landhoofden.

De monitoring omvat de volgende uitgevoerde inspecties
- fase A, augustus 2014;
- fase B, maart 2015;
- fase C, oktober 2015.

De geconstateerde schades aan brug 70 betreffen voornamelijk enkele scheuren in het metselwerk en aantasting en scheurvorming in het staalbetondek. Op brug 70 zijn drie scheurwijdtemeters aangebracht, nagenoeg alle scheurwijdtemeters indiceren over een periode van één jaar (augustus 2014 tot oktober 2015) geen toename in scheurwijdte.

Het rapport van Infrascan advies [ref. 8, 9, 10.] stelt de volgende conclusie: *'Geconcludeerd wordt dat wanneer de reparaties zoals geadviseerd, binnen 2 jaar worden uitgevoerd, de gemonitorde schades geen directe gevolgen voor de beschikbaarheid en constructieve functionaliteit van de brug zullen hebben'.*

De bovenstaande conclusie wordt meegenomen in de afweging van de oplossingsrichtingen (zie par. 5.2)

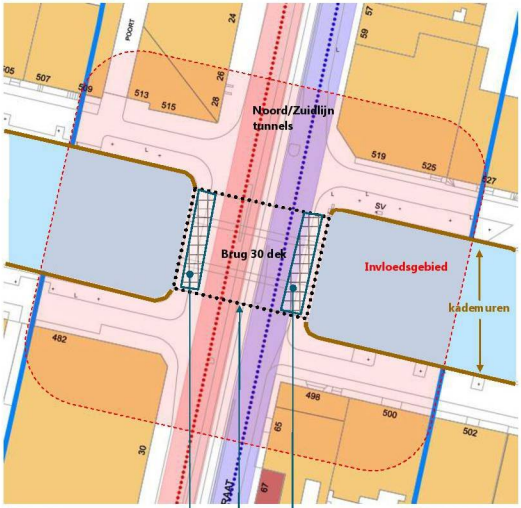
3.5 Omgeving

3.5.1 Belendingen, kabels en leidingen en andere infrastructuur

Het invloedsgebied van de werkzaamheden (op basis van zettingen en trillingen) is gesteld op 30 m vanuit de contouren van de bruggen. In afbeelding 3.9, afbeelding 3.10 en afbeelding 3.11 is het invloedsgebied weergegeven inclusief de volgende elementen:

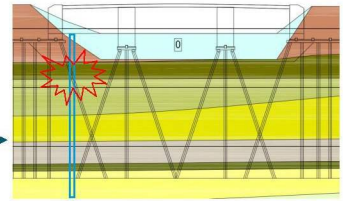
- bebouwing in het invloedsgebied inclusief omschrijving, foto en funderingsniveau;
- ligging Noord/Zuidlijntunnels;
- ligging station Vijzelgracht bij brug 70
- ligging van de zone van kabels, leidingen en riolen;
- Duintjertunnel ter plaatse van brug 41;
- voormalige stalen verbreding brug 70;
- kademuren.

Afbeelding 3.9 Belendingen rondom brug 30 inclusief funderingsniveau



Kabels en leidingenzone, met (o.a.) gasleidingen, communicatie.

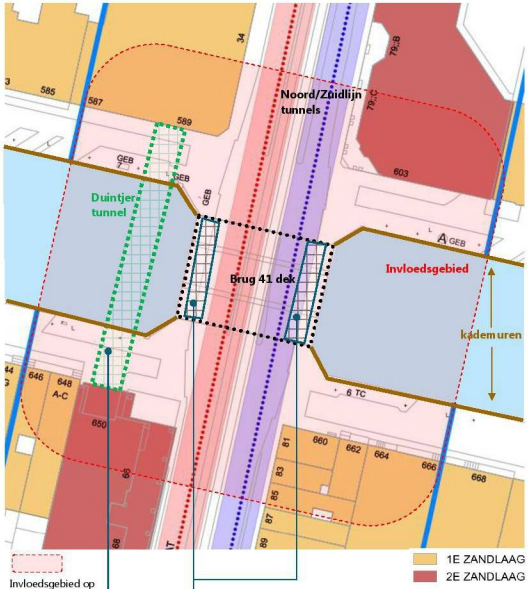
Aangegeven is de contour van het brugdek. De contour van de fundering van de bruggen op paalpuntniveau (footprint) is aanzienlijk groter door de landhoofden en de schoorstaande palen. Voornamelijk de schoorstaande palen zorgen voor een mogelijk conflict bij het maken van een bouwput om de landhoofden of pijlers (zie afbeelding hiernaast).



Tabel 3.1 Beschrijving belendingen invloedsgebied brug 30 (met de klok mee vanaf linkerbovenhoek)

Foto	adres	funderingsniveau	functie
	Vijzelstraat 24-26	1de zandlaag	horeca en wonen
	Herengracht 519-525	1de zandlaag	hotel The Banks Mansion
	Herengracht 498, 500	1de zandlaag	kantoor en wonen
	Vijzelstraat 30-34	1de zandlaag	Stadsarchief de Bazel

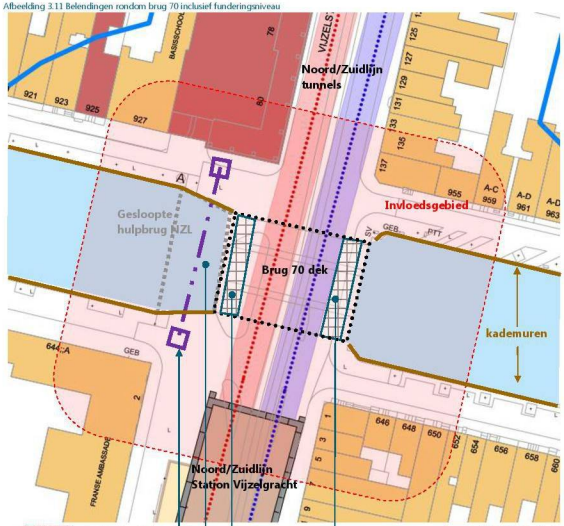
Afbeelding 3.10 Belendingen rondom brug 41 inclusief funderingsniveau



Tabel 3.2 Belendingen invloedsgebied brug 41 (met de klok mee vanaf linkerbovenhoek)

Foto	adres	funderingsniveau	functie
	Vijzelstraat 30-34	1ste zandlaag	Stadsarchief de Bazel
	Keizersgracht 603	2de zandlaag	kantoor en wonen,
	Vijzelstraat 81, 83	1ste zandlaag	winkel en wonen
	Vijzelstraat 66	2de zandlaag	Duintjergebouw, kantoor en wonen,

Afbeelding 3.11 Belendingen rondom brug 70 inclusief funderingsniveau



Tabel 3.3 Belendingen invloedsgebied brug 70 (met de klok mee vanaf linkerbovenhoek)

Foto	adres	funderingsniveau	functie
	Vijzelstraat 66	2de zandlaag	Duintjergebouw, kantoor en wonen,
	Vijzelstraat 133, 135, 137 en Prinsengracht 955	1ste zandlaag	horeca en wonen
	Vijzelgracht 1,3 5, 7 en Prinsengracht 646, 648, 650	1ste zandlaag	horeca, winkels en wonen
	Vijzelgracht 2, 4	1ste zandlaag	Frans Consulaat

Aan de westkant van brug 70 is gedurende de ruwbouw van station Vijzelgracht (2003-2015) een stalen hulpbrug bevestigd. Deze stalen hulpbrug is gesloopt in 2015 en bestond uit 16 tubexpalen (Ø457 uitw.) een stalen balkenrooster met daar op het brugdek. Tijdens de sloop zijn de tubexpalen niet verwijderd maar afgebrand tot een niveau van NAP -3,1 m.

Kabels en leidingenzone, met (o.a.) gasleidingen, communicatie, 10 kV leidingen.

Bestaand hoofdriool Ø800 mm, b.o.k. NAP -5,00 m. Circa 6,0-7,0 m tussen hart riool en buitenkant brug.

3.5.2 Noord/Zuidlijntunnels

De tunnels van de Noord/Zuidlijn zijn gelegen in het verlengde van de Vijzelstraat onder de bruggen. De hartlijn van de tunnels ter plaatse van de bruggen varieert van NAP -25,9 tot NAP -30,5 m. De tunnels liggen grotendeels gedeeltelijk in of onder de 2de zandlaag (zie afbeelding 3.15 en afbeelding 3.16). In tabel 3.4 is een inschatting gegeven van de gemiddelde afstand tussen de bestaande paalpunten en de bovenkant van de tunnels

Tabel 3.4 Inschatting gemiddelde afstand paalpuntniveau bruggen en bovenkant (kruin) tunnel

Brug	Diepte tunnel (hart) (m) NAP	Geschat p.p.n. (m) NAP (1ste zandlaag)	Gemiddelde afstand b.k. tunnel - p.p.n. (m)
30 (Herengracht)	-30,5	-12,0	14,7
41 (Keizersgracht)	-30,2	-12,0	14,4
70 (Prinsengracht)	-25,9	-12,0	10,1

Het gewicht van de bruggen in de Vijzelstraat belast de tunnelbuis van de Noord/Zuidlijn. Via de grond verplaatst de paalbelasting zich naar de tunnelwand. Als de bruggen worden vervangen verandert de gronddruk op de tunnel.

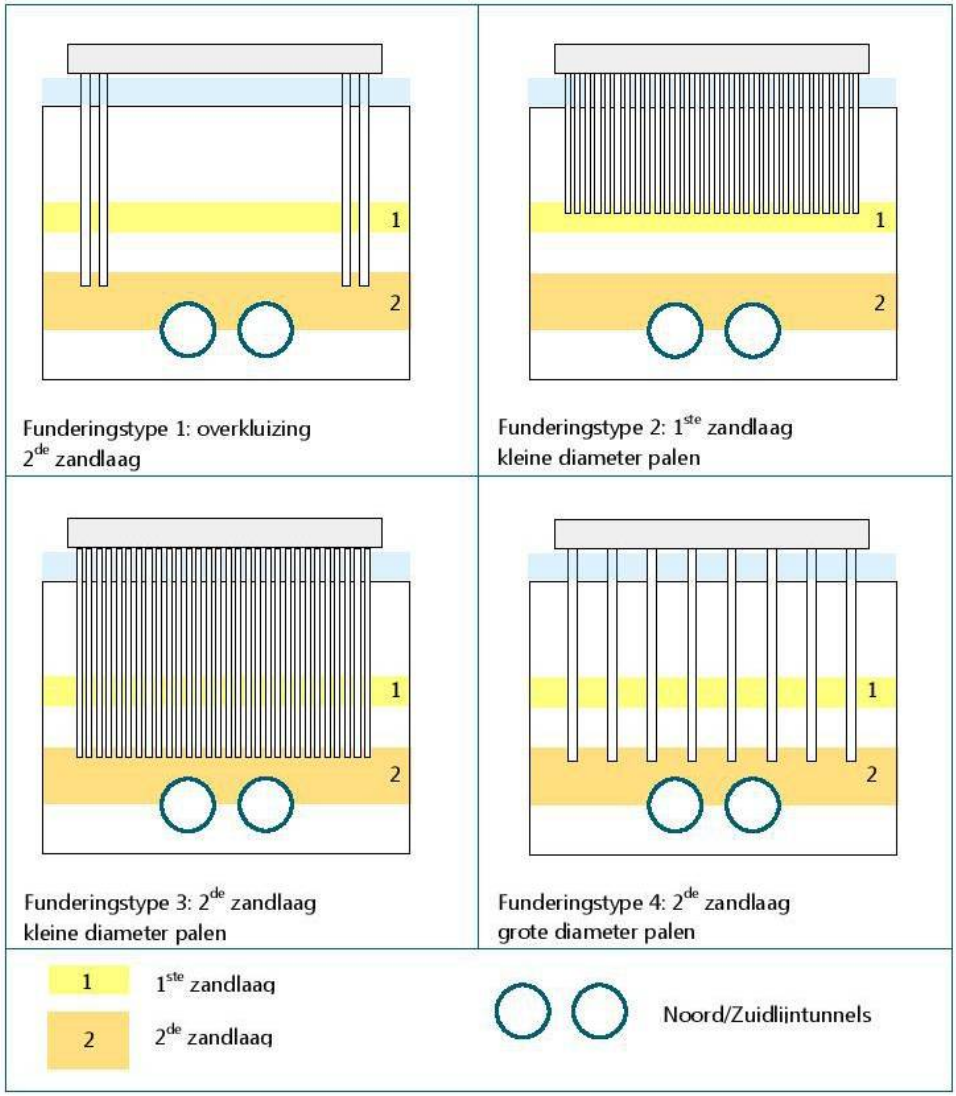
Met verkennende berekeningen is het effect van een (ongelijkmatig) toenemende of afnemende gronddruk op de tunnel beschouwd voor vier funderingstypen die mogelijk toepasbaar zijn voor het vervangen van de fundering van de bruggen 30, 41 en 70. De resultaten van de berekeningen zijn ook van toepassing als de fundering van de brug wordt hersteld, omdat het totale gewicht van de brug in beide gevallen gelijk is.

De vier funderingstypen zijn:
- **funderingstype 1:** overkluizing van de Noord/Zuidlijntunnels. Dit betreft een fundering op de 2de zandlaag naast de tunnel. De krachten vanuit de brug worden via overkluizingsbalken naast de tunnels in de grond geleid;
- **funderingstype 2**: nieuwe fundering op de eerste zandlaag met ruime spreiding van de paalpunten. Hiermee wordt voorkomen dat de nieuwe situatie een groter funderingslast geeft dan de huidige situatie;
- **funderingstype 3**: nieuwe fundering op de tweede zandlaag met ruime spreiding van de paalpunten. Hiermee wordt voorkomen dat de nieuwe situatie een groter funderingslast geeft dan de huidige situatie;
- **funderingstype 4**: nieuwe fundering op de tweede zandlaag met enkele zwaar belaste palen.

De funderingstypen zijn schematisch weergegeven in afbeelding 3.12.

Met hulp van 2D EEM grondmodel (Plaxis) is de spreiding in de ondergrond bepaald van de verschillende funderingstypes. Met behulp van de spreiding is de funderingsdruk op de tunnel-lining bepaald. Deze funderingsdruk is ingevoerd in een 2de EEM model van de tunnel-lining inclusief grond (Diana). Met het Diana model zijn de ringkrachten bepaald en getoetst.

Afbeelding 3.12 Schematische weergave funderingstypen



Het toegepast Diana rekenmodel is gelijk aan het oorspronkelijke rekenmodel welke is gebruikt voor het ontwerp van de Noord/Zuidlijntunnels. De verkennende berekeningen zijn opgenomen in bijlage I.

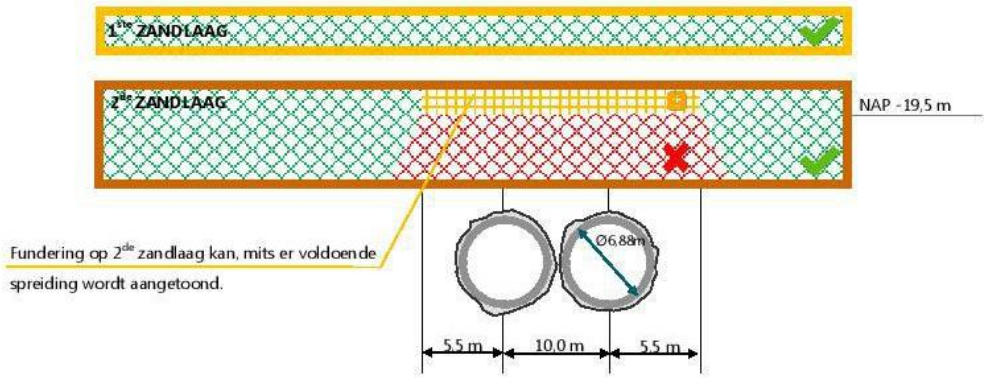
Op basis van de verkennende berekeningen zijn de volgende conclusies getrokken:

- **funderingstype 1** is mogelijk op 2,0 m vanaf de buitenkant van de tunnel. De toename in snedekrachten in de tunnel leidt niet tot een overschrijding van de GGT of UGT grenzen voor de tunnel onder brug 30, 41 en 70;
- **funderingstype 2** is mogelijk mits de nieuwe situatie met betrekking tot de funderingsdruk kleiner of gelijk is aan de bestaande situatie. Funderingstype 2 is mogelijk voor brug 30, 41 en 70;
- **funderingstype 3** is naar verwachting mogelijk voor brug 30 en 41 mits voldoende spreiding van de paalbelasting in de ondergrond kan optreden. Voor brug 70, waarbij de afstand tussen de tunnel en de bovenkant van de 2de zandlaag kleiner is, is funderingstype 3 niet mogelijk;
- **funderingstype 4** is niet mogelijk voor brug 30, 41 en 70. de krachten in de tunnel-lining overschrijden de GGT en UGT grenzen.

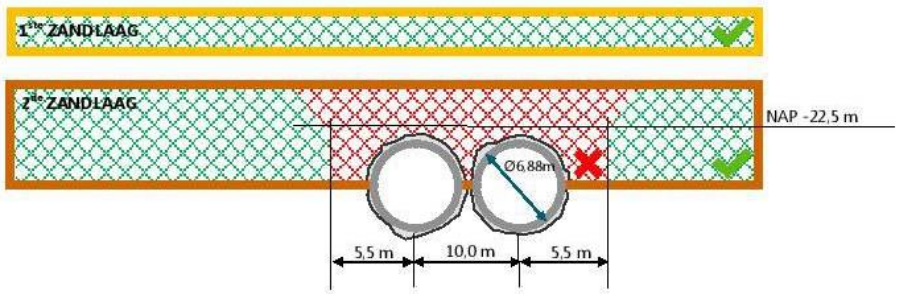
Funderingstype 3 en 4 betreffen allebei funderingen op de 2de zandlaag. Het verschil tussen beide is de hoeveelheid spreiding van de funderingsdruk in de ondergrond. Funderingstype 3 (groot aantal kleine palen) spreidt over een groter oppervlak dan funderingstype 4 (enkele grote palen). Funderingstype 3 is daarom wel mogelijk voor brug 30 en 41 maar funderingstype 4 niet. Wel dient te worden opgemerkt dat beide funderingstypen onder- en bovengrenzen zijn. Voor tussenliggende funderingstypen dient opnieuw een berekening te worden gemaakt.

De resultaten zijn grafisch weergegeven in afbeelding 3.13 en afbeelding 3.14.

Afbeelding 3.13 Funderingsopties brug 30 en 41



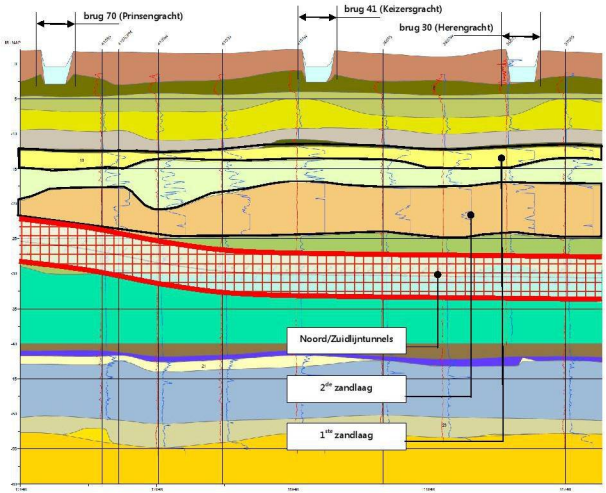
Afbeelding 3.14 Funderingsopties brug 70



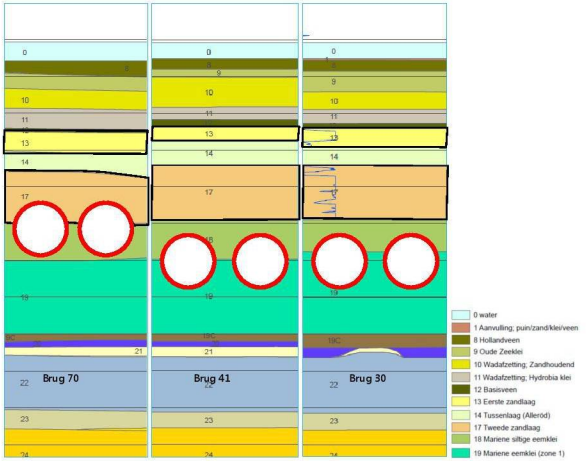
De berekeningen aangaande de invloed van de werkzaamheden op de bestaande Noord/Zuidlijntunnels zijn weliswaar uiterst zorgvuldig gemaakt maar met aannames ten aanzien van funderingslasten en spreiding in de ondergrond. De berekeningen aangaande de invloed van de werkzaamheden op de bestaande Noord/Zuidlijntunnels dienen in een later stadium opnieuw te worden gemaakt met een verfijning van de uitgangspunten.

Daarnaast zullen eventuele funderingspalen in de nabijheid van de tunnels met de grootst mogelijke zorgvuldigheid moeten worden uitgevoerd.

Afbeelding 3.15 Langsdoorsnede Noord/Zuidlijntunnels ter plaatse van de bruggen inclusief geotechnisch profiel (kijkrichting westen)



Afbeelding 3.16 Hoogteligging tunnels inclusief geotechnische grondopbouw (kijkrichting noorden)



4

ONTWERPEISEN

De eisen aan de oplossingsrichting en ontwerpvarianten zijn weergegeven in tabel 4.1. De eisen zijn opgesteld door Witteveen+Bos en getoetst door de opdrachtgever.

Tabel 4.1 Eisen gesteld aan de oplossingsrichting en de ontwerpvarianten

Onderdeel	Eisen
Functioneel	- levensduur nieuwbouw dient minimaal 100 jaar te zijn conform NEN-EN-1990. Levensduur bij herstel en/of opwaarderen is 15 jaar op afkeurniveau conform NEN 8700; - de huidige verkeersinrichting van de brug dient behouden te worden bij zowel nieuwbouw als herstel bruggen, inclusief vrije indeelbaarheid van tram en wegverkeer
Vormgeving	- in het geval van nieuwbouw van landhoofd, pijlers en brug dient de vormgeving van deze elementen zoveel mogelijk hetzelfde te zijn als dat van de huidige bruggen; - de huidige posities van de landhoofden en pijlers dienen te worden behouden; - het huidige profiel van vrije ruimte onder de brug (onder en boven water) dient te worden behouden; - de huidige breedte van het brugdek dient te worden behouden
Noord/Zuidlijn	- in algemene zin: de oplossingsrichting of ontwerpvariant dient geen schade aan de Noord/Zuidlijntunnels te veroorzaken. Hieronder valt schade ten gevolge van zettingen, trillingen, verhoging van de funderingsdruk of andersoortige wijziging van de krachtswerking in de tunnels of in de grond in directe nabijheid van de tunnels of andersoortige schade; - er mag niet direct op de tunnelwand en groutschil van de Noord/Zuidlijntunnels worden gefundeerd - Brug 70: funderen op/in de 1ste zandlaag is uitsluitend mogelijk mits geen wijziging van funderingsdruk op de Noord/Zuidlijntunnels optreedt ten opzichte van de huidige situatie; - Brug 70: funderen op/in de 2de zandlaag is niet toegestaan in het gebied direct boven de tunnel tot en met 5,5m buiten de as van de tunnels zie ook groene zone afbeelding 3.13 - Brug 30, 41: funderen op/in de 1ste zandlaag is uitsluitend mogelijk mits geen wijziging van funderingsdruk op de Noord/Zuidlijntunnels optreedt ten opzichte van de huidige situatie; - Brug 30, 41: uitgangspunt is dat funderen op/in de 2de zandlaag mogelijk is mits voldoende spreiding van de funderingsdruk wordt geborgd. Hiervoor dient de invloed van de fundering op de Noord/Zuidlijntunnels in de nadere uitwerking verder worden te beschouwd om deze aanname te valideren (zie ook groene zone afbeelding 3.12)
belendingen, kabels en leidingen en overige infrastructuur	- de oplossingsrichtingen danwel ontwerpvarianten dienen geen schade te veroorzaken aan de belendingen waaronder gebouwen, kabels en leidingen en overige infrastructuur in de omgeving van de bruggen. Hieronder valt schade ten gevolge zettingen, trillingen of andersoortige schade ten gevolge van bouwactiviteiten
bereikbaarheid	- fiets- en voetgangersverkeer dient gedurende de gehele bouwperiode mogelijk te zijn; - de duur van de exploitatiebeperking voor het GVB van de tramlijnen in de Vijzelstraat dient worden afgestemd met het GVB en geminimaliseerd; - de duur van de stremming van het scheepvaartverkeer op de Prinsengracht, Herengracht en Keizersgracht ten gevolge van de bouwactiviteiten dient te worden afgestemd met Waternet en geminimaliseerd te worden;

Onderdeel	Eisen
	- nood- en hulpdiensten dienen gedurende de bouw doorgang te behouden voor hulp in de directe omgeving
hinder	- hinder voor omwonenden (geluid, trillingen, stof) ten gevolge dient geminimaliseerd te worden; - de duur van de uitvoering van de bouwactiviteiten dient geminimaliseerd te worden ter algemene beperking van hinder
Rode loper	- de oplossingsrichting danwel ontwerpvarianten dienen tegelijkertijd met het project Rode Loper te worden uitgevoerd of minimaal voor het jaar 2029 (15 jaar na opstellen herberekening op afkeurniveau)
monumentenstatus	- brug 30 en 41 zijn rijksmonumenten, in het geval van werkzaamheden of aanpassingen aan de bruggen dienen de eisen van de monumentenzorg te worden meegenomen - brug 70 valt onder beschermd stadsgezicht,, in het geval van werkzaamheden of aanpassingen aan de brug dienen de eisen van de monumentenzorg te worden meegenomen

5

OPSTELLING- EN AFWEGINGSPROCES CONCEPTUELE ONTWERPEN

5.1 Opstelling- en afwegingsproces

Het ontwerpproces is in hoofdlijnen weergegeven in een stroomschema (zie afbeelding 5.1). Het stroomschema kent initieel vier oplossingsrichtingen (in kolommen) welke variëren van:

1 volledige nieuwbouw fundering, landhoofden en brugdek, met het uitgangspunt dat dit gebeurt in combinatie met het project Rode Loper;
2 funderingsherstel met behoud van landhoofden, pijlers en brugdek, met het uitgangspunt dat dit gebeurt in combinatie met het project Rode Loper;
3 opwaarderen huidige fundering door middel van injecties onder of naast de palen of mogelijk gedeeltelijke vervanging van meest slechte palen. De oplossing gaat uit van behoud van landhoofden, pijlers en brugdek. Het uitgangspunt is dat dit gebeurt in combinatie met het project Rode Loper;
4 huidige situatie handhaven voor een periode van minimaal 15 jaar met inbegrip van extra beheersmaatregelen.

De vier oplossingsrichtingen zijn gericht op de fundering. Dit omdat de fundering de zwakste schakel is in het totale constructieve systeem is gebleken. Voor oplossingsrichting 2 en 3 is de vervanging van de fundering voorzien inclusief behoud van de bestaande landhoofden, pijlers en dekken. Dit heeft tot gevolg dat deze oplossingen een kortere levensduur bieden dan nieuwbouw maar een lagere investering vergen.

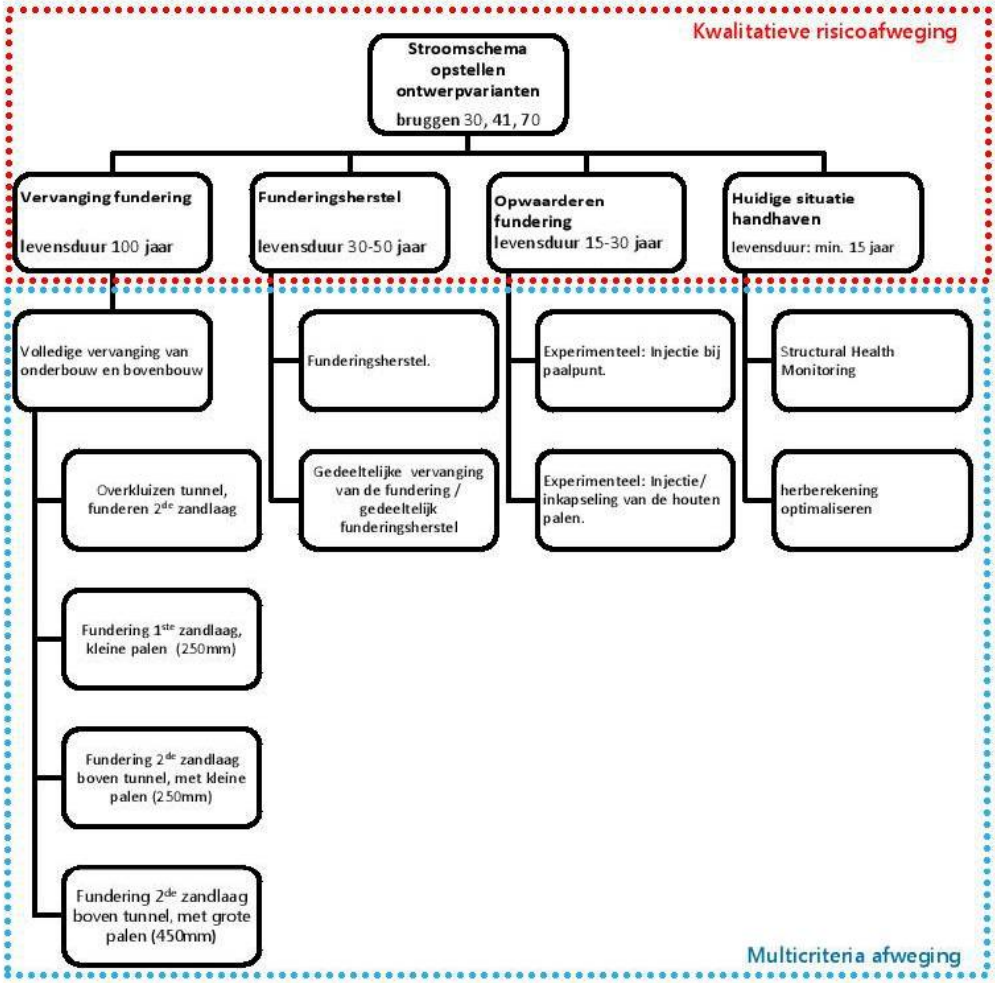
Voor alle drie de bruggen is in eerste instantie een afweging gemaakt van de geschikte oplossingsrichting (zie rode kader afbeelding 5.1). De afweging van de oplossingsrichtingen is gebaseerd op een kwalitatieve risicoanalyse. Dit houdt in dat er op basis van drie toprisico's is bepaald wat de beste oplossingsrichting is of oplossingsrichtingen zijn voor iedere afzonderlijke brug. De toprisico's zijn weergegeven in tabel 5.1. De toprisico zijn vastgesteld op basis van engineering judgement.

Tabel 5.1 Toprisico's afweging oplossingsrichting

Risico	Beschrijving	(Mogelijke) gevolgen
onvoldoende constructieve veiligheid	de gekozen oplossingsrichting biedt geen garantie op het behalen van de vereiste levensduur	1) gebruiksbeperking / afsluiting bruggen; 2) onvoorbereide vervanging buiten regulier onderhoud en buiten Rode Loper Project; 3) beschikbaarheid brug is beperkt wat leidt tot hinder en economische derving
vervanging buiten het project Rode Loper maar binnen 15 jaar	de gekozen oplossingsrichting leidt tot de kans dat werkzaamheden worden uitgevoerd na de periode van uitvoering project Rode Loper (2017-2019)	1) kapitaalsvernietiging Rode Loper door opnieuw aanbrengen straatwerk en -meubilair, verleggen kabels en leidingen, etc.; 2) dubbele hinder voor omwonenden, gebruikers en vervoerders; 3) onvrede en economische derving omwonenden, gebruikers en vervoerders

Risico	Beschrijving	(Mogelijke) gevolgen
onverwachte kosten en/of onderhoud	de gekozen oplossingsrichting leidt tot onverwachte kosten ten aanzien van herstel, monitoring of verhoogde onderhoudsintensiteit	1) beschikbaarheid brug beperkt door verhoogde onderhoudsintensiteit wat leidt tot hinder; 2) budgetten ontoereikend of niet beschikbaar door hogere onderhoudsintensiteit

Afbeelding 5.1 Stroomschema afwegingskaders oplossingsrichtingen en ontwerpvarianten



De afweging van de oplossingsrichtingen voor brug 30 en 41 zijn gecombineerd. Dit omdat deze bruggen vergelijkbaar zijn in vormgeving, afmetingen, constructieve opbouw, ouderdom, funderingskwaliteit en ligging ten opzichte van de Noord/Zuidlijntunnels.

Voor brug 70 is een aparte afweging gemaakt van de oplossingsrichtingen. Brug 70 wijkt af van brug 30 en 41 in constructieve opbouw, ouderdom, funderingskwaliteit en ligging ten opzichte van de Noord/Zuidlijntunnels. De kwalitatieve risicoafweging van de oplossingsrichtingen is gegeven in de navolgende paragraaf.

5.2 Kwalitatieve risicoafweging

5.2.1 Risicoafweging oplossingsrichting brug 30 en 41

Het volgende is geconcludeerd op basis van de kwalitatieve risicoanalyse:

- de volledige **nieuwbouw** van brug 30 en 41 is een oplossingsrichting met een relatief laag risicoprofiel. De constructieve veiligheid is van de nieuwe brug is dan gegarandeerd, de periode van uitvoering kan in combinatie met de werkzaamheden aan de Rode Loper worden uitgevoerd. Van alle mogelijke oplossingsrichtingen kent nieuwbouw echter de grootste investering. Echter, deze investering staat tegenover een levensduur van 100 jaar. De oplossingsrichting voor nieuwbouw van brug 30 en 41 is daarom onderdeel van de multicriteria analyse;
- het **herstellen** van de fundering van brug 30 en 41 is een oplossing met een laag tot gemiddeld risicoprofiel. Bij het herstellen van een fundering worden aan weerszijden van de bestaande landhoofden en pijlers nieuwe palen gemaakt. Vervolgens worden in de landhoofden en pijlers sparingen gemaakt ter plaatse van de nieuwe palen. Deze worden vervolgens constructief verbonden met de pijlers en landhoofd door middel van stalen binten welke door de sparingen gaan. De techniek van funderingsherstel is 'common practice' voor gebouwen in de gemeente Amsterdam en kan in combinatie met de Rode Loper worden uitgevoerd. Benadrukt wordt dat voor deze oplossing bijzondere aandacht uit moet gaan naar het niveau van de onderzijde van de fundering in relatie tot de Noord/Zuidlijntunnels, alsmede de doorvaartbreedte van de grachten en het aanzicht van de landhoofden en pijlers. De oplossing kent een relatief lage investering omdat de landhoofden, pijlers en brugdekken niet worden vervangen, maar worden ondervangen. De oplossingsrichting voor het herstellen van de fundering van brug 30 en 41 is daarom onderdeel van de multicriteria analyse.;
- het is naar mening van Witteveen+Bos te risicovol om de huidige fundering van brug 30 en 41 **op te waarderen**. De voornaamste oorzaak hiervoor is het feit dat het om voor deze specifieke situatie relatief experimentele technieken gaat waarbij men met behulp van grouting (cement, kunsthars) de draagkracht van de bestaande palen en/of 1ste zandlaag wordt opgewaardeerd. Het concreet kwantificeren van de toename in levensduur is naar mening van Witteveen+Bos echter rekenkundig nagenoeg onmogelijk, omdat de stijfheid van de geïnjecteerde ondergrond lastig is te toetsen op homogeniteit. Daarnaast is de techniek uitvoeringstechnisch risicovol en niet zonder overlast voor de brug en de omgeving, omdat er veel injectiegaten moeten worden aangebracht. Daarnaast is het een relatief dure techniek, terwijl de slechte kwaliteit van de houten palen (houtrot) niet is aangepakt. Ook zijn er beperkingen aan de afstand tussen de locatie van de (hoge druk) injectie en de tunnelbuis. De oplossingsrichting voor opwaarderen wordt derhalve niet meegenomen in de multicriteria analyse;
- het is te risicovol om de **huidige situatie te behouden** voor brug 30 en 41. De ouderdom van de constructie is groot, de kwaliteit van de fundering, landhoofden en pijlers is beperkt en het geotechnische draagvermogen en sterkte van de palen is volgens Witteveen+Bos onvoldoende. Het risico dat er uiteindelijk alsnog zal moeten worden overgegaan op vervanging danwel herstel is groot. De kans dat dit op korte termijn moet gebeuren is relatief groot en zal met de jaren nog groter worden. Daarnaast is het onwenselijk als dit gebeurt buiten het tijdvenster van de werkzaamheden van de Rode Loper.

De bovenstaande risicoafweging is weergegeven in tabel 5.2. De risico's zijn weergegeven in vier gradaties: verwaarloosbaar, laag, gemiddeld en hoog. Bijvoorbeeld: de kans op onvoldoende constructieve veiligheid bij het vervangen van de fundering is verwaarloosbaar (groen weergegeven) omdat het een nieuwbouw betreft. Een ander voorbeeld is het handhaven van de huidige situatie. Het risico is voor onvoldoende constructieve veiligheid vastgesteld op hoog (rood) omdat de constructie reeds onvoldoende constructieve veiligheid heeft en een grote kans heeft op afnemende constructieve veiligheid.

Tabel 5.2 Risicoafweging oplossingsrichting brug 30 en 41

Variant	Onvoldoende constructieve veiligheid	Vervanging buiten Rode loper maar binnen 15 jaar.	Onverwachte kosten, onderhoud,
vervangen fundering	**verwaarloosbaar** Nieuwe constructie met 100 jaar levensduur, verwaarloosbare kans op kortere levensduur	**verwaarloosbaar** Project wordt uitgevoerd gedurende project Rode Loper	**verwaarloosbaar** Project wordt uitgevoerd gedurende project Rode Loper
herstellen fundering	**verwaarloosbaar** nieuwe fundering met minimaal 50 jaar levensduur, verwaarloosbare kans op kortere levensduur.	**verwaarloosbaar** project wordt uitgevoerd gedurende project Rode Loper	**laag** geen vervanging landhoofden, pijlers en brugdekken leidt tot groter onderhoudsintensiteit en mogelijke vervanging brugdekken na 15 jaar
opwaarderen fundering	**hoog** experimentele onbewezen technieken met betrekking tot opwaarderen paalpunt of schacht. Hoge kans dat oplossing niet tot gewenste levensduur leidt	**gemiddeld** project wordt uitgevoerd gedurende project Rode Loper. Echter vanwege risico op kortere levensduur bestaat de kans dat binnen 15 jaar opnieuw dient te worden ingegrepen	**gemiddeld** geen vervanging landhoofden, pijlers en brugdekken leidt tot groter onderhoudsintensiteit en mogelijke vervanging brugdekken na 15 jaar. Daarnaast bestaat de kans op opnieuw ingrijpen ten aanzien van de fundering
huidige situatie handhaven	**hoog** constructie heeft reeds onvoldoende constructieve veiligheid, grote kans op afnemende constructieve veiligheid	**hoog** grote kans op ingrijpen in Vijzelstraat binnen 15 jaar na uitvoering project Rode Loper	**hoog** grote kans op ingrijpen in Vijzelstraat binnen 15 jaar na uitvoering project Rode Loper

5.2.2 Risicoafweging oplossingsrichting brug 70

Het volgende is geconcludeerd op basis van de kwalitatieve risicoanalyse:

- de volledige **nieuwbouw** van brug 70 is een oplossingsrichting met een laag risicoprofiel. De constructieve veiligheid is gegarandeerd, de periode van uitvoering kan in combinatie met de Rode Loper. Van alle mogelijke oplossingsrichtingen kent nieuwbouw de grootste investering. Echter, deze investering staat tegenover een levensduur van 100 jaar. De oplossingsrichting voor nieuwbouw van brug 70 is daarom onderdeel van de multicriteria analyse;
- het **herstellen** van de fundering van brug 70 is een oplossing met een laag tot gemiddeld risicoprofiel. De techniek van funderingsherstel is 'common practice' voor gebouwen in de gemeente Amsterdam en kan in combinatie met de Rode Loper worden uitgevoerd. Benadrukt wordt dat voor deze oplossing bijzondere aandacht uit moet gaan naar het niveau van de onderzijde van de fundering in relatie tot de Noord/Zuidlijntunnels, alsmede de doorvaartbreedte van de grachten en het aanzicht van de landhoofden en pijlers. De oplossing kent een relatief lage investering omdat de landhoofden, pijlers en brugdekken niet worden vervangen, maar worden ondervangen. De oplossingsrichting voor het herstellen van de fundering van brug 70 is daarom onderdeel van de multicriteria analyse;
- het is naar mening van Witteveen+Bos te risicovol om de huidige fundering van brug 30 en 41 **op te waarderen**. De voornaamste oorzaak hiervoor is het feit dat het om voor deze specifieke situatie relatief experimentele technieken gaat waarbij men met behulp van grouting (cement, kunsthars) de draagkracht van de bestaande palen en/of 1ste zandlaag wordt opgewaardeerd. Het concreet kwantificeren van de toename in levensduur is naar mening van Witteveen+Bos echter rekenkundig nagenoeg onmogelijk, omdat de stijfheid van de geïnjecteerde ondergrond lastig is te toetsen op homogeniteit. Daarnaast is de techniek uitvoeringstechnisch risicovol en niet zonder overlast voor de brug en de omgeving, omdat er veel injectiegaten moeten worden aangebracht. Daarnaast is het een relatief dure techniek, terwijl de slechte kwaliteit van de houten palen (houtrot) niet is aangepakt. De oplossingsrichting voor opwaarderen wordt derhalve niet meegenomen in de multicriteria analyse;

- het behouden van de **huidige situatie** voor brug 70 is een oplossingsrichting met een laag tot gemiddeld risicoprofiel. Hoewel de brug voor enkele palen een geotechnisch tekort aan paaldraagvermogen heeft, kan de situatie worden gehandhaafd mits er beheersmaatregelen worden opgesteld en nageleefd. Het handhaven van de huidige situatie is een oplossingsrichting met beperkte investeringskosten. De oplossingsrichting is daarom onderdeel van de multicriteria analyse.

Tabel 5.3 Risicoafweging oplossingsrichting brug 70

Variant	Onvoldoende constructieve veiligheid	Vervanging buiten Rode loper maar binnen 15 jaar.	Onverwachte kosten, onderhoud
vervangen fundering	**verwaarloosbaar** nieuwe constructie met 100 jaar levensduur, verwaarloosbare kans op kortere levensduur	**verwaarloosbaar** project wordt uitgevoerd gedurende project Rode Loper	**verwaarloosbaar** project wordt uitgevoerd gedurende project Rode Loper
herstellen fundering	**verwaarloosbaar** nieuwe fundering met minimaal 50 jaar levensduur, verwaarloosbare kans op kortere levensduur	**verwaarloosbaar** project wordt uitgevoerd gedurende project Rode Loper	**laag** geen vervanging landhoofden, pijlers en brugdekken leidt tot grotere onderhoudsintensiteit en mogelijke vervanging brugdekken na 15 jaar
opwaarderen fundering	**hoog** experimentele onbewezen technieken met betrekking tot opwaarderen paalpunt of schacht. Hoge kans dat oplossing niet tot gewenste levensduur leidt	**gemiddeld** project wordt uitgevoerd gedurende project Rode Loper. Echter vanwege risico op kortere levensduur bestaat de kans dat binnen 15 jaar opnieuw dient te worden ingegrepen	**gemiddeld** geen vervanging landhoofden, pijlers en brugdekken leidt tot groter onderhoudsintensiteit en mogelijke vervanging brugdekken na 15 jaar Daarnaast bestaat de kans op opnieuw ingrijpen ten aanzien van de fundering
huidige situatie handhaven	**laag** constructieve levensduur kan met maatregelen worden verlengd	**laag** lage kans op werkzaamheden die leiden tot kapitaalvernietiging Rode loper komende 15 jaar. Na 15 jaar dient in ieder geval te worden ingegrepen	**gemiddeld** geen vervanging landhoofden, pijlers en brugdekken leidt tot groter onderhoudsintensiteit en mogelijke vervanging brugdekken na 15 jaar

5.3 Beschrijving ontwerpvarianten

In onderstaande tabel is in navolging op de bovenstaande afweging van de oplossingsrichtingen een beschrijving gegeven van de ontwerpvarianten zoals deze worden afgewogen in de multicriteria analyse.

Brug 30 en 41

Illustratie principe

Variant A: Overkluizing tunnels

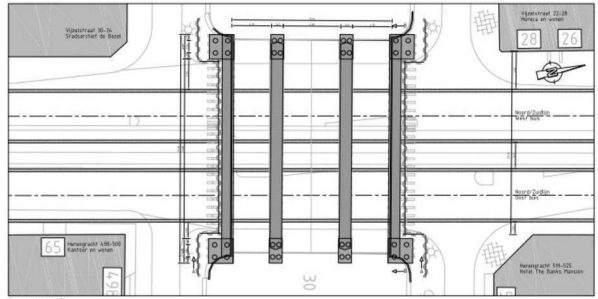
Deze variant is gebaseerd op het funderen op de 2de zandlaag naast de Noord/Zuidlijntunnels buiten de 5,5m zone (horizontale projectie) van de as van de tunnels. De belasting van de palen op de tunnels lijkt op basis van eerste verkennende berekeningen acceptabel maar is afhankelijk van het exacte paalpuntniveau (dit dient later nader te worden bepaald).

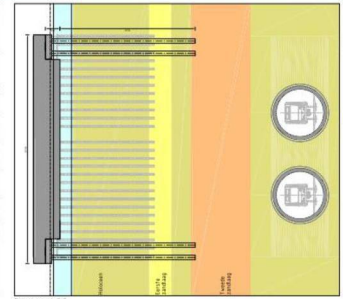
Naast de bestaande Noord/Zuidlijntunnels worden per zijde vier paalgroepen met poeren aangebracht. Tussen de vier poeren komen overkluizingsbalken waarop het brugdek komt te liggen. De poeren worden boven de waterlijn gemaakt waardoor er geen gesloten bouwkuip benodigd is.

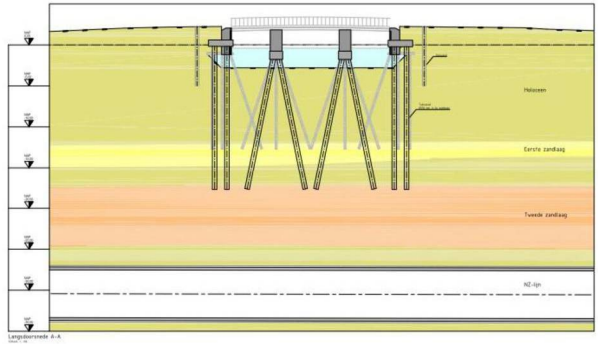
Daarnaast bestaat wellicht de mogelijkheid de overkluizingsbalken te prefabriceren en via het water aan te voeren. Dit levert waarschijnlijk een besparing op van bouwtijd en hinderduur. De mogelijkheden hiervoor dienen nader onderzocht te worden. Vooralsnog lijkt dit niet mogelijk voor brug 41.

Tevens kan worden onderzocht of de brug gedeeltelijk kan worden gesloopt met behoud van het middengedeelte. Op het middengedeelte kan de tram dan blijven rijden tot dat de poeren zijn gemaakt. Deze werkwijze minimaliseert de duur waarover de tram niet kan rijden over de brug.

De hiernaast staande tekening is opgenomen in bijlage IV.







Bouwwijze

1. Constructie achter landhoofden opsluiten met damwanden (voorkomen horizontale grondbeweging bij landhoofd danwel verlies stempelwerking brugdek);
2. Slopen bestaande constructie (dek, pijlers en landhoofden) in den natte met behulp van een ponton. Afvoer vrijkomende materialen via water of weg;
3. Aanbrengen tubexpalen, realiseren poeren boven waterlijn;
4. Invaren overkluizingsbalken en afhangen op de poeren;
5. Damwand achter overkluizingsbalken landhoofden indrukken;
6. Realiseren vleugelwanden en afwerken overkluizingsbalken met metselwerk en natuursteen;
7. Realiseren dek (prefab liggers met druklaag of in het werk gestort beton);
8. Afwerking brugdek.

Brug 30 en 41

Illustratie principe

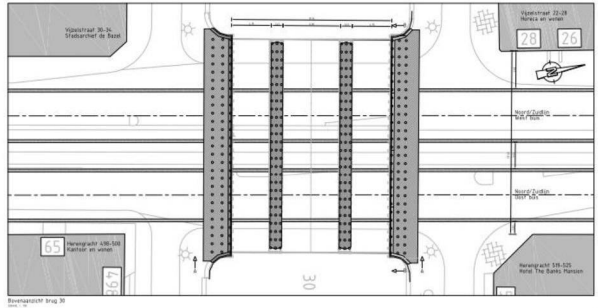
Variant B: fundering 1ste zandlaag stalen (micro)palen boven tunnel.

Deze variant is gebaseerd op het handhaven van dezelfde situatie als nu aanwezig is met betrekking tot funderingsdrukken.

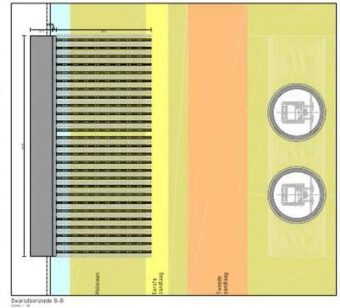
In het bestaande houten palenveld worden stalen (micro) palen (Ø250mm) aangebracht tot de 1ste zandlaag. Omdat de 1ste zandlaag beperkt is in dikte en omdat de funderingsdruk gelijk moet blijven aan de bestaande situatie dient er minimaal een vergelijkbare hoeveelheid stalen (micro) palen als bestaande houten palen te komen (circa 240 stuks).

Het voordeel van deze oplossing is dat er naar verwachting gefundeerd kan worden recht boven de tunnel en traditioneel kan worden gewerkt voor het maken van de nieuwe brug. Het nadeel is dat om en tussen de bestaande houten funderingspalen moet worden heen gebouwd en er extra verdichting optreedt in de ondergrond, waardoor het heiwerk mogelijk moeizaam kan verlopen.

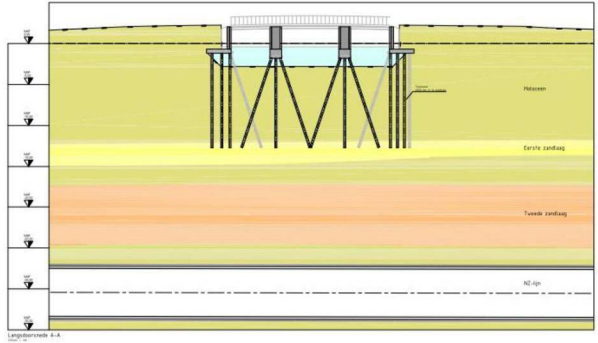
De hiernaast staande tekening is opgenomen in bijlage IV.



Bovenaanzicht brug 30



Dwarsdoorsnede B-B



Langsdoorsnede A-A

Bouwwijze

1. Constructie achter landhoofden opsluiten met damwanden (voorkomen horizontale grondbeweging bij landhoofd damwel verlies stempelwerking brugdek);
2. Slopen bestaande constructie in den natte met behulp van een ponton. Afvoer vrijkomende materialen via water of weg;
3. Damwandkuip maken om landhoofd, danwel landhoofd en pijler (afhankelijk toelaatbare vaarbreedte);
4. Bouwput bemalen;
5. Landhoofd of landhoofd en pijler slopen. Afvoer vrijkomende materialen via water of weg;
6. Bouwput aanvullen met zand (werkvloer maken voor aanbrengen stalen (micro) palen);
7. Funderingsplaat landhoofd storten;
8. Storten beton landhoofd en pijler, aanbrengen metselwerk;
9. Stappen 3 t/m 9 herhalen voor andere pijler en landhoofd;
10. Realiseren dek (prefab liggers met druklaag of in het werk gestort beton);
11. Afwerking brugdek.

Brug 30 en 41

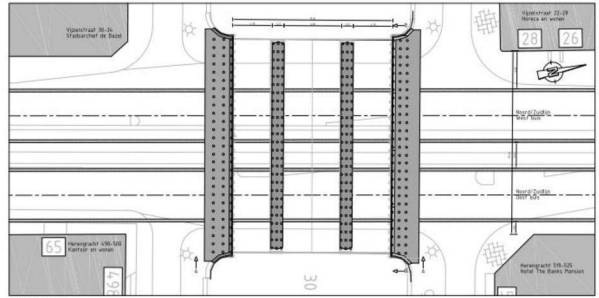
Illustratie principe

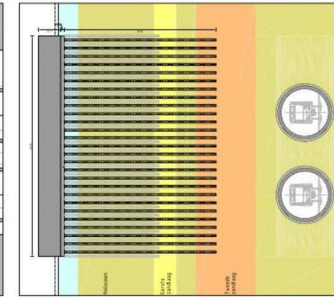
Variant C: fundering 2de zandlaag palen boven tunnel.

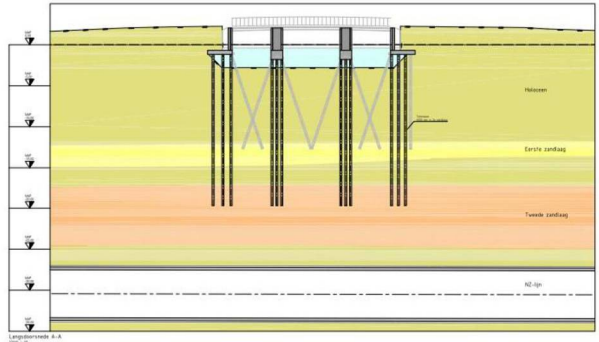
Deze variant is gebaseerd op het funderen op 2de zandlaag (grotere draagkracht, minder palen) maar met beperking van de funderingsdrukken. Omdat de funderingsdruk beperkt dient te blijven zijn een groot aantal palen nodig (minimaal circa 180 palen).

Het voordeel van deze oplossing is dat er naar verwachting gefundeerd kan worden recht boven de tunnel en traditioneel kan worden gewerkt voor het maken van de nieuwe brug. Het nadeel is dat om en tussen de bestaande houten funderingspalen moet worden heen gebouwd en er extra verdichting optreedt in de ondergrond, waardoor het heiwerk mogelijk moeizaam kan verlopen.

De hiernaast staande tekening is opgenomen in bijlage IV.







bouwwijze

1. Constructie achter landhoofden opsluiten met damwanden (voorkomen horizontale grondbeweging bij landhoofd damwel verlies stempelwerking brugdek);
2. Slopen bestaande constructie in den natte met behulp van een ponton. Afvoer vrijkomende materialen via water of weg;
3. Damwandkuip maken om landhoofd, damwel landhoofd en pijler (afhankelijk toelaatbare vaarbreedte);
4. Bouwput bemalen;
5. Landhoofd of landhoofd en pijler slopen. Afvoer vrijkomende materialen via water of weg;
6. Bouwput aanvullen met zand (werkvloer maken voor aanbrengen stalen (microl)palen);
7. Funderingsplaat landhoofd storten;
8. Storten beton landhoofd en pijler, aanbrengen metselwerk;
9. Stappen 3 t/m 9 herhalen voor andere pijler en landhoofd;
10. Realiseren dek (prefab liggers met druklaag of in het werk gestort beton);
11. Afwerking brugdek.

Brug 30 en 41

Illustratie principe

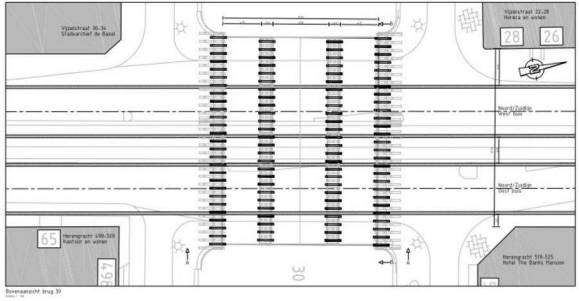
Variant D: funderingsherstel 1ste zandlaag palen boven tunnel

Deze variant is gebaseerd op het handhaven van dezelfde situatie als nu aanwezig is met betrekking tot funderingsdrukken, maar met handhaving van de bestaande landhoofden, pijlers en brugdek.

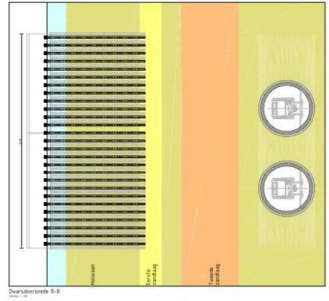
Aan weerszijden van het landhoofd en pijlers worden stalen (microlpalen (Ø250 mm) in de grond aangebracht. In de bestaande landhoofden en pijlers worden stalen balken aangebracht die worden verbonden met de palen.

De bestaande landhoofden en pijlers zullen vervolgens de krachten afdragen op de nieuwe palen.

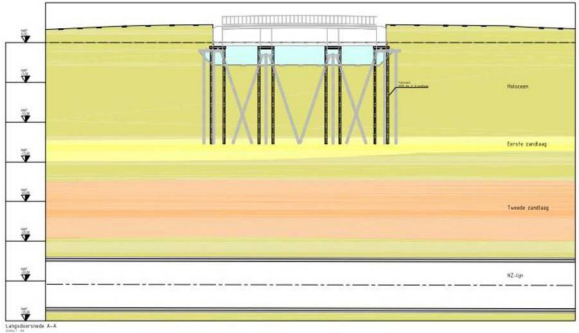
De hiernaast staande tekening is opgenomen in bijlage IV.



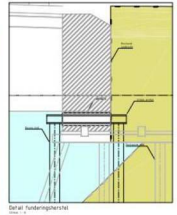
Bovenaanzicht brug 30



Dwarsdoorsnede B-B



Langsdoorsnede A-A



Detail funderingsherstel

bouwwijze

1. Bouwkuip realiseren om landhoofd voor aanbrengen tubexpalen achterzijde landhoofd;
2. Aanbrengen tubexpalen achterzijde landhoofd eventueel met voorboren;
3. Aanbrengen tubexpalen voorzijde landhoofd met behulp van ponton;
4. Sluiten bouwput rondom landhoofd;
5. Bouwput bemalen en aanvullen met zand (werkvloer);
6. Boren gaten en aanbrengen stalen binten. Stalen binten worden gelast op de tubexpalen;
7. Stappen 1 t/m 6 herhalen voor andere pijlers en landhoofden.

Brug 70

Illustratie principe

Variant A: Overkluizing tunnels

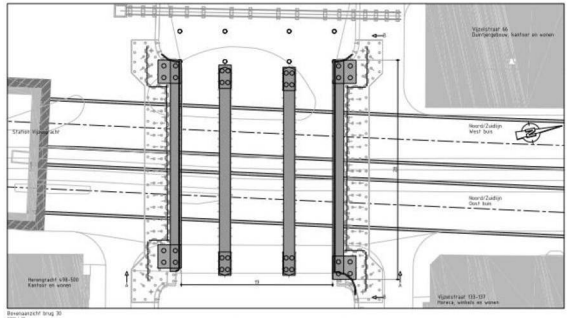
Deze variant is gebaseerd op het funderen op de 2de zandlaag naast de Noord/Zuidlijntunnels buiten de 5,5m zone (horizontale projectie) van de as van de tunnels. De belasting van de palen op de tunnels lijkt op basis van eerste verkennende berekeningen acceptabel maar is afhankelijk van het exacte paalpuntniveau (dit dient later nader te worden bepaald).

Naast de bestaande Noord/Zuidlijntunnels worden per zijde vier paalgroepen met poeren aangebracht. Tussen de vier poeren komen overkluizingsbalken waarop het brugdek komt te liggen. De poeren worden boven de waterlijn gemaakt waardoor er geen gesloten bouwkuip benodigd is.

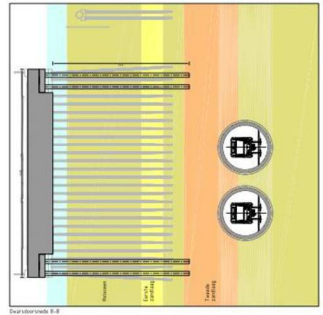
Daarnaast bestaat wellicht de mogelijkheid de overkluizingsbalken te prefabriceren en via het water aan te voeren. Dit levert waarschijnlijk een besparing op van bouwtijd en hinderduur. De mogelijkheden hiervoor dienen nader onderzocht te worden. Vooralsnog lijkt dit niet mogelijk voor brug 41.

Tevens kan worden onderzocht of de brug gedeeltelijk kan worden gesloopt met behoud van het middengedeelte. Op het middengedeelte kan de tram dan blijven rijden tot dat de poeren zijn gemaakt. Deze werkwijze minimaliseert de duur waarover de tram niet kan rijden over de brug.

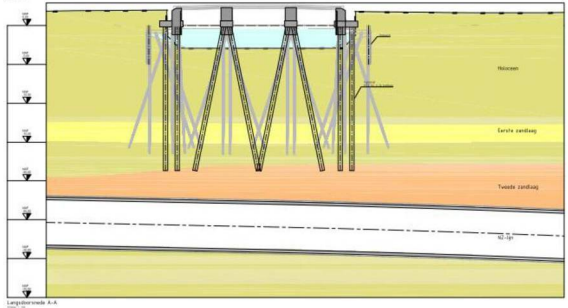
De hiernaast staande tekening is opgenomen in bijlage IV.



Bovenaanzicht brug 30



Dwarsdoorsnede B-B



Langsdoorsnede A-A

bouwwijze

1. Constructie achter landhoofden opsluiten met damwanden (voorkomen horizontale grondbeweging bij landhoofd danwel verlies stempelwerking brugdek);
2. Slopen bestaande constructie (dek, pijlers en landhoofden) in den natte met behulp van een ponton. Afvoer vrijkomende materialen via water of weg;
3. Aanbrengen tubexpalen, realiseren poeren boven waterlijn;
4. Invaren overkluizingsbalken en afhangen op de poeren;
5. Damwand achter overkluizingsbalken landhoofden indrukken;
6. Realiseren vleugelwanden en afwerken overkluizingsbalken met metselwerk en natuursteen;
7. Realiseren dek (prefab liggers met druklaag of in het werk gestort beton);
8. Afwerking brugdek.

Brug 70

Illustratie principe

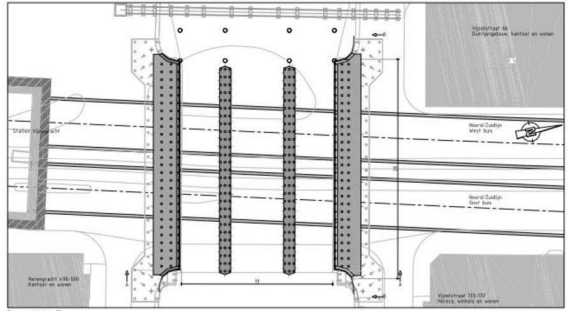
Variant B: fundering 1ste zandlaag stalen (micro)palen boven tunnel.

Deze variant is gebaseerd op het handhaven van dezelfde situatie als nu aanwezig is met betrekking tot funderingsdrukken.

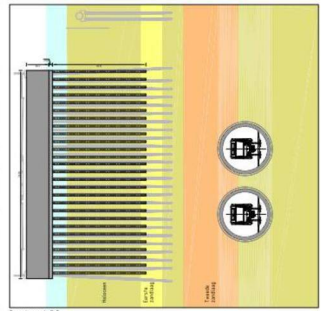
In het bestaande houten palenveld worden stalen (micro) palen (Ø250mm) aangebracht tot de 1ste zandlaag. Omdat de 1ste zandlaag beperkt is in dikte en omdat de funderingsdruk gelijk moet blijven aan de bestaande situatie dient er minimaal een vergelijkbare hoeveelheid stalen (micro) palen als bestaande houten palen te komen (circa 240 stuks).

Het voordeel van deze oplossing is dat er naar verwachting gefundeerd kan worden recht boven de tunnel en traditioneel kan worden gewerkt voor het maken van de nieuwe brug. Het nadeel is dat om en tussen de bestaande houten funderingspalen moet worden heen gebouwd en er extra verdichting optreedt in de ondergrond, waardoor het heiwerk mogelijk moeizaam kan verlopen.

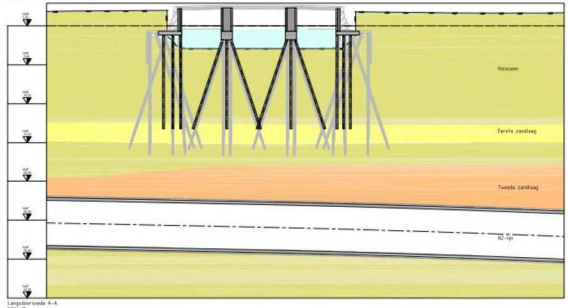
De hiernaast staande tekening is opgenomen in bijlage IV.



Bovenaanzicht brug 70



Dwarsdoorsnede B-B



Langsdoorsnede A-A

bouwwijze

1. Constructie achter landhoofden opsluiten met damwanden (voorkomen horizontale grondbeweging bij landhoofd danwel verlies stempelwerking brugdek);
2. Slopen bestaande constructie in den natte met behulp van een ponton. Afvoer vrijkomende materialen via water of weg;
3. Damwandkuip maken om landhoofd, danwel landhoofd en pijler (afhankelijk toelaatbare vaarbreedte);
4. Bouwput bemalen;
5. Landhoofd of landhoofd en pijler slopen. Afvoer vrijkomende materialen via water of weg;
6. Bouwput aanvullen met zand (werkvloer maken voor aanbrengen stalen (micro) palen);
7. Funderingsplaat landhoofd storten;
8. Storten beton landhoofd en pijler, aanbrengen metselwerk;
9. Stappen 3 t/m 9 herhalen voor andere pijler en landhoofd;
10. Realiseren dek (prefab liggers met druklaag of in het werk gestort beton);
11. Afwerking brugdek.

Brug 70

Illustratie principe

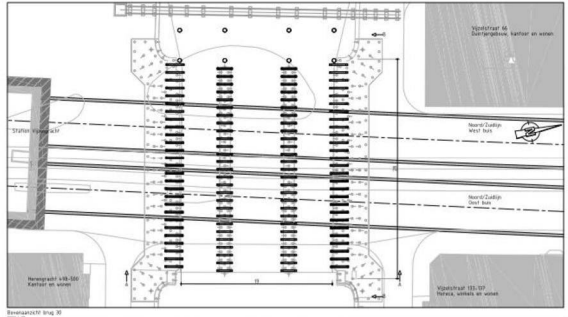
Variant D: funderingsherstel 1ste zandlaag palen boven tunnel.

Deze variant is gebaseerd op het handhaven van dezelfde situatie als nu aanwezig is met betrekking tot funderingsdrukken, maar met handhaving van de bestaande landhoofden, pijlers en brugdek.

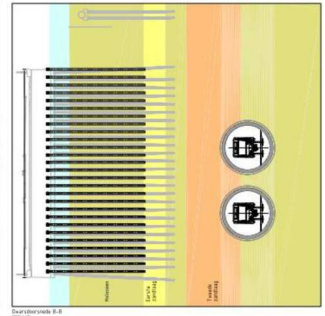
Aan weerszijden van het landhoofd en pijlers worden stalen (microlpalen (Ø250 mm) in de grond aangebracht. In de bestaande landhoofden en pijlers worden stalen balken aangebracht die worden verbonden met de palen.

De bestaande landhoofden en pijlers zullen vervolgens de krachten afdragen op de nieuwe palen.

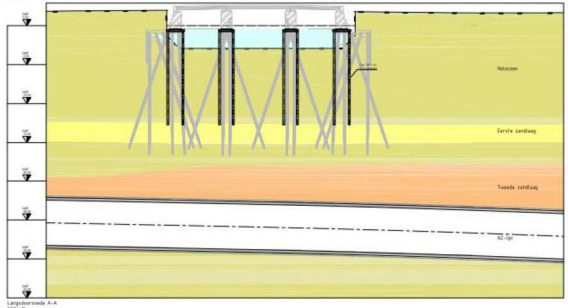
De hiernaast staande tekening is opgenomen in bijlage IV.



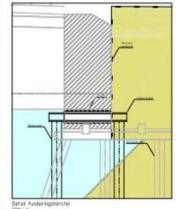
Rivieraanzicht brug 70



Dwarsdoorsnede B-B



Langsdoorsnede A-A



Detail funderingsherstel

bouwwijze

1. Bouwkuip realiseren om landhoofd voor aanbrengen tubexpalen achterzijde landhoofd;
2. Aanbrengen tubexpalen achterzijde landhoofd eventueel met voorboren;
3. Aanbrengen tubexpalen voorzijde landhoofd met behulp van ponton;
4. Sluiten bouwput rondom landhoofd;
5. Bouwput bemalen en aanvullen met zand (werkvloer);
6. Boren gaten en aanbrengen stalen binten. Stalen binten worden gelast op de tubexpalen;
7. Stappen 1 t/m 6 herhalen voor andere pijlers en landhoofden.

5.4 Multicriteria analyse

In de twee navolgende tabellen is de multicriteria analyse weergegeven van de afweging van de ontwerpvarianten van de bruggen. Vergelijkbaar als met de kwalitatieve risicoafweging van de oplossingsrichtingen zijn de bruggen 30 en 41 gecombineerd afgewogen. Brug 70 is apart afgewogen.

De onderdelen waarop gescoord is zijn:

- de **hoeveelheden** zijn in hoofdlijnen vastgesteld ter vergelijking van de verschillende varianten. Hierbij is een gekeken naar de bepalende elementen per brug zoals het aantal palen, hoeveelheid betonwerk, bouwkuipen, bemaling etc. De grondslag voor de hoeveelheden zijn de verkennende berekeningen ten aanzien van de hoeveelheid palen en constructieafmetingen (zie bijlage II, III)
- de **bouwtijd** is gescoord ter vergelijking van de kosten van de varianten alsmede de duur van de hinder voor omgeving en gebruikers brug (normaal verkeer + OV verkeer) en gebruikers gracht (waternet, etc.);
- de **invloed** van de varianten op de **omgeving** is gescoord is aan de hand van de beschikbare kennis van de Amsterdamse bebouwing, ondergrond en BLVC kenmerken. Deze kennis is opgebouwd in de verschillende projecten die Witteveen+Bos heeft uitgevoerd in de Amsterdamse binnenstad.
- het raakvlak van de varianten met de **Noord/Zuidlijn** is gescoord op basis van de eisen zoals geformuleerd in hoofdstuk 4 ontwerpeisen en de verkennende berekeningen ten aanzien van de tunnelconstructies (zie bijlage II);
- de **vormgeving** van de verschillende varianten is gescoord op basis van eisen zoals geformuleerd in hoofdstuk 4 ontwerpeisen;
- het **risicoprofiel** van de verschillende varianten is gescoord op basis van de eisen zoals geformuleerd in hoofdstuk 4 ontwerpeisen ten aanzien van de Noord/Zuidlijn. Daarnaast is op basis van expert judgement gekeken naar overige risico's die de uitvoering van de varianten met zich mee brengen in het binnenstedelijke Amsterdamse gebied.

multicriteria analyse brug 30 en 41

Variant	Hoeveelheden	bouwtijd	invloed omgeving	Noord/Zuidlijn tunnels	vormgeving	risicoprofiel
Variant A: Overkluizing tunnels 2de zandlaag fundering	+ 32 tubexpalen Ø450 mm, lengte ca. 18 m; 8 poeren, l×b×h = 3,5×1,5×1,0m; 4 overkluizingsbalken b×h×l=1,2×3,0×26m, materiaal: voorgespannen beton; Damwand 70 m² achter overkluizingsbalken landhoofden; Brugdek oppervlakte ca. 550 m2, 0,5 m dik, gewapend beton;	++ Bouwtijd wordt beperkt door lager aantal palen dan overige varianten; bouwtijd wordt beperkt door mogelijkheid overkluizingsbalk te prefabriceren; bouwtijd wordt beperkt omdat er geen bouwput gemaakt hoeft te worden en er niet onderdeks gewerkt hoeft te worden.	+ Sloopwerk brug, landhoofden en pijlers; Minder overlast door beperking aantal in te brengen damwanden dan overige varianten; minder overlast door beperking aantal palen; Minder overlast door beperking bouwtijd;	++ Beperkte invloed mits voldoende ruimte tussen paalpunten en tunnel; Laag risico ten aanzien van negatieve beinvloeding Noord/Zuidlijn.	0 Mogelijk kleine (ca 0,5 m) verbreding landhoofd nodig om op voldoende afstand naast de tunnel te funderen. (Dit is op te lossen door de palen een schoorstand naar buiten te geven. Het risico op een clash met bestaande palen neemt hierbij wel toe en de schoorstand kan voor een normaaldruk in de overkluizingsbalk zorgen.)	+ Aanvoer overkluizingsbalken via water kan mogelijk niet door beperkte doorvaarhoogte bij naastgelegen bruggen; Inhijsen overkluizingsbalken (ca. 300 ton p/s), zware kranen vanaf pontons of maaiveld. Vanaf maaiveld risico op omgevingsbeinvloeding: Verbreding brug en beperkte aantasting vormgeving wordt als onwenselijk ervaren; Uitwerking grondkering landhoofdzijde dient nader gedetailleerd te worden.
Variant B: fundering 1ste zandlaag stalen (micro) palen boven tunnel. .	- 240 stalen (micro)palen Ø250 mm; 4 funderingsplaten oppervlakte ca. 320 m2, materiaal: beton; 2 landhoofden b×h×l = 1,2×3,0×26m, materiaal: beton en metselwerk; 2 pijlers b×h×l = 1,2×3,0×26m, materiaal: beton en metselwerk; Brugdek oppervlakte ca. 550 m2, 0,5 m dik, gewapend beton.	- groot aantal palen leidt tot langere bouwtijd dan overige varianten; het realiseren van twee of meer tijdelijke bouwkuipen inclusief bemaling leidt tot langere bouwtijd.	-- Sloopwerk brug, landhoofden en pijlers; Aanbrengen en bemalen bouwkuip kan leiden tot omgevingsbeinvloeding: Langere uitvoeringsduur leidt tot meer hinder; Bouwkuipen in het water leidt tot hinder voor de scheepvaart.	0 Beperkte invloed Noord/Zuidlijn wegens grote afstand tussen paalpuntniveau en tunnel; Funderingsdruk mag niet toenemen ter plaatse van 1ste zandlaag; gemiddeld risico ten aanzien van negatieve beinvloeding Noord/Zuidlijn.	++ Vormgeving blijft volledig hetzelfde, maar nieuwe brug.	0 Bemalen bouwkuip kan leiden tot omgevingsbeinvloeding: Risico op verdringing binnen bouwput door het maken van nieuwe palen binnen het oude houten palenveld; Realiseren van bouwputten levert mogelijk conflict met bestaande schoorpalen; gemiddeld risico ten aanzien van negatieve beinvloeding Noord/Zuidlijn.
Variant C: fundering 2de zandlaag stalen (micro)palen boven tunnel.	0 180 stalen (micro)palen Ø250 mm; 4 funderingsplaten oppervlakte ca. 320 m2, materiaal: beton; 2 landhoofden b×h×l = 1,2×3,0×26m, materiaal: beton en metselwerk; 2 pijlers b×h×l = 1,2×3,0×26m, materiaal: beton en metselwerk; Brugdek oppervlakte ca. 550 m2, 0,5 m dik, gewapend beton.	- Het realiseren van twee of meer bouwkuipen inclusief bemaling leidt tot langere bouwtijd; groot aantal palen leidt tot langere bouwtijd dan overige varianten echter minder dan variant B omdat 2de zandlaag draagkrachtiger is dan 1ste zandlaag.	-- Sloopwerk brug, landhoofden en pijlers; Aanbrengen en bemalen bouwkuip kan leiden tot omgevingsbeinvloeding: Langere uitvoeringsduur leidt tot meer hinder; Bouwkuipen in het water leidt tot hinder voor de scheepvaart.	-- Mogelijk mits voldoende spreiding wordt geborgd Risico op onvoldoende spreiding is aanwezig; gemiddeld risico ten aanzien van negatieve beinvloeding Noord/Zuidlijn.	++ Vormgeving blijft volledig hetzelfde, maar nieuwe brug.	0 Bemalen bouwkuip kan leiden tot omgevingsbeinvloeding: Risico op verdringing binnen bouwput door het maken van nieuwe palen binnen het oude houten palenveld; gemiddeld risico ten aanzien van negatieve beinvloeding Noord/Zuidlijn.
Variant D: funderingsherstel 1ste zandlaag palen boven tunnel.	++ 240 stalen (micro)palen Ø250 mm; 120 stalen balken; (Oplossing kan ook gedeeltelijk ingezet worden zodat alleen de meest slechte delen van de bruggen worden hersteld.)	0 Palen en damwanden moeten gemaakt worden onder brugdek, beperkte werkhoogte leidt tot langere bouwtijd; Het realiseren van twee of meer bouwkuipen inclusief bemaling leidt tot langere bouwtijd; Oplossing behoeft geen vervanging van pijlers en brugdek, kortere uitvoeringsduur dan overige varianten.	+ Geen sloopwerk brugdek en landhoofden, minder overlast; Brug kan grotendeels in bedrijf blijven indien tijdens bouw wordt gemonitord; Bij het plaatsen van de palen en de damwanden wordt het scheepvaartverkeer gehinderd; Smallere doorvaarbreedte in de eindfase door stalen balken onder water bij de pijlers.	0 Beperkte invloed Noord/Zuidlijn wegens grote afstand tussen paalpuntniveau en tunnel; Funderingsdruk mag niet toenemen ter plaatse van 1ste zandlaag; gemiddeld risico ten aanzien van negatieve beinvloeding Noord/Zuidlijn.	+ Vormgeving blijft volledig intact, alleen wijzigingen onder waterlijn.	+ Risico op zakkingen van bestaand constructie, leidend tot scheuren in landhoofden en pijlers. Met verder verlies van levensduur; Risico op ongelijke zakkingen door moeilijke maatvoering stalen balken en uitvullingen; Risico op te grote beperking doorvaartbreedte onder water door stalen balken; gemiddeld risico ten aanzien van negatieve beinvloeding Noord/Zuidlijn.

multicriteria analyse brug 70

Variant	Hoeveelheden	bouwtijd	invloed omgeving	Noord/Zuidlijn tunnels	vormgeving	risicoprofiel
Variant A: Overkluizing tunnels 2de zandlaag fundering	+	++	+	++	0	+
	- 32 tubexpalen Ø450 mm, lengte ca. 18 m; - 8 poeren, lxbxh = 3,5x1,5x1,0m; - 4 overkluizingsbalken bxhxl = 1,2x3,0x26m, materiaal: voorgespannen beton; - Damwand 70 m² achter overkluizingsbalken landhoofden; - Brugdek oppervlakte ca. 550 m2, 0,5 m dik, gewapend beton.	- Bouwtijd wordt beperkt door lager aantal palen dan overige varianten; - bouwtijd wordt beperkt door mogelijkheid overkluizingsbalk te prefabriceren; - bouwtijd wordt beperkt omdat er geen bouwput gemaakt hoeft te worden gemaakt en er niet onderdeks gewerkt hoeft te worden.	- Sloopwerk brug, landhoofden en pijlers; - Minder overlast door beperking aantal in te brengen damwanden dan overige varianten; - minder overlast door beperking aantal palen; - Minder overlast door beperking bouwtijd.	- Beperkte invloed mits voldoende ruimte tussen paalpunten en tunnel; - Laag risico ten aanzien van negatieve beinvloeding Noord/Zuidlijn	- Mogelijk kleine (ca 0,5 m) verbreding landhoofd nodig om op voldoende afstand naast de tunnel te funderen. (Dit is op te lossen door de palen een schoorstand naar buiten te geven. Het risico op een clash met bestaande palen neemt hierbij wel toe en de schoorstand kan voor een normaaldruk in de overkluizingsbalk zorgen.)	- Aanvoer overkluizingsbalken via water kan mogelijk niet door beperkte doorvaarhoogte bij naastgelegen bruggen; - Inhijsen overkluizingsbalken (ca. 300 ton p/s), zware kranen vanaf pontons of maaiveld. Vanaf maaiveld risico op omgevingsbeinvloeding; - Verbreding brug en beperkte aantasting vormgeving wordt als onwenselijk ervaren; - Uitwerking grondkering landhoofdzijde dienen nader gedetailleerd te worden.
Variant B: fundering 1ste zandlaag stalen (micro)palen boven tunnel.	-	-	--	-	++	0
.	- 240 stalen (micro)palen Ø250 mm; - 4 funderingplaten oppervlakte ca. 320 m2, materiaal: beton; - 2 landhoofden bxhxl = 1,2x3,0x26m, materiaal: beton en metselwerk; - 2 pijlers bxhxl = 1,2x3,0x26m, materiaal: beton en metselwerk; - Brugdek oppervlakte ca. 550 m2, 0,5 m dik, gewapend beton.	- groot aantal palen leidt tot langere bouwtijd dan overige varianten; - het realiseren van twee of meer tijdelijke bouwkuipen inclusief bemaling leidt tot langere bouwtijd.	- Sloopwerk brug, landhoofden en pijlers; - Aanbrengen en bemalen bouwkuip kan leiden tot omgevingsbeinvloeding; - Langere uitvoeringsduur leidt tot meer hinder; - Bouwkuipen in het water leidt tot hinder voor de scheepvaart.	- Beperkte invloed Noord/Zuidlijn wegens grote afstand tussen paalpuntniveau en tunnel; - Funderingsdruk mag niet toenemen ter plaatse van 1ste zandlaag; - gemiddeld tot hoog risico ten aanzien van negatieve beinvloeding Noord/Zuidlijn.	- Vormgeving blijft volledig hetzelfde, maar nieuwe brug.	- Bemalen bouwkuip kan leiden tot omgevingsbeinvloeding; - Risico op verdringing binnen bouwput door het maken van nieuwe palen binnen het oude houten palenveld; - Realiseren van bouwputten levert mogelijk conflict met bestaande schoorpalen. - gemiddeld risico ten aanzien van negatieve beinvloeding Noord/Zuidlijn
Variant C: fundering 2de zandlaag stalen (micro)palen boven tunnel.	Niet mogelijk voor brug 70 in relatie tot ligging Noord/Zuidlijn tunnels					
Variant D: funderingsherstel 1ste zandlaag palen boven tunnel.	++	0	+	-	+	+
	- 240 stalen (micro)palen Ø250 mm; - 120 stalen balken; - (Oplossing kan ook gedeeltelijk ingezet worden zodat alleen de meest slechte delen van de brug gen worden hersteld.)	- Palen en damwanden moeten gemaakt worden onder brugdek, zeer beperkte werkhoogte leidt tot langere bouwtijd; - Het realiseren van twee of meer bouwkuipen inclusief bemaling leidt tot langere bouwtijd; - Oplossing behoeft geen vervanging van pijlers en brugdek, kortere uitvoeringsduur dan overige varianten.	- Geen sloopwerk brugdek en landhoofden, minder overlast; - Brug kan grotendeels in bedrijf blijven indien tijdens bouw wordt gemonitord; - Bij het plaatsen van de palen en de damwanden wordt het scheepvaartverkeer gehinderd; - Smallere doorvaarbreedte in de eindfase door binten onderwater bij de pijlers.	- Beperkte invloed Noord/Zuidlijn wegens grote afstand tussen paalpuntniveau en tunnel; - Funderingsdruk mag niet toenemen ter plaatse van 1ste zandlaag; - gemiddeld tot hoog risico ten aanzien van negatieve beinvloeding Noord/Zuidlijn.	- Vormgeving blijft volledig intact, alleen wijzigingen onder waterlijn.	- Risico met zakkingen van bestaand constructie, leidend tot scheuren in landhoofden en pijlers. Met verder verlies van levensduur - Risico op ongelijke zakkingen door moeilijke maatvoering binten en uitvullingen. - Risico op te grote beperking doorvaartbreedte onder water door stalen binten. - gemiddeld risico ten aanzien van negatieve beinvloeding Noord/Zuidlijn
Variant E: Huidige situatie handhaven	geen relatie met multicriteria analyse, aparte uitwerking oplossing					

5.5 Rangorde ontwerpvarianten

Op basis van de kwalitatieve risicoafweging en de multicriteria analyse is de voorlopige navolgende rangorde (zie tabel 5.4) vastgesteld van ontwerpvarianten voor **brug 30 en 41**. Deze rangorde komt voort uit de voor- en nadelen van de betreffende oplossingrichtingen die ten opzichte van elkaar zijn gewogen. Indien uit nader onderzoek blijkt dat er een wijziging optreedt in de uitgangspunten zoals voornoemd dient de rangorde herzien te worden.

Tabel 5.4 Rangorde ontwerpvarianten brug 30 en 41

Rangorde	Variant	Oordeel
1	variant A: Overkluizing tunnels 2de zandlaag fundering	variant A biedt meeste voordelen met betrekking tot bouwtijd, invloed omgeving, faseringsmogelijkheden met betrekking tot doorgang tram en beperking van de invloed door nieuwe constructie boven en naast de Noord/Zuidlijn
2	variant D: funderingsherstel 1ste zandlaag palen boven tunnel	variant D biedt voordelen met betrekking tot bouwtijd, hinder en uitvoering. Echter, variant D biedt een kortere levensduur en kent risico's met betrekking tot de uitvoering, behoud van doorvaartbreedte en (negatieve) invloed op de Noord/Zuidlijn
3	variant B: fundering 1ste zandlaag stalen (micro)palen boven tunnel	variant B biedt nadelen ten opzichte van varianten A en C met betrekking tot hoeveelheden en bouwtijd. Daarnaast kent variant B een risico met betrekking tot (negatieve) invloed op de Noord/Zuidlijn
4	variant C: fundering 2de zandlaag stalen (micro)palen boven tunnel	variant C biedt nadelen ten opzichte van varianten A en C met betrekking tot hoeveelheden en bouwtijd. Daarnaast kent variant C een groter risico dan variant B met betrekking tot (negatieve) invloed op de Noord/Zuidlijn

Op basis van de kwalitatieve risicoafweging en de multicriteria analyse is de navolgende rangorde (zie tabel 5.5) vastgesteld van ontwerpvarianten voor **brug 70**.

Tabel 5.5 Rangorde ontwerpvarianten brug 70

Rangorde	Variant	Oordeel
1	variant A: Overkluizing tunnels 2de zandlaag fundering	variant A biedt meeste voordelen met betrekking tot bouwtijd, invloed omgeving, faseringsmogelijkheden met betrekking tot doorgang tram en beperking van de invloed door nieuwe constructie boven en naast de Noord/Zuidlijn
2	variant D: funderingsherstel 1ste zandlaag palen boven tunnel.	variant D biedt voordelen met betrekking tot bouwtijd, hinder en uitvoering. Echter, variant D biedt een kortere levensduur en kent risico's met betrekking tot de uitvoering, behoud van doorvaartbreedte en (negatieve) invloed op de Noord/Zuidlijn
3	variant B: fundering 1ste zandlaag stalen (micro)palen boven tunnel	variant B biedt nadelen ten opzichte van varianten A en C met betrekking tot hoeveelheden en bouwtijd. Daarnaast kent variant B een risico met betrekking tot (negatieve) invloed op de Noord/Zuidlijn
-	variant C: fundering 2de zandlaag stalen (micro)palen boven tunnel	niet mogelijk voor brug 70 in relatie tot ligging Noord/Zuidlijn.

Naast de bovenstaande rangorde is het **handhaven** van de **huidige situatie** voor **brug 70** met beheersmaatregelen een geschikte oplossing voor de termijn van nu tot 15 jaar. Deze variant is buiten de rangorde gelaten omdat de afweging hiervoor niet binnen het kader van de multicriteria analyse valt.

Het handhaven van de huidige situatie is afhankelijk van de navolgende voorwaarden:
- nader onderzoek naar de kwaliteit van de palen van brug 70;
- het uitvoeren van schouwen met betrekking tot de zichtbare delen van de brug en de reeds aangebrachte scheurmeters. Het schouwen vind op dit moment plaats op basis van een halfjaarlijks interval. Het wordt aanbevolen deze periodieke schouwen te handhaven en indien het schouwen en/of de metingen daarvoor aanleiding geven het halfjaarlijkse interval te heroverwegen;
- aanbrengen meetpunten en met een halfjaarlijks interval meten (x, y, z). Het wordt aanbevolen deze metingen te handhaven en indien het schouwen en/of metingen daarvoor aanleiding geven het halfjaarlijkse interval te heroverwegen;
- het ontwikkelen van beheersmaatregelen voor het geval dat de schouwen en/of metingen aangeven dat de brug ontoelaatbare verplaatsingen ondergaat. Hierbij kan gedacht worden aan aslast beperkingen, gebruiksbeperkingen en/of beperkt funderingsherstel;
- het repareren van het brugdek ten aanzien van de duurzaamheid, zoals gespecificeerd [ref. 1.].

6

CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

6.1 Conclusie

Witteveen+Bos heeft voor de afdeling Asset Management van V&OR, gemeente Amsterdam een haalbaarheidsstudie verricht naar het vervangen, herstellen of handhaven van de Vijzelstraatbruggen 30 (Keizersgracht), 41 (Herengracht) en 70 (Prinsengracht).

Op basis van een review van de herberekening, een opvolgende expertmeeting en een kwalitatieve risicoanalyse is voor **brug 30 en 41** geconcludeerd dat de navolgende oplossingsrichtingen haalbaar zijn:
- geheel of gedeeltelijk vervangen fundering;
- geheel of gedeeltelijk herstellen fundering.

Op basis van een review van de herberekening, een opvolgende expertmeeting en een kwalitatieve risicoanalyse is voor **brug 70** geconcludeerd dat de navolgende oplossingsrichtingen haalbaar zijn:
- geheel of gedeeltelijk vervangen fundering;
- geheel of gedeeltelijk herstellen fundering;
- handhaven huidige situatie.

De kwalitatieve risicoanalyse is opgesteld aan de hand van de op dit moment beschikbare gegevens bij Witteveen+Bos en expert judgement ten aanzien van het ontwerp- en uitvoeringsaspecten. Indien meer gegevens beschikbaar komen dient absoluut een verdiepingsslag te worden gedaan naar de uitkomsten van deze studie om de betrouwbaarheid hiervan te vergroten. Deze studie is geen VO ontwerp, maar slechts een heel snel uitgevoerde haalbaarheidstudie c.q. quick scan. Wellicht ten overvloede wil Witteveen+Bos benadrukken dat het nog niet mogelijk is om op basis van deze studie een D&C contract uit te schrijven.

Op basis van de afgewogen oplossingsrichtingen zijn ontwerpvarianten ontwikkeld. Deze ontwerpvarianten zijn getoetst aan de grootste en belangrijkste raakvlakken in de omgeving waaronder de Noord/Zuidlijntunnels. Op basis van een multicriteria-analyse is voor **brug 30 en 41** de navolgende rangorde in ontwerpvarianten bepaald:
1 volledige nieuwbouw onderbouw en bovenbouw brug met overkluizing van de landhoofden en brugpijlers over de Noord/Zuidlijntunnels;
2 funderingsherstel op de 1ste zandlaag met behoud bestaande landhoofden, pijlers en brugdekken;
3 volledige nieuwbouw onderbouw en bovenbouw brug met fundering op de 1ste zandlaag;
4 volledige nieuwbouw onderbouw en bovenbouw brug met fundering op de 2de zandlaag.

Op basis van een multicriteria-analyse is voor **brug 70** de navolgende rangorde in ontwerpvarianten bepaald:
1 volledige nieuwbouw onderbouw en bovenbouw brug met overkluizing van de landhoofden en brugpijlers over de Noord/Zuidlijntunnels;
2 funderingsherstel op de 1ste zandlaag met behoud bestaande landhoofden, pijlers en brugdekken;
3 volledige nieuwbouw onderbouw en bovenbouw brug met fundering op de 1ste zandlaag.

Naast de bovenstaande rangorde is het **handhaven** van de **huidige situatie** voor **brug 70** met beheersmaatregelen een geschikte oplossing voor de termijn van nu tot 15 jaar. Deze variant is buiten de rangorde gelaten omdat de afweging hiervoor niet binnen het kader van de multicriteria analyse valt.

De bevindingen in dit document zijn in een kort tijdbestek tot een conceptueel niveau uitgewerkt, teneinde de technische haalbaarheid in te kunnen schatten. De berekeningen aangaande de invloed van de werkzaamheden op de bestaande Noord/Zuidlijntunnels in dit document zijn weliswaar uiterst zorgvuldig gemaakt maar met aannames ten aanzien van funderingslasten en spreiding in de ondergrond. De berekeningen aangaande de invloed van de werkzaamheden op de bestaande Noord/Zuidlijntunnels dienen in een later stadium opnieuw te worden gemaakt met een verfijning van de uitgangspunten.

6.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om bij de verdere uitwerking van het project nader onderzoek te doen naar de invloed van de gekozen oplossingsrichting op de tunnels van de Noord/Zuidlijn. Dit mede omdat de verzekering van een dergelijk object niet eenvoudig is af te sluiten. En ook vanwege de technische en politieke gevoeligheid rondom het project Noord/Zuidlijn.

Bijlage(n)

I

BIJLAGE: VERKENNENDE BEREKENINGEN NOORD/ZUIDLIJNTUNNELS

Inhoud

1 Inleiding 4

2 Globale Gewichtsberekening 5

3 Bepaling funderingsdruk op de tunnel voor funderingstype 1 7

4 Bepalen funderingsdruk op de tunnel voor funderingstype 2, 3, 4 8

4.1 Inleiding 8
4.2 Input - Grondopbouw 8
4.3 Input - Geotechnische parameters 10
4.4 Input - Constructie brug 10
4.5 Input - Tunnel Noord/Zuidlijn 11
4.6 Output 12

5 Toetsing tunnel-lining met een quasi-3D DIANA berekening 15

5.1 Omschrijving van het rekenmodel 15
5.2 Resultaten Diana-berekening 16
5.2.1 Resultaten brug 30 en 41, funderingstype 1 17
5.2.2 Resultaten brug 30 en 41, funderingstype 4 17
5.2.3 Resultaten brug 70, funderingstype 1 17
5.2.4 Resultaten brug 70, funderingstype 4 18

6 Verkennende berekeningen paaldraagvermogen 19

7 Samenvatting 20

1 INLEIDING

Als onderdeel van het project Rode Loper zijn de bruggen boven het Noord/Zuidlijntracé constructief beoordeeld op (resterende) levensduur in combinatie met constructieve veiligheid. Hieruit is gebleken dat brug 30 (Herengracht), brug 41 (Keizersgracht) en brug 70 (Prinsengracht) op verschillende vlakken onvoldoende constructieve veiligheid bezitten ten opzichte van de benodigde levensduur op basis van de huidige normstelling.

Witteveen+Bos heeft op verzoek van de afdeling Asset Management V&OR van de gemeente Amsterdam een onderzoek verricht naar de noodzaak voor het vervangen, herstellen of handhaven van de bruggen 30, 41 en 70 op het niveau van een haalbaarheidsstudie.

Een van de redenen waarom Witteveen+Bos is gevraagd voor het opstellen van dit onderzoek is de ligging van de Noord/Zuidlijntunnels onder de bruggen. De interactie van de fundering van de bruggen, huidig of toekomstig, met de tunnels van de Noord/Zuidlijn is een van de grootste raakvlakken van de bruggen met de omgeving. In deze bijlage zal uitgebreid worden ingegaan op dit aspect.

Het gewicht van de bruggen belast de tunnelbuis van de Noord/Zuidlijn. Via de grond verplaatst de paalbelasting zich naar de tunnelwand. Maar ook het tijdelijk verwijderen van de huidige brug heeft gevolgen voor de tunnel, omdat in deze situatie de verticale gronddruk niet gelijkmatig afneemt met de horizontale gronddruk.

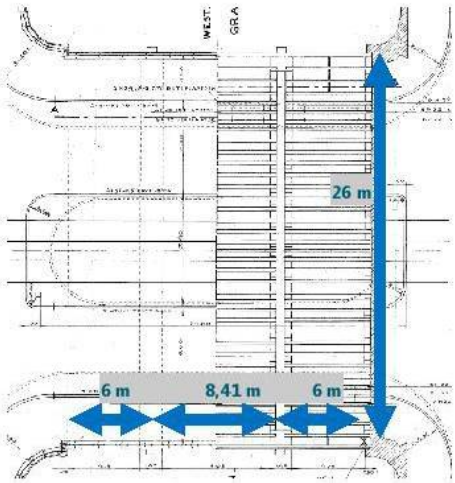
Het doel van deze bijlage is met verkennende berekeningen het effect van een (ongelijkmatig) toenemende of afnemende gronddruk op de tunnel te beschouwen voor vier funderingstypen die mogelijk zijn voor de vervanging van brug 30, 41 en 70. De resultaten van de berekeningen zijn ook van toepassing als de fundering van de brug wordt hersteld, omdat het totale gewicht van de brug beide gevallen gelijk is. Voor de verschillende funderingstypen is het paaldraagvermogen berekend om te toetsen of de haalbaarheid van deze funderingstypen ook is geborgd.

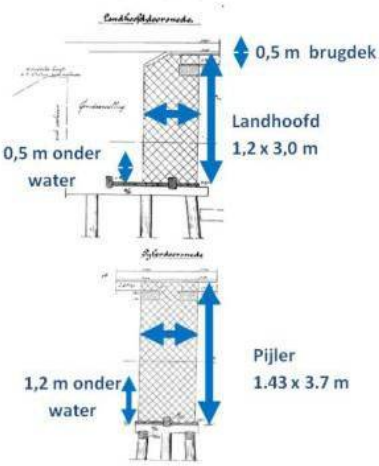
De vier funderingstypen zijn:
1 overkluizing van de Noord/Zuidlijn, fundering met palen naast de tunnel op de tweede zandlaag;
2 nieuwe fundering op de eerste zandlaag met ruime spreiding (e.g. groot aantal palen) van de paalpunten zodat de toename in funderingsdruk ten opzichte van de huidige situatie wordt geminimaliseerd;
3 nieuwe fundering op de tweede zandlaag met ruime spreiding (e.g. groot aantal palen) van de paalpunten zodat de toename in funderingsdruk ten opzichte van de huidige situatie wordt geminimaliseerd;
4 nieuwe fundering op de tweede zandlaag met zwaardere (e.g. kleiner aantal palen) in de grond geschroefde stalen buispalen.

De navolgende opbouw is aangehouden in deze studie:
- hoofdstuk 2: globale gewichtsberekening van de bruggen;
- hoofdstuk 3: bepaling funderingsdruk op de tunnel voor funderingstype 1 met behulp van boussinesq;
- hoofdstuk 4: Bepaling funderingsdruk op de tunnel voor funderingstype 2, 3, 4 met behulp van EEM (Plaxis);
- hoofdstuk 5: Toetsing tunnel-lining op GGT en UGT op basis van de in hoofdstukken 3 en 4 berekende gronddrukken met een quasi-3D EEM berekening (Diana);
- hoofdstuk 6: Verkennende paalberekeningen voor aantonen haalbare draagkracht;
- hoofdstuk 7: samenvatting van de resultaten.

2 GLOBALE GEWICHTSBEREKENING

De drie bruggen hebben overeenkomstige afmetingen. De maatgevende (de grootste) afmetingen zijn gehanteerd voor het bepalen van het gewicht. De gewichtsberekening is gegeven in tabel 2-1 t/m tabel 2-4. Hieruit volgt dat de pijlers zwaarder zijn belast dan de landhoofden.





Figuur 2-1 Maatgevende afmetingen bruggen

Tabel 2-1 Gewichtsberekening belasting landhoofd, representatief

Landhoofden	Gewicht [kN/m^3]	Belasting op fundering [kN/m']	Belasting op fundering [kN]
Landhoofd	21	1,2 x 3 x 21 - 0,5 x 1,2 x 10 = 70	70 x 31,5 = 2.205
Brugdek	25	25 x 6 / 2 = 75	75 x 26 = 1.950
Verkeersbelasting	20	20 x 6 / 2 = 60	60 x 26 = 1.560
Totaal		205*	2.205 + 1.950 + 1.560 = 5.400

* Input voor Plaxisberekening - zie hoofdstuk 3.

Tabel 2-2. Gewichtsberekening belasting landhoofd, ontwerpwaarden

Landhoofden	Belasting, representatief [kN]	Belastingsfactor	Belasting, ontwerp [kN]
Landhoofd	2.205	1,35	2.977
Brugdek	1.950	1,35	2.633
Verkeersbelasting	1.560	1,5	2.340
Totaal			8.000

Tabel 2-3. Gewichtsberekening belasting pijler, representatief

Pijler	Gewicht [kN/m3]	Belasting op fundering [kN/m']	Belasting op fundering [kN]
Landhoofd	21	1,43 x 3,7 x 21 - 1,2 x 1,2 x 10 = 97	97 x 31,5 = 3.056
Brugdek	25	25 x (6+8,41) / 2 = 180	180 x 26 = 4.680
Verkeersbelasting	20	20 x (6+8,41) / 2 = 144	144 x 26 = 3.744
Totaal		500*	11.500**

* Input voor Plaxisberekening - zie hoofdstuk 3.
** Input voor Dianaberekening bij overkluizing - zie hoofdstukken 4 en 5.

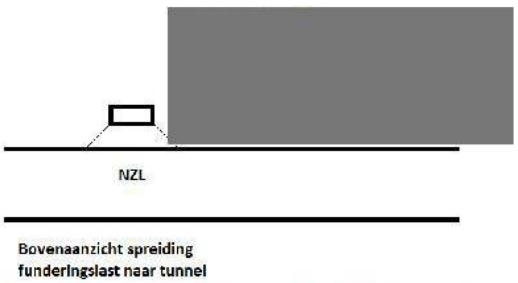
Tabel 2-4. Gewichtsberekening belasting pijler, ontwerpwaarden

Landhoofden	Belasting, representatief [kN]	Belastingsfactor	Belasting, ontwerp [kN]
Landhoofd	3.056	1,35	4.126
Brugdek	4.680	1,35	6.318
Verkeersbelasting	3.774	1,5	5.616
Totaal			16.000

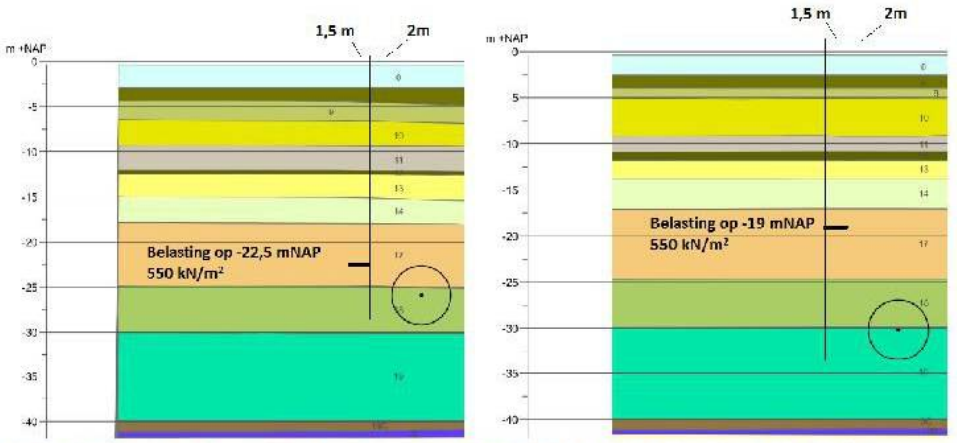
3 BEPALING FUNDERINGSDRUK OP DE TUNNEL VOOR FUNDERINGSTYPE 1

Als de brug wordt gefundeerd op de 2de zandlaag naast de tunnel hierdoor een extra druk ontstaan op de tunnel-lining. Als input voor het Diana-model is de halve belasting uit de pijler op de poer gezet en vervolgens is met spanningsspreiding berekend wat de verdeelde belasting in het 2D Diana-model moet zijn om een realistische gronddruk op de tunnel te vinden die in een 3D situatie zou optreden. Zie figuur 3-1 voor een bovenaanzicht van de funderingspoer in de tweede zandlaag ten opzichte van de tunnel en een schematische weergave van de aangehouden spanningsspreiding.

In figuur 3-2 is de positie van de funderingsdruk ten opzichte van de tunnel weergegeven. Hieruit volgt duidelijk het verschil tussen bruggen 30 en 41 en brug 70. Door de hoge ligging van de tunnel bij brug 70 is het voordeliger om de palen diep in de 2de zandlaag te zetten zodat de funderingsdruk grotendeels onder de tunnel spreidt. Door de diepe ligging van de tunnel bij bruggen 30 en 41 is het in die situatie het voordeligst om de palen zo hoog mogelijk in de tweede zandlaag en dus zo ver mogelijk bij de tunnel vandaan te zetten. Deze beide situaties zijn met het Diana-model doorgerekend.



Figuur 3-1 Berekende belastingsspreiding funderingstype 1



Figuur 3-2 Links: positie paalpunten in de overkluizingsvariant van Brug 70. Rechts: de positie bij Brug 30 en 40.

4 BEPALING FUNDERINGSDRUK OP DE TUNNEL VOOR FUNDERINGSTYPE 2, 3, 4

4.1 Inleiding

De in- en output van het Plaxismodel worden in deze paragraaf kort beschreven. De berekening dient als input voor het Diana-model waarin de tunnel-lining wordt getoetst. De Plaxisberekening is niet uitgevoerd voor funderingstype 1, omdat het 3D-aspect van dit type niet in de 2D modellering te vangen is.

De input bestaat uit:
- Grondopbouw;
- Geotechnische parameters;
- Constructie brug;
- Tunnel Noord/Zuidlijn.

De output uit:
- Grafiek waar de effectieve gronddruk op de tunnelbuis wordt weergegeven voor de funderingstypen 2 t/m 4;
- Grafiek waar de totale gronddruk op de tunnelbuis wordt weergegeven voor de funderingstypen 2 t/m 4;
- Grafiek waar de gronddrukverandering op de tunnelbuis wordt weergegeven voor de funderingstypen 2 t/m 4.

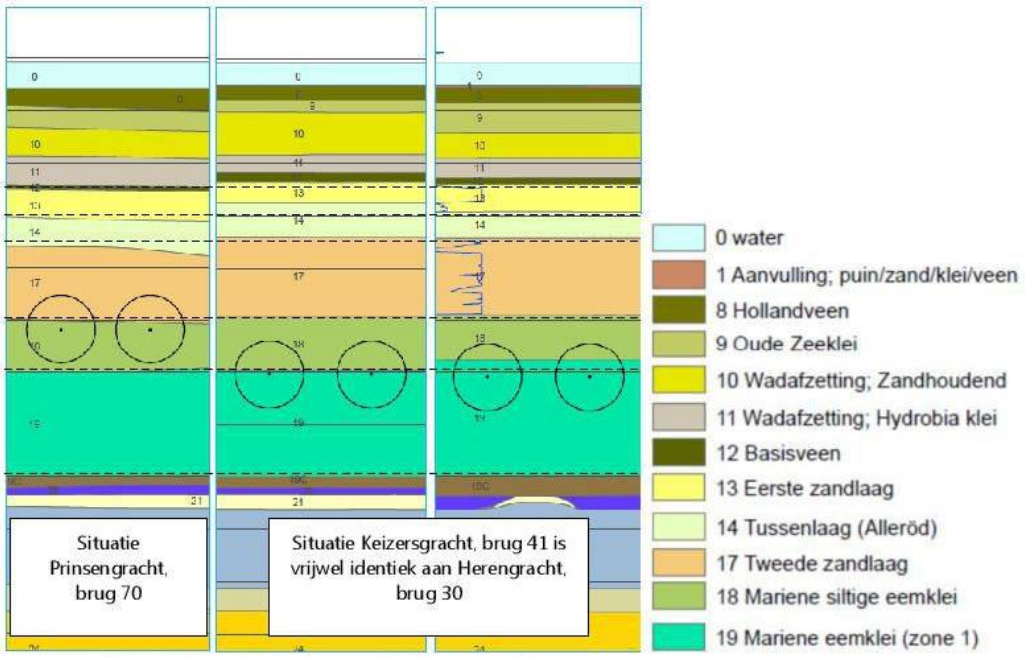
4.2 Input - Grondopbouw

In de berekening is uitgegaan van brug 70, omdat hier de tunnel het hoogst gelegen is en het meest wordt beïnvloed door spanningsveranderingen ten gevolge van de afbraak en opbouw van de brug. De grondopbouw bij de drie sneden is vrijwel identiek. Zie figuur 4-1 en figuur 4-2 voor dwars- en langsdoorsneden van de Noord/Zuidlijn ter plaatse van de drie bruggen in de Vijzelstraat.

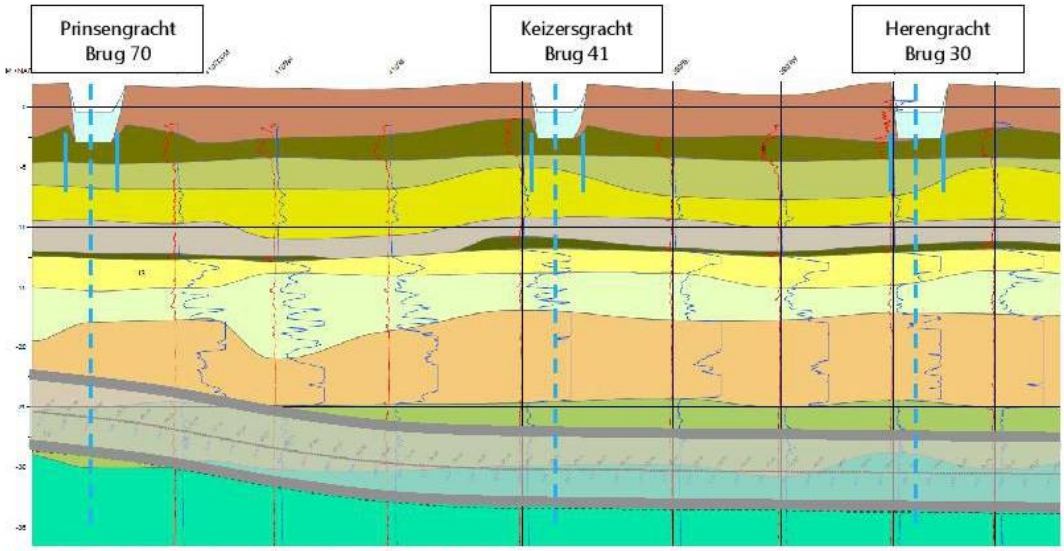
Tabel 4-1. Gehanteerde grondopbouw in de Plaxisberekening

nr.	kleur Plaxis	naam	omschrijving	bovenzijde [m NAP]	onderzijde [m NAP]
01		aanvulling	aanvulmateriaal, puin, klei, veen en zand	2,00	-3,00
08		hollandveen	veen (bruin)	-3,00	-4,90
09		oude zeeklei	klei (matig vast), grijs	-4,90	-6,90
10		wadafzetting, zandhoudend	zand (matig fijn), sterk kleihoudend/ Klei, grijs	-6,90	-9,50
11		wadafzetting, hydrobia klei	klei (grijs), sterk zandig	-9,50	-12,30
12		basisveen	veen (bruin), met enkele kleilaagjes	-12,30	-12,60
13		1e zandlaag	zand (grijs), matig fijn, zwak siltig	-12,60	-15,50
14		Alleröd	leem, sterk zandig	-15,50	-18,30
17		2e zandlaag	zand (grijs), matig fijn tot matig grof, kalkrijk	-18,30	-25,20
19		mariene eemklei	klei (grijsgroen), zwak siltig	-25,20	-40

nr.	kleur Plaxis	naam	omschrijving	bovenzijde [m NAP]	onderzijde [m NAP]
			tot zwak zandig		



Figuur 4-1 Secties Noord/Zuidlijn ter plaatse van de bruggen Vijzelstraat



Figuur 4-2 Langsdoorsnede Noord/Zuidlijn over de Vijzelstraat

4.3 Input - Geotechnische parameters

In tabel 4-2 zijn de geotechnische parameters weergegeven zoals deze zijn gebruikt voor het ontwerp van de Noord/Zuidlijn. De parameters zijn gerapporteerd in R991835.D1, 'Grondonderzoek Noord/Zuidlijn Parameterset Definitief ontwerp'. In de berekening zijn de verwachtingsparameters gehanteerd. Dit zijn de gemiddelde waarden voor sterkte en stijfheid van de grondlagen.

Tabel 4-2. Grondparameters Plaxisberekening

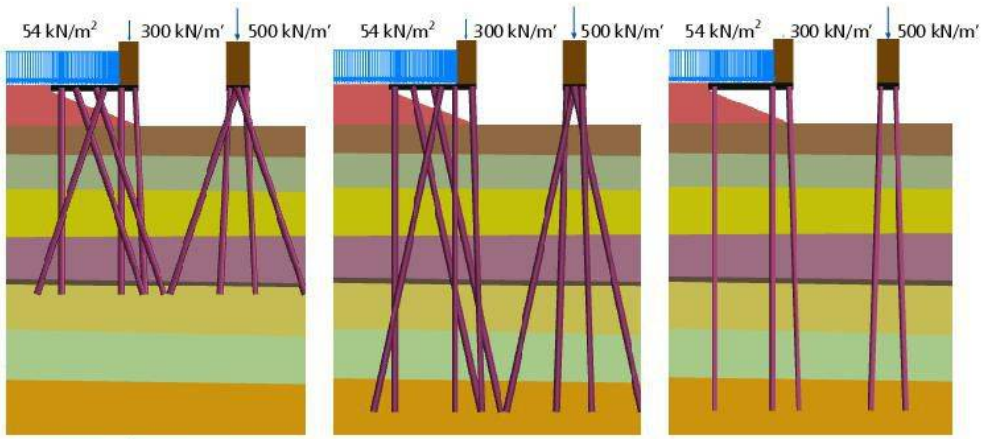
parameter	eenheid	01 Aanv.	08 Hol.veen	09 Oud.z.kl.	10 Wadzand	11 Hydr.kl.	12 Basisv.	13 1e zl.	14 Allerod	17 2e zl	19 Eemkl.
kleur											
γ_{nat}	kN/m3	18,0	12,1	16,5	17,9	15,2	11,7	19,8	18,5	19,0	17,9
E_{50}	kPa	10.000	2.000	9.000	12.000	7.500	2.000	40.000	17.000	35.000	10.000
E_{oed}	kPa	8.000	1.000	3.000	5.000	4.000	1.000	30.000	13.000	35.000	4.000
E_{ur}	kPa	30.000	5.000	25.000	33.000	15.000	10.000	200.000	45.000	190.000	50.000
m	-	0,8	0,8	0,8	0,5	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,8
φ	graden	25	20	33	35	34	21	33	33	35	30
c	kPa	0,1	5	7	2	8	6	0	3	0	20
ψ	graden	0	0	0	0	0	0	3	0	5	0
ν_{ur}	-	0,15	0,15	0,15	0,20	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2	0,15
POP	kPa	0	10	10	0	10	10	0	0	0	0
OCR	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

4.4 Input - Constructie brug

De brug is gemodelleerd op basis van archieftekeningen. Het gewicht van de brug is op de volgende wijze globaal in de berekening opgenomen. De lijnlast op het landhoofd bedraagt 300 kN/m', de lijnlast op de pijler bedraagt 500 kN/m'. De lijnlast op het landhoofd is groter dan volgens de gewichtsberekening, maar is niet maatgevend.

De gewichten van het metselwerk landhoofd en de pijler zijn al verwerkt in de lijnlast. Het metselwerk en de funderingsplaat waar de palen onder staan zijn daarom gewichtsloze en als lineair elastische materialen opgegeven. Een meer accurate modellering van de brug is niet noodzakelijk, omdat de berekening bedoeld is om de spanningsverandering op de tunnelwand onder de paalpunten te berekenen.

De bovenste grondlaag loopt niet tot maaiveld, maar tot de bovenzijde van de funderingsplaat. Dit is gedaan om de modellering te vereenvoudigen. Het gewicht van deze grond is meegenomen als verdeelde belasting van 54 kN/m^2. Hierin is een integrale maaiveldbelasting van 10 kN/m^2 verwerkt.



Figuur 4-3 Funderingstypen 2, 3 en 4

Het landhoofd bestaat uit houten palen met een hart-op-hart afstand van 1 tot 2 m. In funderingstypen 2 en 3 worden de palen vervangen door kleine (micro)palen met een vergelijkbaar draagvermogen en met een vergelijkbaar palenplan. In de Plaxisberekening wordt voor deze palen hetzelfde type paal gebruikt.

In funderingstype 4 worden de palen vervangen door stalen buispalen met een grotere hart-op-hart afstand. Van alle parameters zijn de stijfheid van de paal en het draagvermogen de belangrijkste parameters. De schachtwrijving is verwaarloosd en de paalstijfheid is hoog zodat de volledige paalbelasting door de punt, en daarmee zo dicht mogelijk bij de tunnel, wordt gedragen. De gehanteerde parameters zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 4-3. Parameters palen brug

parameter	eenheid	Houten paal / kleine (micro)paal hoh 1,0 m	Houten paal / kleine (micro)paal hoh 2,0 m	Stalen buispaal
$E_{stiffness}$	kN/m^2	$20*10^6$	$20*10^6$	$20*10^6$
y_{weight}	kN/m^3	10	10	20
$D_{diameter}$	m	0,25	0,25	0,25
Type	-	Massive circular	Massive circular	Massive circular
$L_{spacing}$	m	1,0	2,0	4,0
T_{skin}	kN/m^2	1,0	1,0	1,0
$F_{bearing}$	kN	600	600	5000

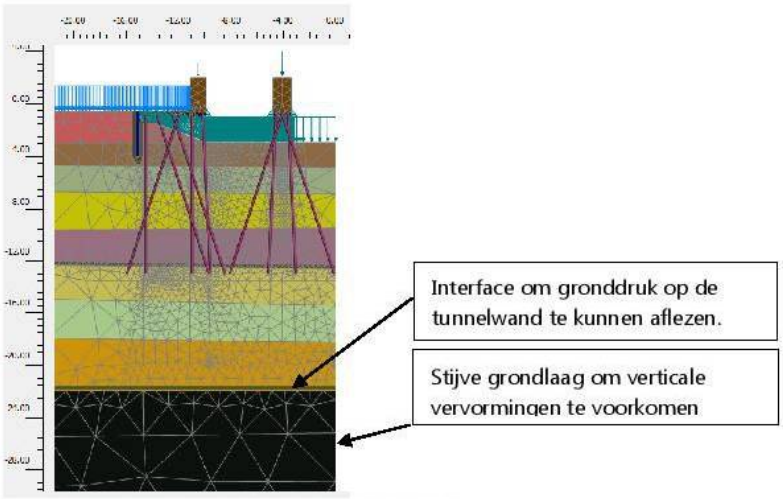
De brug wordt steeds in 3 fasen gebouwd:
- Berekenen huidige situatie;
- Verwijderen bestaande brug, dit resulteert in spanningsverlaging op de tunnels;
- Plaatsen nieuwe brug op basis van funderingstype 2, 3 of 4.

4.5 Input - Tunnel Noord/Zuidlijn

In deze verkennende fase is de Noord/Zuidlijn gemodelleerd als een horizontale randvoorwaarde aan de onderzijde van het 2D-model. Op deze randvoorwaarde zijn verticale vervormingen niet toegestaan. De gronddruk op de tunnel kan zich dus niet herverdelen, zodat de maximale gronddruk op de tunnel kan

worden gevonden. Boven de randvoorwaarde is modelmatig een interface geplaatst zodat de gronddruk kan worden afgelezen.

De tunnel is ook doorgerekend als 'slap', wat inhoudt dat de gronddruk op de tunnel wel kan herverdelen. Dit is gemodelleerd door de tunnelstijfheid niet mee te nemen in de berekening en de grondlagen onder de tunnel wel. Dit resulteerde in lagere gronddrukken op de tunnel door de sterkere spanningsspreiding en is daarom niet verder gerapporteerd.

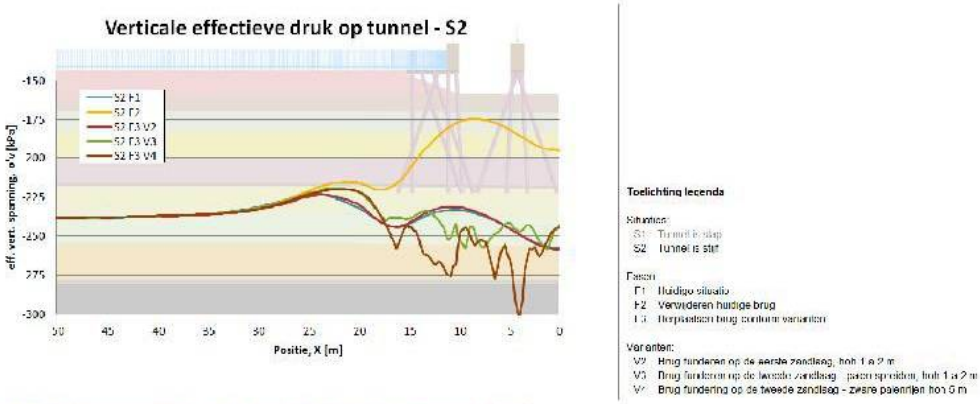


Figuur 4-4 Modellering Noord/Zuidlijn in het Plaxismodel

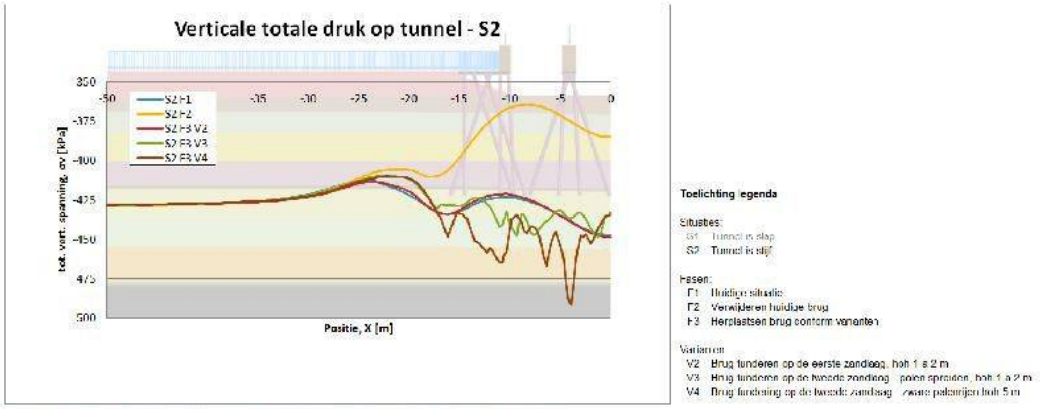
4.6 Output

De output bestaat uit een drietal grafieken:

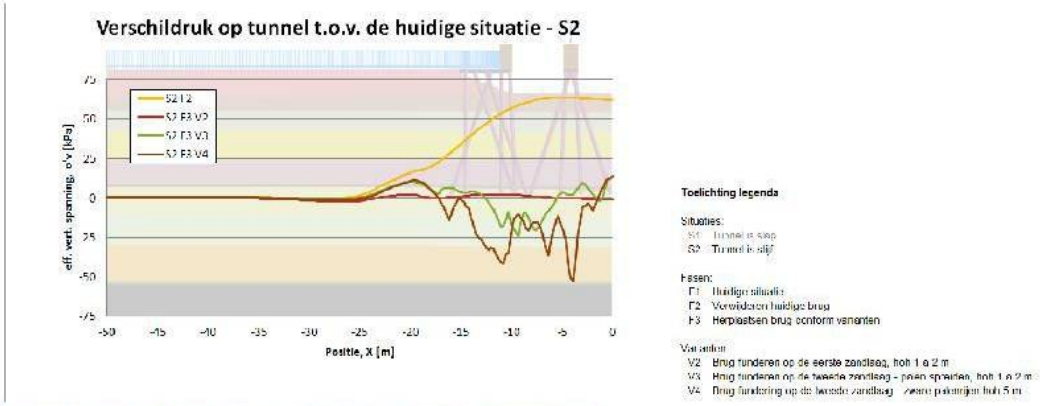
- Grafiek waar de effectieve gronddruk op de tunnelbuis wordt weergegeven voor de funderingstypen 2 t/m 4;
- Grafiek waar de totale gronddruk op de tunnelbuis wordt weergegeven voor de funderingstypen 2 t/m 4;
- Grafiek waar de gronddruk toename/afname op de tunnelbuis wordt weergegeven voor de funderingstypen 2 t/m 4.



Figuur 4-5 Effectieve gronddruk op de tunnelbuis funderingstypen 2 t/m 4



Figuur 4-6 Totale gronddruk op de tunnelbuis funderingstypen 2 t/m 4



Figuur 4-7 Gronddrukverandering op de tunnelbuis funderingstypen 2 t/m 4

figuur 4-7 laat zien dat de maximale spanningsverlaging ten opzichte van de huidige situatie 65 kN/m^2 is als de huidige brug wordt verwijderd. Als de nieuwe brug wordt geplaatst neemt de gronddruk op de tunnel niet meer toe dan de huidige situatie als deze weer op de eerste zandlaag wordt geplaatst (funderingstype 2). Hier kan worden geconcludeerd dat de Noord/Zuidlijn voldoet in deze situatie. De druk neemt met 25 kN/m^2 toe als de brug op de tweede zandlaag wordt geplaatst met een grote hoeveelheid licht belaste palen (funderingstype 3). De maximale toename van de gronddruk op tunnel is 53 kN/m^2 als de brug wordt gefundeerd op enkele zwaar belaste palen (funderingstype 4).

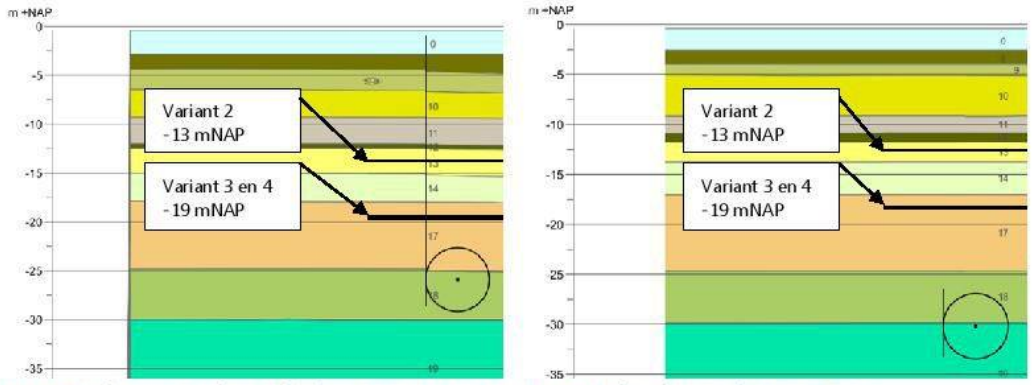
In werkelijkheid zal naar verwachting de spanningsverhoging op de tunnel lager zijn dan de berekende 53 kN/m^2:

- Door spanningsspreiding haaks op het vlak van de 2D berekening;
- Herverdeling van het landhoofd: als de tunnel wordt belast zal deze ovaliseren zodat de belasting op de palen recht boven de tunnel afneemt en de die op de palen naast de tunnel toeneemt;
- Vervorming van de tunnel;
- Positieve kleef langs de funderingspaal waardoor de paalbelasting op een hoger niveau door de grond wordt opgenomen en dus over een groter oppervlak de tunnel belast.

De verwachting is dat funderen op de tweede zandlaag mogelijk is, mits de palen de belasting dermate goed spreiden dat piekbelastingen op de tunnel worden voorkomen. Om de sterkte van de tunnel te toetsen, in hoofdstuk 5, is veiligheidshalve toch uitgegaan van de piekbelasting van 53 kN/m^2, omdat deze een breedte van ongeveer 1 tunnelring heeft.

In figuur 3-2 is de positie van de funderingsdruk ten opzichte van de tunnel weergegeven. Funderingstypen 1 en 4 zijn voor brug 70 en bruggen 30 en 41 met het Diana-model doorgerekend. Variant 3 is niet

berekend, omdat hier de fundering net als bij variant 4 op de tweede zandlaag wordt geplaatst, maar een lagere gronddruk op de tunnel oplevert.



Figuur 4-8 Links: positie paalpunten funderingstypen 2, 3 en 4 van Brug 70. Rechts: de positie bij Brug 30 en 40.

Of de Noord/Zuidlijn voldoet voor funderingstypen 1 en 4 zal in hoofdstuk 5 worden toegelicht.

5 TOETSING TUNNEL-LINING MET EEN QUASI-3D DIANA BEREKENING

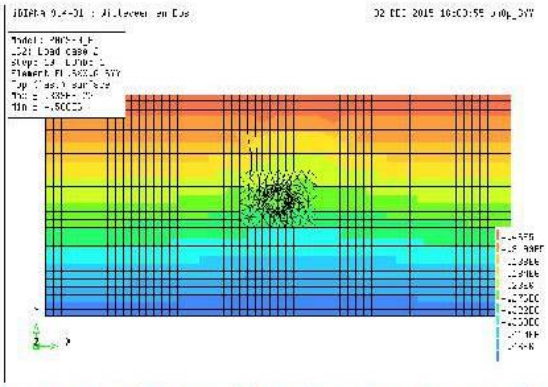
In dit hoofdstuk wordt beschreven:
- Beknopte omschrijving van het rekenmodel
- Resultaten: in welke situaties/funderingstypen voldoet de sterkte van de tunnel.

5.1 Omschrijving van het rekenmodel

In deze paragraaf wordt beknopt uitleg gegeven over het gehanteerde rekenmodel, welke is gebruikt voor de bepaling van de impact van een de vervangingsscenario's voor bruggen in de Vijzelstraat op de tunnels van de Noord/Zuidlijn.

De gebruikte modellen zijn qua opzet identiek aan de voor het ontwerp van de segmenten gebruikte rekenmodellen. Voor een uitgebreide beschrijving van de rekenmodellen wordt daarom verwezen naar het rapport *L204-21-09-410 rapport Design report concrete tunnel segments definitief d.d. 30 oktober 2009* van het ABNZL.

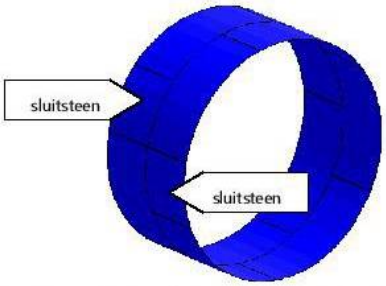
Voor de berekening is gebruik gemaakt van een eindige elementen Diana-model, bestaande uit 2 verticale "plakken" grond met in iedere plak een tunnelring:



Figuur 5-1 Aanzicht rekenmodel met effectieve verticale spanning (fase 0)

De grond is gemodelleerd met solid-elementen, de ringen met schaalelementen. Koppelingen zijn gemodelleerd als veren. Op grensvlakken tussen tunnel en grond zijn interface-elementen toegepast (dit zijn a.h.w. uitgesmeerde veren) voor de grond-constructie-interactie.

De tunnelringen zijn samengesteld uit 5 ½ segment per ring, welke ieder grotendeels in halfsteensverband zijn geplaatst (de segmenten rond de sluitsteen uitgezonderd):



Figuur 5-2 Gesegmenteerde ringen in halfsteensverband en doorgaande langsvoeg bij sluitsteen

Grond, beton en wapening hebben allen een niet-lineair materiaalmodel. De berekening is gefaseerd van opzet, wat inhoudt dat de eindsituatie via tussenstappen tot stand komt en onderdelen van het rekenmodel pas actief worden in de relevante berekeningsfase. De fasering is weergegeven in tabel 5-1.

Tabel 5-1 Fasering Diana-berekening

berekeningsstap	fase	beschrijving
1	0	K0-fase: berekening initiële grondspanningen
2	0_P	aanbrengen funderingslast huidige brug
3	1	aanbrengen tunnel
4	2	wegnemen funderingslast huidige brug
5	3	aanbrengen funderingslast nieuwe brug

Om resultaten te onderscheiden wordt de fasenummering gehanteerd (kolom 2 uit de tabel).

De ringen zijn gekoppeld via zowel voegplaten als ringvoegkoppelingen. De voegplaten worden geacht op lange termijn te degraderen en hun constructieve rol te verliezen. De ringkoppeling wordt zodoende op termijn overgenomen door de ringvoegkoppelingen. De aanwezigheid van voegplaten introduceert de maatgevende situatie, er is geen situatie beschouwd zonder voegplaten. Ook de situatie waarbij de tunnel is volgelopen met water, is niet beschouwd aangezien deze situatie in de ontwerpberekeningen geen maatgevende situatie heeft opgeleverd. Voor voorliggende vraag ten aanzien van de brugvervangingen is de gehanteerde scope van de berekeningen voldoende breed.

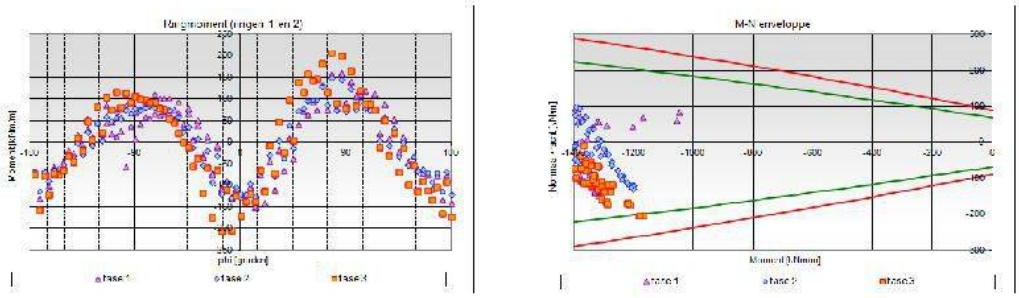
Funderingslasten zijn bepaald op basis van hoofdstuk 3 en 4 en worden in het rekenmodel op de relevante niveaus aangebracht als gelijkmatig verdeelde last zie figuren figuur 4-8 en figuur 3-2.

5.2 Resultaten Diana-berekening

Het resultaat van de berekening is per situatie of deze voldoet of niet voldoet. De tunnel voldoet als de optredende krachten niet de GGT of UGT grenzen overschrijden. Dit wordt gerapporteerd met een M-N diagram. M staat voor moment en N voor normaalkracht. De combinatie van deze twee geeft de totale spanning in de tunnelring die de sterkte van de ring niet mag overschrijden. De GGT grenzen zijn aangegeven met een groene lijn, en de UGT grenzen zijn aangegeven met de rode lijn. In het M-N diagram zijn de scatterplots van de fasen 1, 2 en 3 weergegeven.

5.2.1 Resultaten brug 30 en 41, funderingstype 1

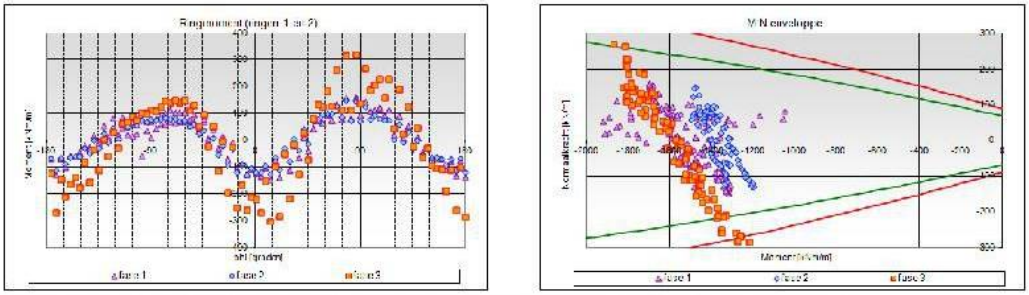
Funderingstype 1: Palen op de tweede zandlaag naast de tunnel: **voldoet**



Figuur 5-3 Brug 30, 41 Keizergracht - Palen naast de tunnel funderingstype 1: voldoet

5.2.2 Resultaten brug 30 en 41, funderingstype 4

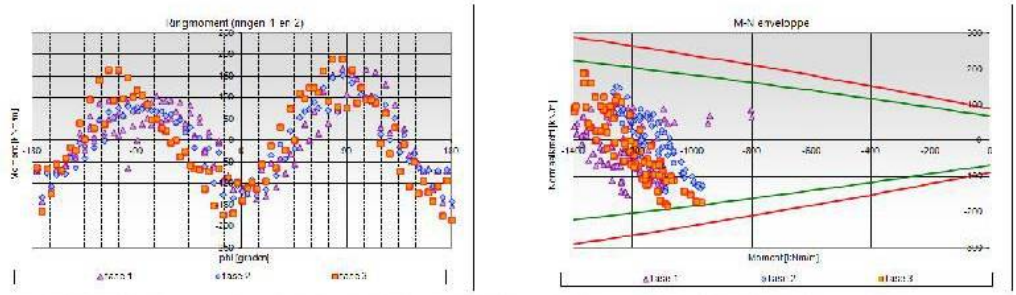
Funderingstype 4: Palen boven de tunnel tweede zandlaag: **voldoet niet**



Figuur 5-4 Brug 30, 41 Keizergracht - Palen boven de tunnel tweede zandlaag funderingstype 4: voldoet niet

5.2.3 Resultaten brug 70, funderingstype 1

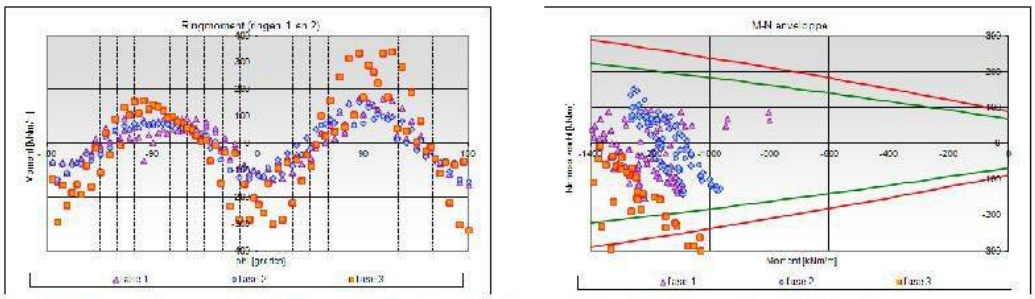
Funderingstype 1: Palen op de tweede zandlaag naast de tunnel: **voldoet**



Figuur 5-5 Brug 70 Prinsengracht - Palen op de tweede zandlaag naast de tunnel funderingstype 1: voldoet

5.2.4 Resultaten brug 70, funderingstype 4

Funderingstype 4: Palen op de tweede zandlaag naast de tunnel: **voldoet niet**



Figuur 5-6 Brug 70 Prinsengracht - Palen op de tweede zandlaag boven de tunnel funderingstype 4: voldoet niet

6 VERKENNENDE BEREKENINGEN PAALDRAAGVERMOGEN

Om een inschatting te maken van het paaldraagvermogen zijn ter indicatie enkele berekeningen gemaakt. Uitgangspunt van de berekeningen is, gegeven het funderingstype, een keuze gemaakt voor een economisch paalsysteem waarbij ook het aspect 'hinder voor de omgeving' is meegenomen in de afweging. Daarom is nergens gekozen voor de betonnen heipaal, hoewel dit de goedkoopste paal is, geeft deze ook de meeste hinder. De berekeningen zijn uitgevoerd om de haalbaarheid van de funderingstypen wat betreft het paaldraagvermogen aan te tonen. De paalberekeningen zijn uitgevoerd op basis van de vier sonderingen in de nabijheid van brug 70, [ref. 1].

Tabel 1 Indicatie paaldraagvermogen en aantal palen/pijler

Funderingstype	Paaltype	Indicatief Draagvermogen	Toelichting
1 Overkluizing Tweede zandlaag	Stalen buispaal ø600 Geschroefd Paalpunt: NAP-19,0 m, brug 30 en 41 NAP-22,5 m, brug 70	ca. 2500 kN ca. 4000 kN zie bijlage III 8 palen/pijler (Fd = 16.000 kN)	Deze paal moet in een kleine paalgroep een zeer hoog draagvermogen hebben, vanwaar de grote diameter. De paal moet ook door de eerste zandlaag heen en enkele meters de tweede zandlaag in, zodat heien veel overlast voor de omgeving zal opleveren. Om zettingen te voorkomen wordt de stalen buis niet getrokken. risico: haalbaarheid paalpuntniveau in de zeer harde tweede zandlaag. Eventueel groutinjectie.
2 Nieuwe fundering Eerste zandlaag	Stalen buispaal ø300 Inwendig geheid Paalpunt: NAP-13,0 m	ca. 300 kN zie bijlage II 55 palen/pijler (Fd = 16.000 kN)	Deze paal wordt op de eerste zandlaag geplaatst. Het heiwerk zal naar verwachting vrij weinig hinder opleveren door het inwendige systeem en de lage weerstand die wordt verwacht in de slappe Amsterdamse toplagen.
3 Nieuwe fundering Tweede zandlaag Palen spreiden	Micropaal ø250 Paalpunt: NAP-19,0 m	ca. 500 kN zie bijlage III 55 palen/pijler (Fd = 16.000 kN)	Dit trillingsarme systeem komt eenvoudig door de eerste zandlaag, in tegenstelling tot de inwendig geheide stalen buispaal. Nadeel van deze paal is dat hij geen moment kan opnemen. Omdat zeer veel van deze palen geplaatst moeten worden is er niet per definitie een hoge draagkracht per paal benodigd. (kleinere diameter is mogelijk gezien de hoge draagkracht van de tweede zandlaag)
4 Nieuwe fundering Tweede zandlaag Palen spreiden	Geschroefde stalen buispaal ø450 Paalpunt: NAP-19,0 m	ca. 1500 kN zie bijlage III 12 palen/pijler (Fd = 16.000 kN)	Deze paal moet een hoog draagvermogen hebben, vanwaar de grote diameter. De paal moet ook door de eerste zandlaag heen en enkele meters de tweede zandlaag in, zodat heien veel overlast voor de omgeving zal opleveren. Om zettingen te voorkomen wordt de stalen buis niet getrokken.

Het paaltype en paalpuntniveau dient in een VO/DO bepaald te worden. Er is aangenomen dat de palen op de beoogde diepte geplaatst kunnen worden, voor alle paaltypes is dit een risico met vertraging in de bouw tot gevolg. Optimalisatie van het paaldraagvermogen is mogelijk door per sondering en per brug het paalpuntniveau aan te passen.

Geconcludeerd wordt dat al de funderingstypen haalbaar zijn met betrekking tot het te behalen paaldraagvermogen.

7 SAMENVATTING

Het gewicht van de bruggen in de Vijzelstraat belast de tunnelbuis van de Noord/Zuidlijn. Via de grond verplaatst de paalbelasting zich naar de tunnelwand. Als de bruggen worden vervangen veranderd de gronddruk op de tunnel.

Het doel van deze bijlage is met verkennende berekeningen het effect van een (ongelijkmatig) toenemende of afnemende gronddruk op de tunnel te beschouwen voor vier funderingstypen voor het vervangen van bruggen 30, 41 en 70 in de Vijzelstraat. De resultaten van de berekeningen zijn ook van toepassing als de fundering van de brug wordt hersteld, omdat het totale gewicht van de brug beide gevallen gelijk is.

De vier funderingstypen zijn:

1 Overkluizing van de Noord/Zuidlijn;
2 Nieuwe fundering op de eerste zandlaag met ruime spreiding van de paalpunten;
3 Nieuwe fundering op de tweede zandlaag met ruime spreiding van de paalpunten;
4 Nieuwe fundering op de tweede zandlaag met enkele zwaar belaste palen.

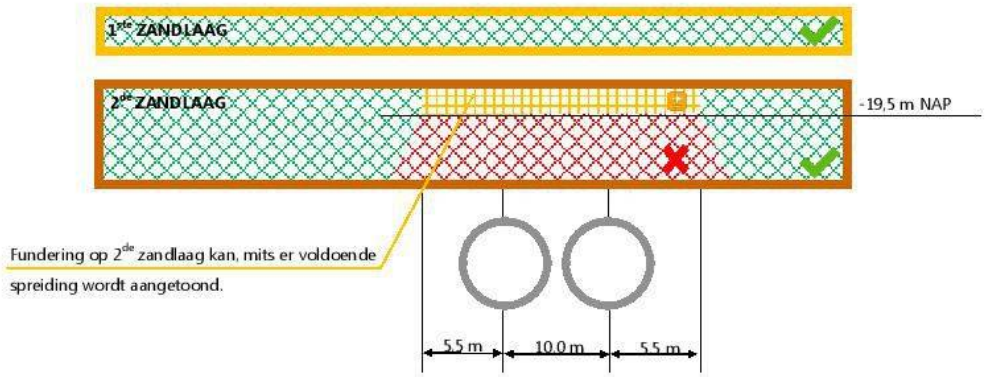
Op basis van de verkennende berekeningen en deels op basis van engineering judgement zijn de volgende conclusies getrokken:

- Funderingstype 1 is mogelijk. De toename van de snedekrachten in de tunnel blijft (net) binnen de grenzen het toelaatbare.
- Funderingstype 2 is ook mogelijk. De nieuwe situatie is voor de tunnel gelijk aan de bestaande situatie.
- Funderingstype 3 en 4 zijn naar verwachting ook mogelijk mits voldoende spreiding van de paalbelasting door de ondergrond kan optreden, zodat er geen piekbelastingen op de tunnel optreden.
    - De verkennende berekeningen hebben aangetoond dat funderingstype 4 niet kan zonder de berekeningen sterk te optimaliseren.
    - De overschrijding is voor de Prinsengracht groter dan voor de Keizersgracht. Daarmee wordt op basis van deze verkennende berekeningen aangenomen dat het bij de Keizersgracht wel mogelijk is funderingstype 3 toe te passen en bij de Prinsengracht niet.
- Funderingstypen 1 en 2 hebben een lager risicoprofiel dan typen 3 en 4.
- In het vervolgontwerp van de bruggen, VO en DO, dient geverifieerd te worden of de snedekrachten op de tunnel niet te groot worden bij funderingstypen 1, 3 of 4.

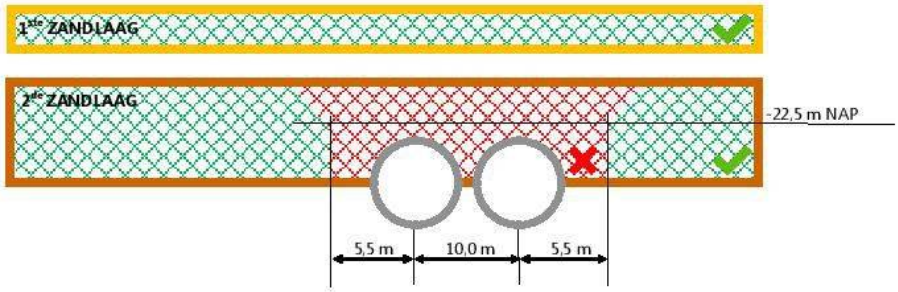
De resultaten zijn grafisch weergegeven in afbeelding 7.1 en

afbeelding 7.2

Afbeelding 7.1 Funderingsopties **brug 30 en 41**



Afbeelding 7.2 Funderingsopties **brug 70**



Het nevendoel van deze bijlage was het aantonen van het paaldraagvermogen van een paal voor de verschillende funderingstypen. De berekening is gerapporteerd in Hoofdstuk 6. Geconcludeerd wordt dat al de funderingstypen haalbaar zijn met betrekking tot het te behalen paaldraagvermogen.

II

BIJLAGE: PAALDRAAGVERMOGEN FUNDERINGSTYPE 2, 1STE ZANDLAAG

Report for D-Foundations 15.1

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

Date of report:	07/12/2015
Time of report:	11:50:13
Date of calculation:	07/12/2015
Time of calculation:	11:47:52
Filename:	P:\..\geotechniek\Paaldraagvermogen\indicatie brug 70 1e zandlaag
Project identification:	
	D-Foundations indicatie brug 70 1e zandlaag

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 3
2.6 Soil Data 4
2.6.1 Soil Profile New CPT 4
2.6.2 Soil Profile New CPT (1) 6
2.6.3 Soil Profile New CPT (3) 7
2.6.4 Soil Profile New CPT (2) 9
2.7 Pile Types 11
2.7.1 Pile type : Hollow 300 11
2.8 Foundation Plan 11
2.8.1 View of Foundation Plan 12
2.9 Excavation Data 12
2.10 Overruled Parameters 13
2.11 Calculation Options 13
2.12 Model Options 13
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the option Preliminary Design, Bearing capacity at fixed pile tip levels 14
3.1 Errors and Warnings 14
3.2 Remarks 14
3.3 Calculation Parameters 14
3.3.1 Pile Factors 14
3.3.2 Pile type : Hollow 300 14
3.4 Results for pile type : Hollow 300 15
3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN 15

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 :	
Title 2 :	
Title 3 :	D-Foundations indicatie brug 70 1e zandlaag
Number of project :	
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.

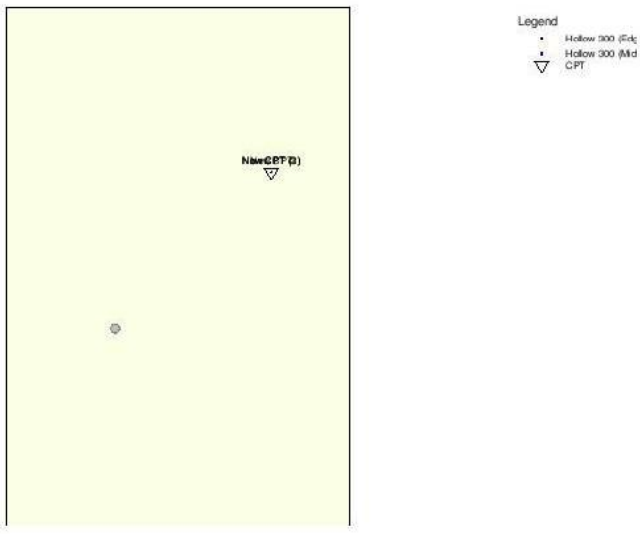
2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure :	Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's :	4
Timing of CPT's :	CPT - Excavation - Install

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



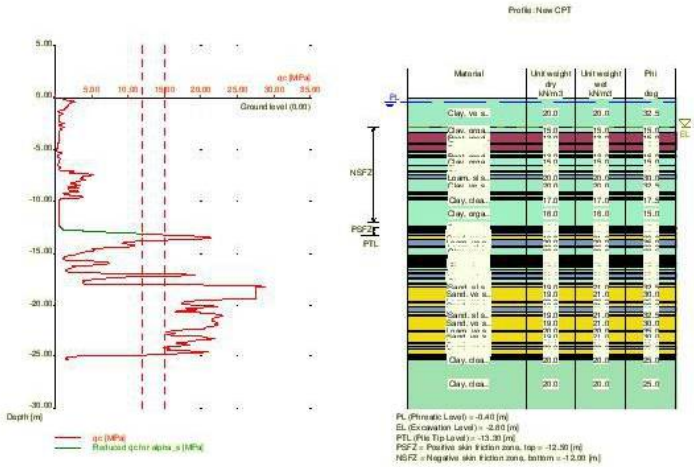
Number/Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]
1: New CPT	-13.30	-12.50	-12.00	0.00	0.00
2: New CPT (1)	-13.00	-12.40	-12.00	0.00	0.00
3: New CPT (3)	-13.00	-12.50	-12.00	0.00	0.00
4: New CPT (2)	-13.10	-12.20	-12.00	0.00	0.00

2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 4

2.6.1 Soil Profile New CPT

Belonging to CPT	New CPT
Surface level in [m. reference level] :	0.00
Phreatic level in [m. reference level] :	-0.40
Pile tip level in [m. reference level] :	-13.30
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12.50
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12.00
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.11
Number of layers in profile :	74

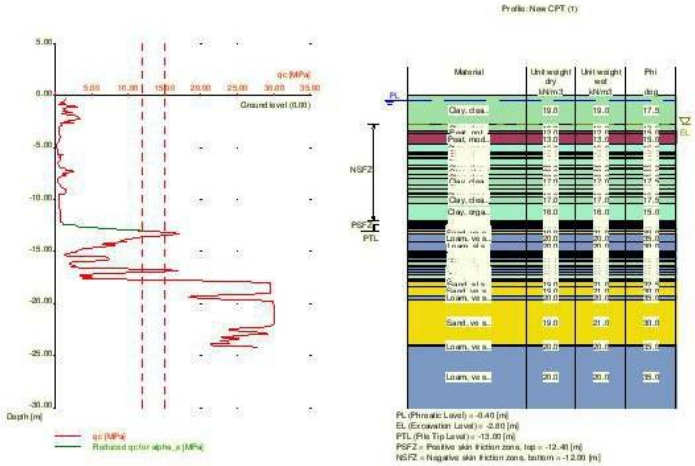


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
1	0.000	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
2	-2.800	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
3	-3.370	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
4	-4.370	12.00	12.00	15.00	Peat	--	0.0
5	-4.470	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
6	-5.170	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
7	-5.270	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
8	-5.470	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
9	-5.570	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
10	-5.770	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
11	-6.570	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
12	-6.970	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
13	-7.070	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
14	-7.170	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
15	-7.370	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
16	-7.870	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
17	-9.070	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
18	-9.170	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
19	-9.370	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
20	-9.570	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
21	-9.670	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
22	-9.770	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
23	-9.870	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
24	-12.370	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
25	-12.470	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
26	-12.670	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
27	-12.770	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
28	-12.870	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
29	-12.970	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
30	-13.070	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
31	-13.270	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
32	-13.670	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
33	-14.270	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
34	-14.470	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
35	-15.170	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
36	-15.270	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
37	-15.370	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
38	-15.570	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
39	-15.670	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
40	-15.770	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
41	-15.870	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
42	-15.970	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
43	-16.070	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
44	-16.170	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
45	-16.270	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
46	-16.570	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
47	-16.770	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
48	-16.870	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
49	-16.970	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
50	-17.270	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
51	-17.470	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
52	-17.870	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
53	-17.970	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
54	-18.170	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200	0.0
55	-18.270	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
56	-19.570	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
57	-19.770	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
58	-20.170	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
59	-20.570	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
60	-20.870	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200	0.0
61	-20.970	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
62	-22.370	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
63	-22.470	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
64	-23.670	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
65	-23.770	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
66	-24.070	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
67	-24.370	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
68	-24.770	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
69	-24.870	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
70	-24.970	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
71	-25.070	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
72	-25.170	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
73	-25.270	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
74	-25.370	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0

2.6.2 Soil Profile New CPT (1)

Belonging to CPT	New CPT (1)
Surface level in [m. reference level] :	0.00
Phreatic level in [m. reference level] :	-0.40
Pile tip level in [m. reference level] :	-13.00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12.40
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12.00
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.11
Number of layers in profile :	58

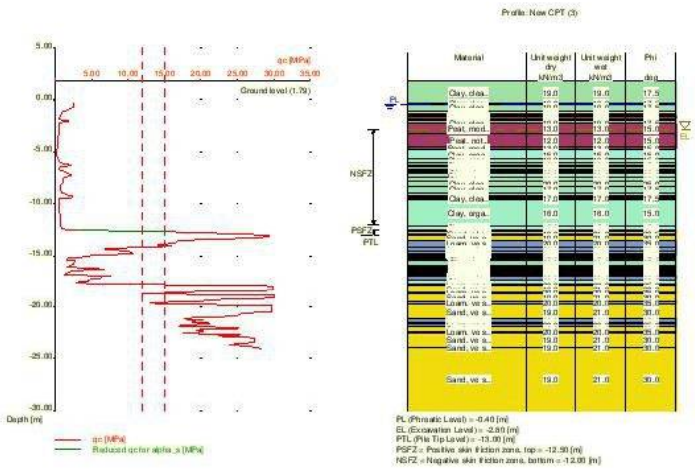


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
1	0.000	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
2	-2.800	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
3	-3.420	12.00	12.00	15.00	Peat	--	0.0
4	-3.620	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
5	-4.620	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
6	-5.420	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
7	-5.520	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
8	-5.620	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
9	-5.920	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
10	-6.120	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
11	-6.620	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
12	-6.720	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
13	-6.920	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
14	-7.020	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
15	-7.620	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
16	-7.920	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
17	-8.620	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
18	-9.020	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
19	-9.320	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
20	-9.420	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
21	-9.520	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
22	-9.720	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
23	-10.320	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
24	-12.020	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
25	-12.120	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
26	-12.320	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
27	-12.420	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
28	-12.520	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
29	-12.620	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
30	-12.720	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
31	-12.820	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
32	-13.020	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
33	-13.320	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
34	-14.020	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
35	-15.020	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
36	-15.120	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
37	-15.220	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
38	-15.320	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
39	-15.420	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
40	-15.520	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
41	-15.820	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
42	-15.920	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
43	-16.020	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
44	-16.420	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
45	-16.520	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
46	-16.720	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
47	-17.020	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
48	-17.220	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
49	-17.620	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
50	-17.720	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
51	-17.820	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
52	-17.920	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200	0.0
53	-18.420	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
54	-19.220	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
55	-19.620	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
56	-23.920	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
57	-24.020	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
58	-24.120	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0

2.6.3 Soil Profile New CPT (3)

Belonging to CPT	New CPT (3)
Surface level in [m. reference level] :	1.79
Phreatic level in [m. reference level] :	-0.40
Pile tip level in [m. reference level] :	-13.00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12.50
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12.00
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.11
Number of layers in profile :	74

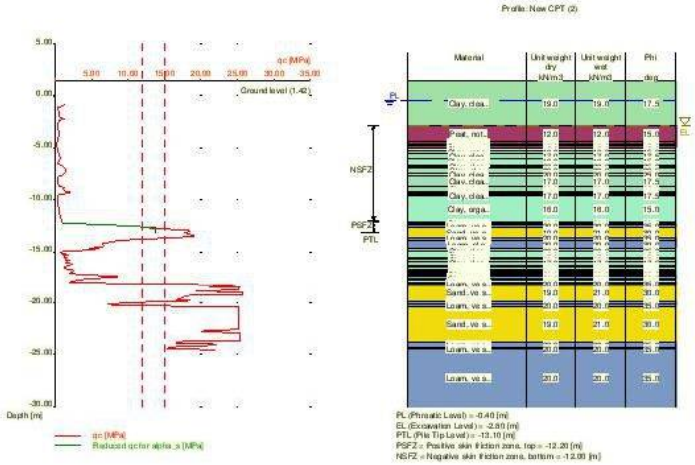


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
1	1.790	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
2	-0.280	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
3	-0.380	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
4	-1.080	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
5	-1.280	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
6	-1.480	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
7	-1.580	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
8	-1.880	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
9	-1.980	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
10	-2.180	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
11	-2.280	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
12	-3.280	12.00	12.00	15.00	Peat	--	0.0
13	-4.580	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
14	-4.780	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
15	-5.680	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
16	-5.980	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
17	-6.280	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
18	-6.380	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
19	-6.680	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
20	-6.780	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
21	-6.880	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
22	-6.980	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
23	-7.080	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
24	-7.480	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
25	-7.780	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
26	-8.280	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
27	-8.980	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
28	-9.180	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
29	-9.380	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
30	-9.480	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
31	-9.580	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
32	-12.180	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
33	-12.480	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
34	-12.580	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
35	-12.680	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
36	-12.880	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200	0.0
37	-13.080	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
38	-13.480	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
39	-14.180	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
40	-14.580	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
41	-14.780	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
42	-14.980	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
43	-15.080	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
44	-15.180	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
45	-15.280	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
46	-15.380	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
47	-15.480	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
48	-15.980	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
49	-16.080	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
50	-16.180	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
51	-16.280	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
52	-16.380	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
53	-16.480	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
54	-16.580	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
55	-16.680	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
56	-16.780	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
57	-16.880	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
58	-16.980	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
59	-17.380	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
60	-17.680	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
61	-17.780	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
62	-17.880	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
63	-18.580	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
64	-18.780	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
65	-19.480	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
66	-19.780	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
67	-21.180	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
68	-21.580	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
69	-21.680	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
70	-21.980	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
71	-22.380	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
72	-22.580	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
73	-23.880	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
74	-23.980	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0

2.6.4 Soil Profile New CPT (2)

Belonging to CPT	New CPT (2)
Surface level in [m. reference level] :	1.42
Phreatic level in [m. reference level] :	-0.40
Pile tip level in [m. reference level] :	-13.10
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12.20
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12.00
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.11
Number of layers in profile :	51



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
1	1.420	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
2	-2.800	12.00	12.00	15.00	Peat	--	0.0
3	-4.390	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
4	-4.690	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
5	-4.790	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
6	-4.990	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
7	-5.290	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
8	-5.590	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
9	-5.990	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
10	-6.690	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
11	-6.790	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
12	-6.890	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
13	-7.390	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
14	-7.690	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
15	-8.690	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
16	-9.190	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
17	-9.390	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
18	-9.490	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
19	-9.590	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
20	-12.190	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
21	-12.290	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
22	-12.390	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
23	-12.590	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
24	-13.590	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
25	-13.890	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
26	-14.690	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
27	-14.890	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
28	-14.990	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
29	-15.590	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
30	-15.690	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
31	-15.890	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
32	-16.390	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
33	-16.490	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
34	-16.690	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
35	-16.790	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
36	-16.890	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
37	-17.090	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
38	-17.190	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
39	-17.290	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
40	-17.590	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
41	-17.690	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
42	-17.990	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
43	-18.090	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
44	-18.190	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
45	-19.890	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
46	-20.090	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
47	-20.190	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
48	-20.390	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
49	-23.790	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
50	-24.390	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
51	-24.490	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0

2.7 Pile Types

2.7.1 Pile type : Hollow 300

Pile type : Closed-ended steel pipe pile

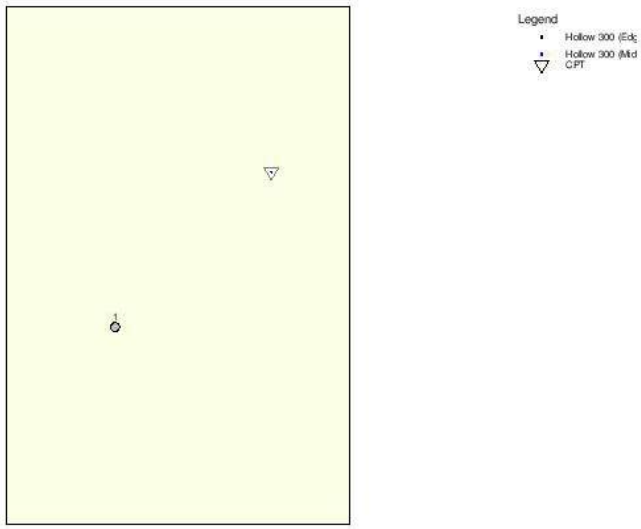
Materialtype for pile : Steel
Slip layer : None
Pile shape : Round hollow pile with closed base
beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.
s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :
Diameter at tip [m] : 0.300
Wall thickness [mm] : 8.0

2.8 Foundation Plan

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

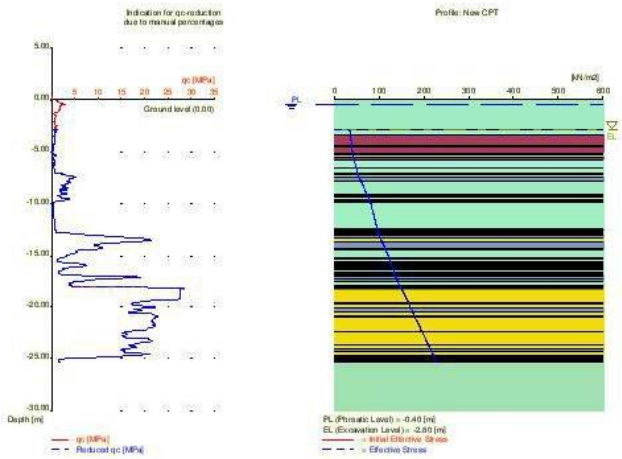
2.8.1 View of Foundation Plan



Pile nr/name	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]	Fc;d (STR/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	-5.00	-5.00	1.00	1.00	0.00	-2.80

2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -2.80
Reduction model : Manual



2.10 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] :	1.17
User defined Factor xi4 [-] :	0.93

2.11 Calculation Options

Use pilegroup for negative skin friction (standard)
Do not create intermediate results file
Use reduction for continuous flight auger piles (standard)
Use the influence of excavations (standard).

2.12 Model Options

Selected pile types :
- -Hollow 300

Selected profiles :
- -New CPT
- -New CPT (1)
- -New CPT (3)
- -New CPT (2)

3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the option Preliminary Design, Bearing capacity at fi

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor xi3 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined.
Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor xi4 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined.
Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN-EN 9997-1 art 3.2.3 lid (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 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 (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1.20
gamma;b (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1.00
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1.20
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1.00
xi3 (user defined) :	1.17
xi4 (user defined) :	0.93

3.3.2 Pile type : Hollow 300

Pile type :	Closed-ended steel pipe pile
Materialtype for pile :	Steel
Slip layer :	None
Pile shape :	Round hollow pile with closed base
beta (Shape factor: figuur 7i, NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(g): NEN-EN 9997-1 : Pile tip) :	1.00
s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h), NEN-EN 9997-1 : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :	1.00
Pile dimensions :	
Diameter at tip [m] :	0.300
Wall thickness [mm] :	8.0

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
New CPT	0.0100	0.0201	1.0000
New CPT (1)	--	0.0270	1.0000
New CPT (3)	0.0100	0.0261	1.0000
New CPT (2)	0.0106	0.0244	1.0000

3.4 Results for pile type : Hollow 300

CPT name	Level [m R.L.]	Groundlevel [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;rep [kN]	Fnsf;d [kN]
New CP...	-13.30	0.00	390	112	502	357	56	56
New CP...	-13.00	0.00	401	86	487	347	65	65
New CP...	-13.00	1.79	645	83	728	519	52	52
New CP...	-13.10	1.42	445	120	565	402	53	53

3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN

CPT name	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	Hollow 300 Rc;net;d [kN]
New CPT	0.00	-13.30	301.00
New CPT (1)	0.00	-13.00	282.00
New CPT (3)	1.79	-13.00	467.00
New CPT (2)	1.42	-13.10	349.00

* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

End of Report

III

BIJLAGE: PAALDRAAGVERMOGEN FUNDERINGSTYPE 1, 3 EN 4, 2DE ZANDLAAG

Report for D-Foundations 15.1

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

Date of report:	07/12/2015
Time of report:	13:21:59
Date of calculation:	07/12/2015
Time of calculation:	12:02:51
Filename:	P:\..\geotechniek\Paaldraagvermogen\indicatie brug 70 2e zandlaag
Project identification:	
	D-Foundations indicatie brug 70 2e zandlaag

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 3
2.6 Soil Data 4
2.6.1 Soil Profile New CPT 4
2.6.2 Soil Profile New CPT (1) 6
2.6.3 Soil Profile New CPT (3) 7
2.6.4 Soil Profile New CPT (2) 9
2.7 Pile Types 11
2.7.1 Pile type : LostTip 620 11
2.7.2 Pile type : LostTip 470 11
2.7.3 Pile type : Round 250 12
2.8 Foundation Plan 12
2.8.1 View of Foundation Plan 12
2.9 Excavation Data 13
2.10 Overruled Parameters 13
2.11 Calculation Options 13
2.12 Model Options 13
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the Option Preliminary Design, Indication Bearing Capacity 15
3.1 Errors and Warnings 15
3.2 Remarks 15
3.3 Calculation Parameters 15
3.3.1 Pile Factors 15
3.3.2 Pile type : LostTip 620 15
3.3.3 Pile type : LostTip 470 16
3.3.4 Pile type : Round 250 16
3.4 Results Bearing Forces for Pile type : LostTip 620 17
3.5 Results Bearing Forces for Pile type : LostTip 470 17
3.6 Results Bearing Forces for Pile type : Round 250 17
3.7 Summary Net Bearing Capacity in kN 17

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 :	
Title 2 :	
Title 3 :	D-Foundations indicatie brug 70 2e zandlaag
Number of project :	
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.

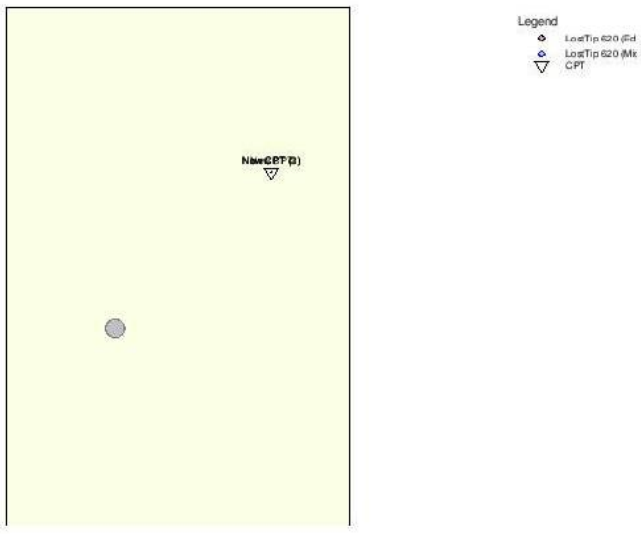
2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure :	Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's :	4
Timing of CPT's :	CPT - Excavation - Install

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



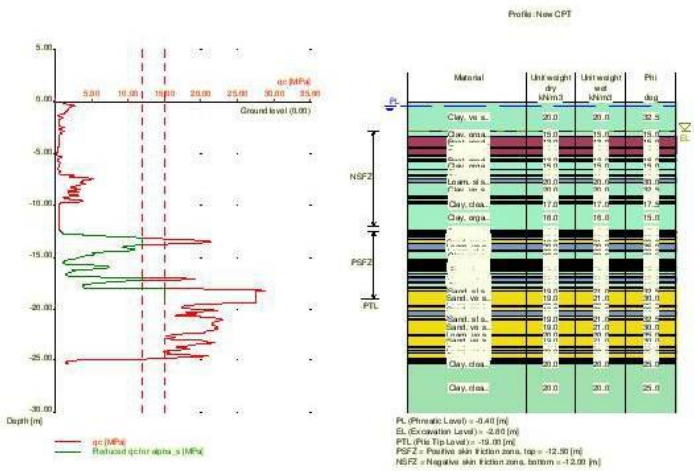
Number/Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]
1: New CPT	-19.00	-12.50	-12.00	0.00	0.00
2: New CPT (1)	-19.00	-12.40	-12.00	0.00	0.00
3: New CPT (3)	-19.00	-12.50	-12.00	0.00	0.00
4: New CPT (2)	-19.00	-12.20	-12.00	0.00	0.00

2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 4

2.6.1 Soil Profile New CPT

Belonging to CPT	New CPT
Surface level in [m. reference level] :	0.00
Phreatic level in [m. reference level] :	-0.40
Pile tip level in [m. reference level] :	-19.00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12.50
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12.00
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.11
Number of layers in profile :	74

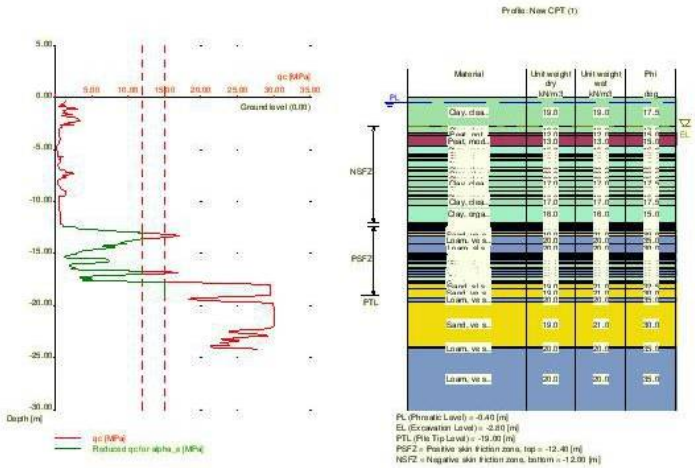


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
1	0.000	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
2	-2.800	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
3	-3.370	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
4	-4.370	12.00	12.00	15.00	Peat	--	0.0
5	-4.470	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
6	-5.170	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
7	-5.270	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
8	-5.470	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
9	-5.570	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
10	-5.770	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
11	-6.570	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
12	-6.970	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
13	-7.070	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
14	-7.170	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
15	-7.370	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
16	-7.870	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
17	-9.070	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
18	-9.170	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
19	-9.370	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
20	-9.570	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
21	-9.670	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
22	-9.770	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
23	-9.870	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
24	-12.370	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
25	-12.470	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
26	-12.670	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
27	-12.770	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
28	-12.870	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
29	-12.970	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
30	-13.070	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
31	-13.270	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
32	-13.670	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
33	-14.270	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
34	-14.470	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
35	-15.170	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
36	-15.270	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
37	-15.370	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
38	-15.570	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
39	-15.670	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
40	-15.770	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
41	-15.870	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
42	-15.970	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
43	-16.070	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
44	-16.170	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
45	-16.270	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
46	-16.570	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
47	-16.770	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
48	-16.870	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
49	-16.970	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
50	-17.270	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
51	-17.470	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
52	-17.870	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
53	-17.970	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
54	-18.170	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200	0.0
55	-18.270	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
56	-19.570	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
57	-19.770	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
58	-20.170	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
59	-20.570	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
60	-20.870	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200	0.0
61	-20.970	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
62	-22.370	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
63	-22.470	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
64	-23.670	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
65	-23.770	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
66	-24.070	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
67	-24.370	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
68	-24.770	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
69	-24.870	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
70	-24.970	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
71	-25.070	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
72	-25.170	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
73	-25.270	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
74	-25.370	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0

2.6.2 Soil Profile New CPT (1)

Belonging to CPT	New CPT (1)
Surface level in [m. reference level] :	0.00
Phreatic level in [m. reference level] :	-0.40
Pile tip level in [m. reference level] :	-19.00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12.40
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12.00
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.11
Number of layers in profile :	58

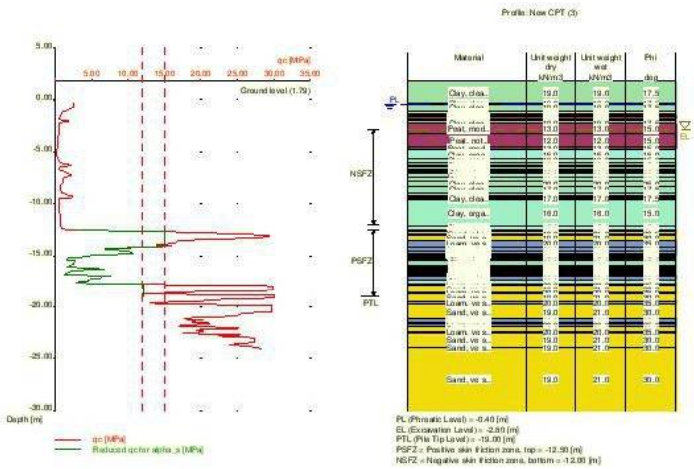


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
1	0.000	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
2	-2.800	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
3	-3.420	12.00	12.00	15.00	Peat	--	0.0
4	-3.620	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
5	-4.620	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
6	-5.420	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
7	-5.520	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
8	-5.620	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
9	-5.920	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
10	-6.120	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
11	-6.620	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
12	-6.720	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
13	-6.920	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
14	-7.020	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
15	-7.620	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
16	-7.920	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
17	-8.620	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
18	-9.020	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
19	-9.320	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
20	-9.420	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
21	-9.520	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
22	-9.720	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
23	-10.320	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
24	-12.020	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
25	-12.120	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
26	-12.320	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
27	-12.420	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
28	-12.520	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
29	-12.620	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
30	-12.720	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
31	-12.820	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
32	-13.020	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
33	-13.320	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
34	-14.020	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
35	-15.020	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
36	-15.120	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
37	-15.220	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
38	-15.320	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
39	-15.420	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
40	-15.520	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
41	-15.820	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
42	-15.920	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
43	-16.020	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
44	-16.420	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
45	-16.520	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
46	-16.720	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
47	-17.020	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
48	-17.220	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
49	-17.620	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
50	-17.720	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
51	-17.820	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
52	-17.920	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200	0.0
53	-18.420	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
54	-19.220	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
55	-19.620	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
56	-23.920	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
57	-24.020	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
58	-24.120	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0

2.6.3 Soil Profile New CPT (3)

Belonging to CPT	New CPT (3)
Surface level in [m. reference level] :	1.79
Phreatic level in [m. reference level] :	-0.40
Pile tip level in [m. reference level] :	-19.00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12.50
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12.00
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.11
Number of layers in profile :	74

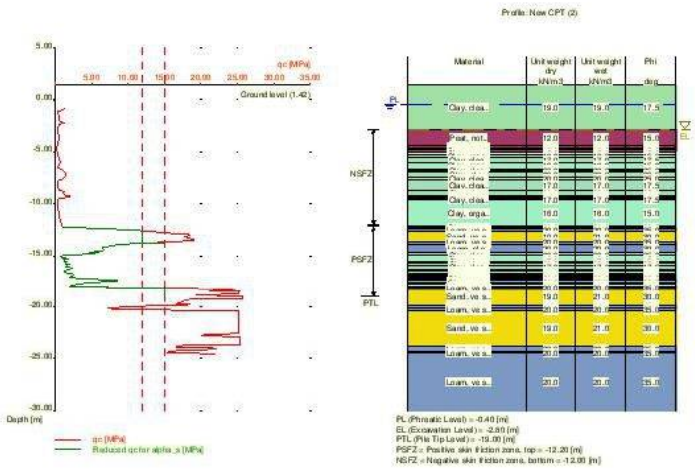


Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
1	1.790	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
2	-0.280	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
3	-0.380	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
4	-1.080	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
5	-1.280	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
6	-1.480	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
7	-1.580	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
8	-1.880	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
9	-1.980	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
10	-2.180	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
11	-2.280	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
12	-3.280	12.00	12.00	15.00	Peat	--	0.0
13	-4.580	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
14	-4.780	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
15	-5.680	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
16	-5.980	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
17	-6.280	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
18	-6.380	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
19	-6.680	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
20	-6.780	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
21	-6.880	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
22	-6.980	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
23	-7.080	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
24	-7.480	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
25	-7.780	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
26	-8.280	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
27	-8.980	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
28	-9.180	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
29	-9.380	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
30	-9.480	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
31	-9.580	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
32	-12.180	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
33	-12.480	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
34	-12.580	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
35	-12.680	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
36	-12.880	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200	0.0
37	-13.080	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
38	-13.480	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
39	-14.180	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
40	-14.580	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
41	-14.780	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
42	-14.980	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
43	-15.080	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
44	-15.180	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
45	-15.280	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
46	-15.380	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
47	-15.480	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
48	-15.980	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
49	-16.080	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
50	-16.180	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
51	-16.280	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
52	-16.380	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
53	-16.480	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
54	-16.580	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
55	-16.680	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
56	-16.780	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
57	-16.880	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
58	-16.980	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
59	-17.380	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
60	-17.680	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
61	-17.780	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
62	-17.880	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
63	-18.580	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
64	-18.780	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
65	-19.480	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
66	-19.780	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
67	-21.180	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
68	-21.580	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
69	-21.680	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
70	-21.980	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
71	-22.380	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
72	-22.580	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
73	-23.880	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
74	-23.980	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0

2.6.4 Soil Profile New CPT (2)

Belonging to CPT	New CPT (2)
Surface level in [m. reference level] :	1.42
Phreatic level in [m. reference level] :	-0.40
Pile tip level in [m. reference level] :	-19.00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-12.20
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-12.00
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.11
Number of layers in profile :	51



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
1	1.420	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
2	-2.800	12.00	12.00	15.00	Peat	--	0.0
3	-4.390	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
4	-4.690	19.00	19.00	17.50	Clay	--	0.0
5	-4.790	13.00	13.00	15.00	Peat	--	0.0
6	-4.990	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
7	-5.290	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
8	-5.590	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
9	-5.990	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
10	-6.690	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
11	-6.790	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
12	-6.890	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
13	-7.390	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
14	-7.690	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
15	-8.690	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
16	-9.190	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
17	-9.390	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
18	-9.490	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
19	-9.590	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
20	-12.190	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
21	-12.290	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
22	-12.390	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
23	-12.590	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
24	-13.590	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
25	-13.890	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
26	-14.690	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
27	-14.890	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
28	-14.990	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
29	-15.590	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
30	-15.690	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
31	-15.890	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
32	-16.390	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0
33	-16.490	15.00	15.00	15.00	Clay	--	0.0
34	-16.690	16.00	16.00	15.00	Clay	--	0.0

Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]	qc-reduc. perc. [%]
35	-16.790	17.00	17.00	17.50	Clay	--	0.0
36	-16.890	20.00	20.00	25.00	Clay	--	0.0
37	-17.090	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
38	-17.190	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
39	-17.290	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
40	-17.590	20.00	20.00	32.50	Clay	--	0.0
41	-17.690	20.00	20.00	22.50	Clay	--	0.0
42	-17.990	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
43	-18.090	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
44	-18.190	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
45	-19.890	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
46	-20.090	20.00	20.00	30.00	Loam	--	0.0
47	-20.190	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
48	-20.390	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200	0.0
49	-23.790	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
50	-24.390	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0
51	-24.490	20.00	20.00	35.00	Loam	--	0.0

2.7 Pile Types

2.7.1 Pile type : LostTip 620

Pile type : User defined (low vibrating)

Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel:
Screw pile, cast in place, with grout

Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat:
alpha_s clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3
NEN-EN 9997-1 (i)
Note : alpha_s depends on the soiltype and relative depth.

Pile type for determination of pile class factor alpha_p :
Prefabricated screw pile with grout*

Pile type for use in load/settlement curve : 1
Materialtype for pile : Concrete
Slip layer : None
Pile shape : Round pile with lost tip
beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.
s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :
- Diameter at tip [m] : 0.620
- Diameter shaft [m] : 0.600
- Effective heigth enlarged base [m] : 0.000

2.7.2 Pile type : LostTip 470

Pile type : User defined (low vibrating)

Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel:
Screw pile, cast in place, with grout

Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat:
alpha_s clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3
NEN-EN 9997-1 (i)
Note : alpha_s depends on the soiltype and relative depth.

Pile type for determination of pile class factor alpha_p :
Prefabricated screw pile with grout*

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

beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.
s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :

Diameter at tip [m] :	0.470
Diameter shaft [m] :	0.450
Effective heigth enlarged base [m] :	0.000

2.7.3 Pile type : Round 250

Pile type :	Micro pile, vibrated
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Round pile

beta (Shape factor) according to figure 7i, NEN-EN 9997-1:2012.
s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN-EN 9997-1:2012.

Pile dimensions :

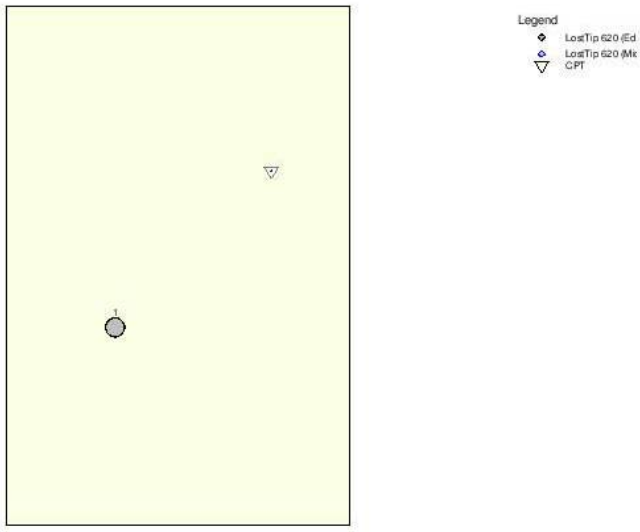
Diameter [m] :	0.250

2.8 Foundation Plan

Number of piles :	1
Number of collaborating piles* :	1

* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

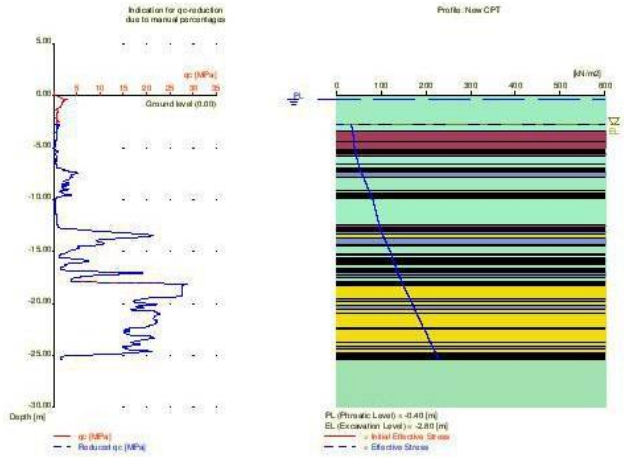
2.8.1 View of Foundation Plan



Pile nr/name	X-coor-dinate [m]	Y-coor-dinate [m]	Fc;d (STR/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	-5.00	-5.00	1.00	1.00	0.00	-2.80

2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -2.80
Reduction model : Manual



2.10 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] : 1.17
User defined Factor xi4 [-] : 0.93

2.11 Calculation Options

Use pilegroup for negative skin friction (standard)
Do not create intermediate results file
Use reduction for continuous flight auger piles (standard)
Use the influence of excavations (standard).

2.12 Model Options

Selected pile types :
- -LostTip 620
- -LostTip 470
- -Round 250

Selected profiles :
- -New CPT
- -New CPT (1)
- -New CPT (3)
- -New CPT (2)

Trajectory

-begin [m] :	-19.00
-end [m] :	-21.50
-interval [m] :	2.50

3 Bearing Piles (EC7-NL): Results of the Option Preliminary Design, Indication Bearing Ca

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor xi3 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor xi4 (NEN-EN 1997 1:2005 NEN-EN 9997-1, annex A) is user defined. is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN-EN 9997-1 art 3.2.3 lid (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 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 (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1.20
gamma;b (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1.00
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, Limit State STR/GEO) :	1.20
gamma;s (NEN-EN 9997-1:2012, annex A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1.00
xi3 (user defined) :	1.17
xi4 (user defined) :	0.93

3.3.2 Pile type : LostTip 620

Pile type :	User defined (low vibrating)

Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel:
Screw pile, cast in place, with grout

Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat:
alpha_s clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3 NEN-EN 9997-1 (i)
Note : alpha_s depends on the soiltype and relative depth.

Pile type for determination of pile class factor alpha_p :
Prefabricated screw pile with grout*

Pile type for use in load/settlement curve :	1
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Round pile with lost tip
beta (Shape factor: figuur 7i, NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(g): NEN-EN 9997-1 : Pile tip) :	0.93
s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h), NEN-EN 9997-1 : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :	1.00
Pile dimensions :	
Diameter at tip [m] :	0.620
Diameter shaft [m] :	0.600

Effective heigth enlarged base [m] : 0.000

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
New CPT	0.0090	0.0252	0.8000
New CPT (1)	0.0092	0.0257	0.8000
New CPT (3)	0.0094	0.0259	0.8000
New CPT (2)	0.0092	0.0240	0.8000

3.3.3 Pile type : LostTip 470

Pile type : User defined (low vibrating)

Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel:
Screw pile, cast in place, with grout

Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat:
alpha_s clay/loam/peat according to table 7f, NEN-EN paragraph 7.6.2.3 NEN-EN 9997-1 (i)
Note : alpha_s depends on the soiltype and relative depth.

Pile type for determination of pile class factor alpha_p :
Prefabricated screw pile with grout*

Pile type for use in load/settlement curve : 1
Materialtype for pile : Concrete
Slip layer : None
Pile shape : Round pile with lost tip
beta (Shape factor: figuur 7i, NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(g): NEN-EN 9997-1 : Pile tip) : 0.90
s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h), NEN-EN 9997-1 : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) : 1.00

Pile dimensions :
- Diameter at tip [m] : 0.470
- Diameter shaft [m] : 0.450
- Effective heigth enlarged base [m] : 0.000

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
New CPT	0.0090	0.0252	0.8000
New CPT (1)	0.0092	0.0257	0.8000
New CPT (3)	0.0094	0.0259	0.8000
New CPT (2)	0.0092	0.0240	0.8000

3.3.4 Pile type : Round 250

Pile type : Micro pile, vibrated

Materialtype for pile : Concrete
Slip layer : None
Pile shape : Round pile
beta (Shape factor: figuur 7i, NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(g): NEN-EN 9997-1 : Pile tip) : 1.00
s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h), NEN-EN 9997-1 : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) : 1.00

Pile dimensions :
- Diameter [m] : 0.250

CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
New CPT	0.0060	0.0252	0.5000
New CPT (1)	0.0062	0.0257	0.5000
New CPT (3)	0.0064	0.0259	0.5000
New CPT (2)	0.0062	0.0240	0.5000

3.4 Results Bearing Forces for Pile type : LostTip 620

CPT name	Level [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;rep [kN]	Fnsf;d [kN]	Rc;net;d [kN]
New CPT	-19.00	2674	1798	4472	3185	112	112	3073
New CPT	-21.50	3234	2705	5939	4230	112	112	4118
New CPT (1)	-19.00	2998	1960	4958	3531	130	130	3401
New CPT (1)	-21.50	4482	2777	7259	5170	130	130	5040
New CPT (3)	-19.00	2457	1980	4437	3160	105	105	3055
New CPT (3)	-21.50	3382	2837	6219	4429	105	105	4324
New CPT (2)	-19.00	1645	1477	3122	2224	105	105	2119
New CPT (2)	-21.50	3161	2238	5399	3845	105	105	3740

* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

3.5 Results Bearing Forces for Pile type : LostTip 470

CPT name	Level [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;rep [kN]	Fnsf;d [kN]	Rc;net;d [kN]
New CPT	-19.00	1565	1348	2913	2075	84	84	1991
New CPT	-21.50	1968	2029	3997	2847	84	84	2763
New CPT (1)	-19.00	1767	1470	3237	2306	97	97	2209
New CPT (1)	-21.50	2602	2083	4685	3337	97	97	3240
New CPT (3)	-19.00	1430	1485	2915	2076	78	78	1998
New CPT (3)	-21.50	2047	2128	4175	2974	78	78	2896
New CPT (2)	-19.00	950	1108	2058	1466	79	79	1387
New CPT (2)	-21.50	2074	1678	3752	2672	79	79	2593

* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

3.6 Results Bearing Forces for Pile type : Round 250

CPT name	Level [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;rep [kN]	Fnsf;d [kN]	Rc;net;d [kN]
New CPT	-19.00	376	701	1077	767	49	49	718
New CPT	-21.50	411	1012	1423	1014	49	49	965
New CPT (1)	-19.00	409	766	1175	837	55	55	782
New CPT (1)	-21.50	614	1033	1647	1173	55	55	1118
New CPT (3)	-19.00	325	771	1096	781	44	44	737
New CPT (3)	-21.50	425	1064	1489	1061	44	44	1017
New CPT (2)	-19.00	250	558	808	575	44	44	531
New CPT (2)	-21.50	527	805	1332	949	44	44	905

* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

3.7 Summary Net Bearing Capacity in kN

CPT name	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	LostTip 620 Rc;net;d [kN]	LostTip 470 Rc;net;d [kN]	Round 250 Rc;net;d [kN]
New CPT	0.00	-19.00	3073.00	1991.00	718.00
New CPT	0.00	-21.50	4118.00	2763.00	965.00
New CPT (1)	0.00	-19.00	3401.00	2209.00	782.00
New CPT (1)	0.00	-21.50	5040.00	3240.00	1118.00
New CPT (3)	1.79	-19.00	3055.00	1998.00	737.00
New CPT (3)	1.79	-21.50	4324.00	2896.00	1017.00
New CPT (2)	1.42	-19.00	2119.00	1387.00	531.00

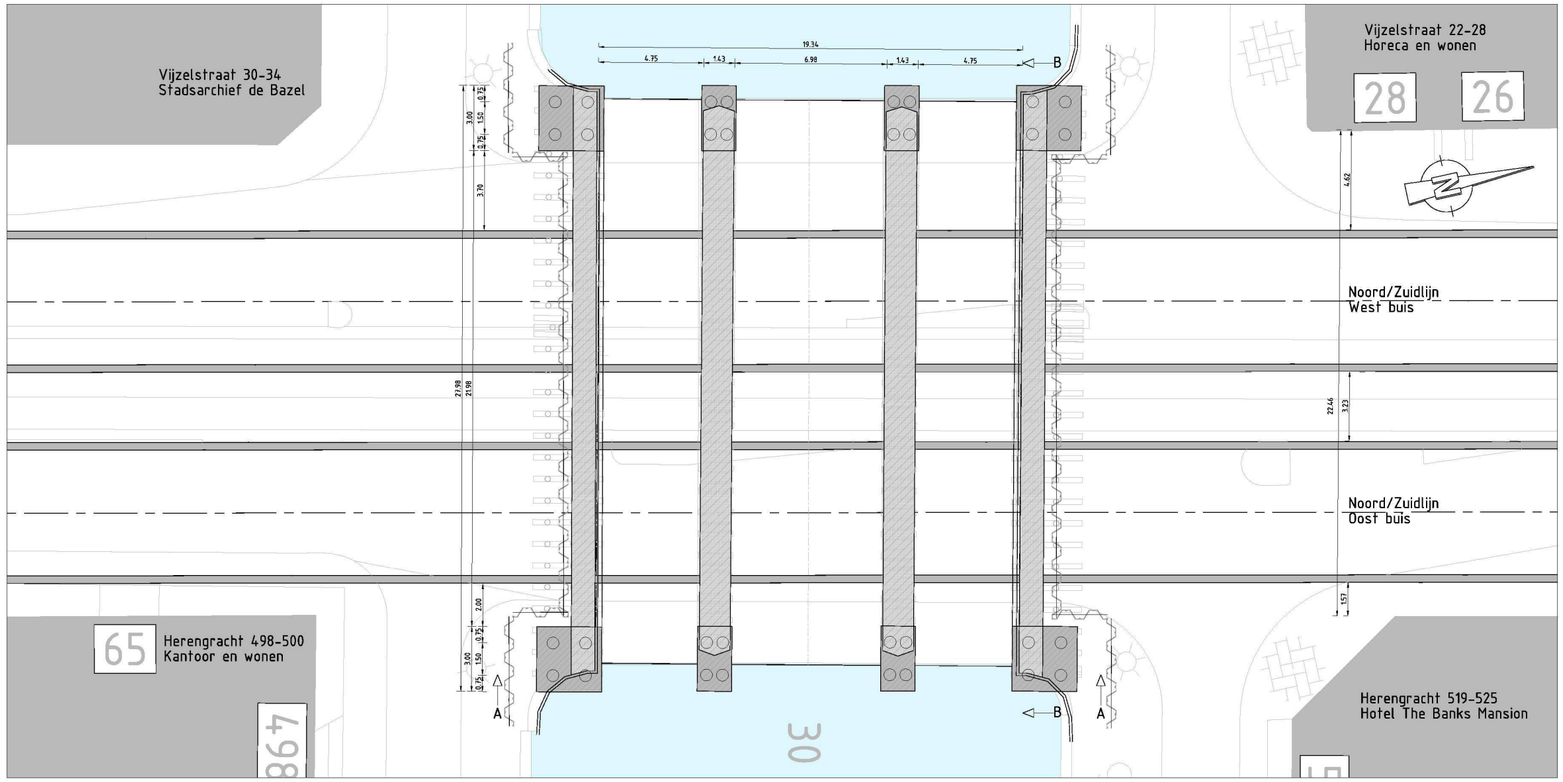
CPT name	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	LostTip 620 Rc;net;d [kN]	LostTip 470 Rc;net;d [kN]	Round 250 Rc;net;d [kN]
New CPT (2)	1.42	-21.50	3740.00	2593.00	905.00

* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

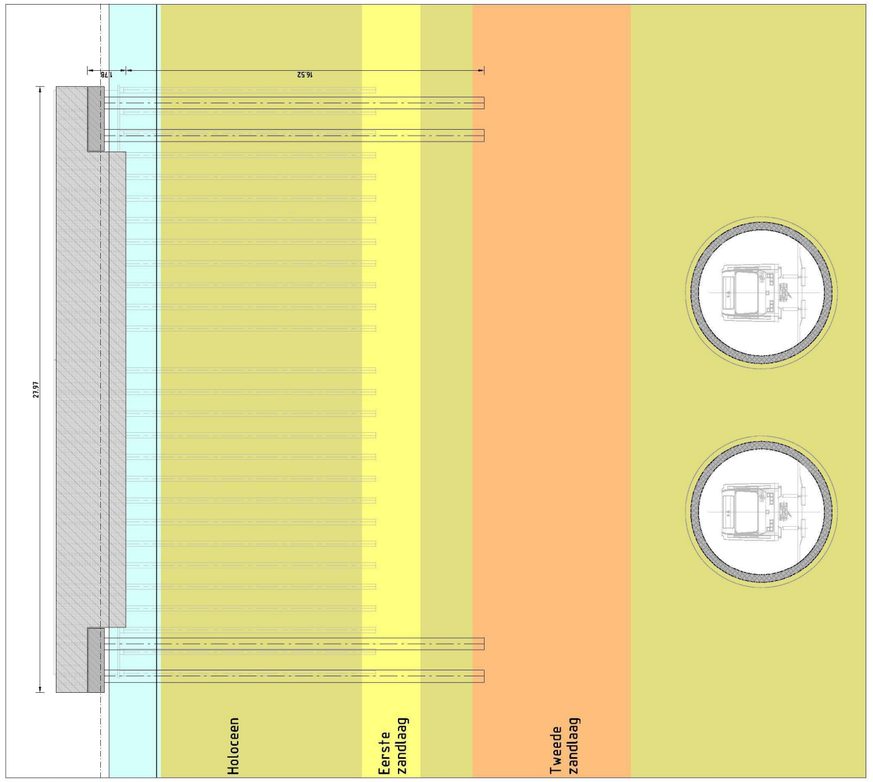
End of Report

IV

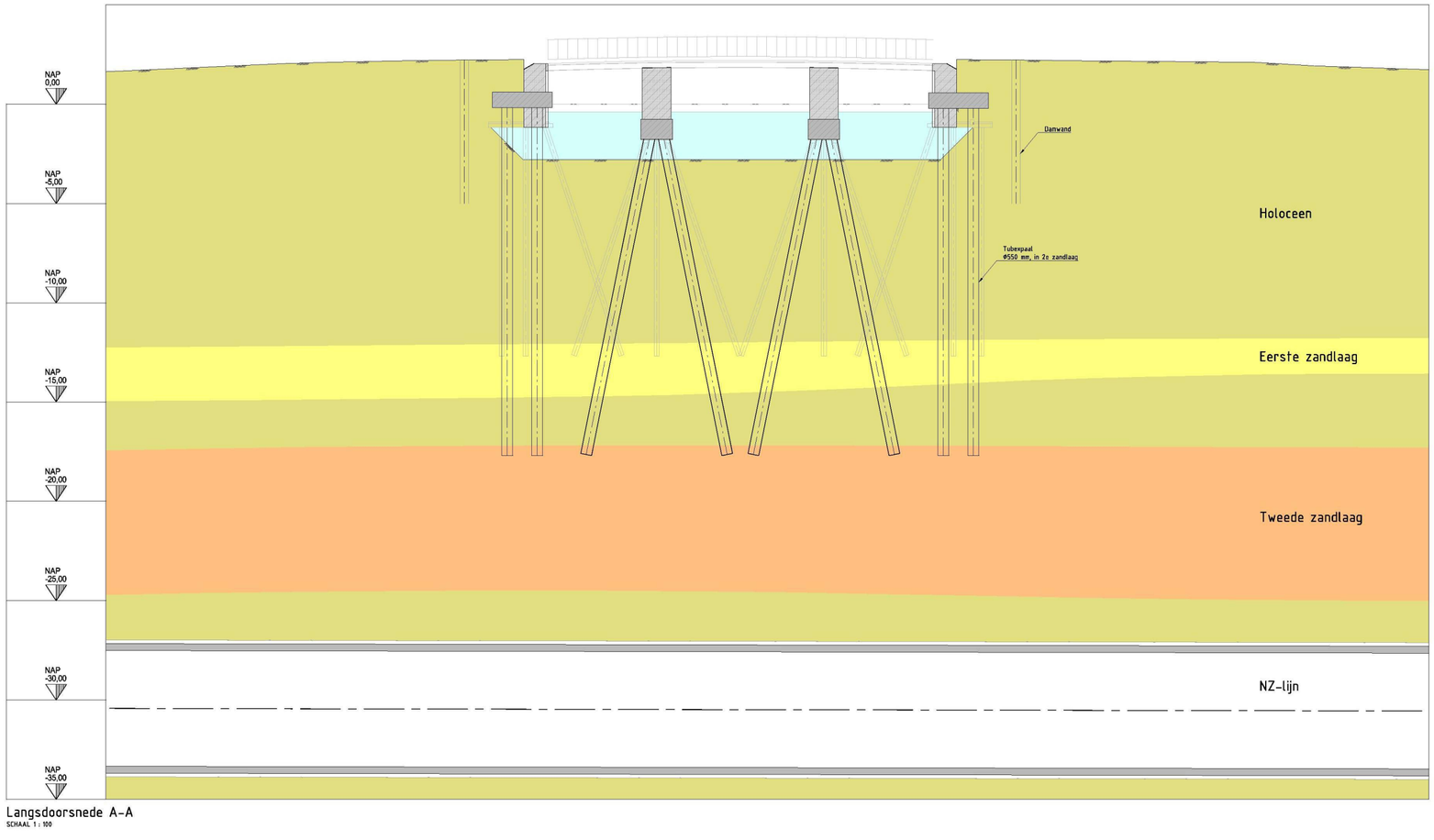
BIJLAGE: TEKENINGEN PRINCIPE CONCEPTUELE ONTWERPEN



Bovenaanzicht brug 30
SCHAAL 1 : 100



Dwarsdoorsnede B-B
SCHAAL 1 : 100



Langsdoorsnede A-A
SCHAAL 1 : 100

Legenda:

- Water
- Eerste zandlaag
- Tweede zandlaag

Variant A - Overkluizing tunnels

- Tubexpalen, Ø550 mm, h.o.h. 1,5 m
- Poeren boven waterlijn
- Funderen op tweede zandlaag
- Damwanden achter landhoofden

Opmerkingen

Maten in m
Hoogtemaatvoering in m
Hoeken in graden

Gemeente Amsterdam
Conceptueel Ontwerp bruggen 30, 41 en 70
Brug 30 - Variant A

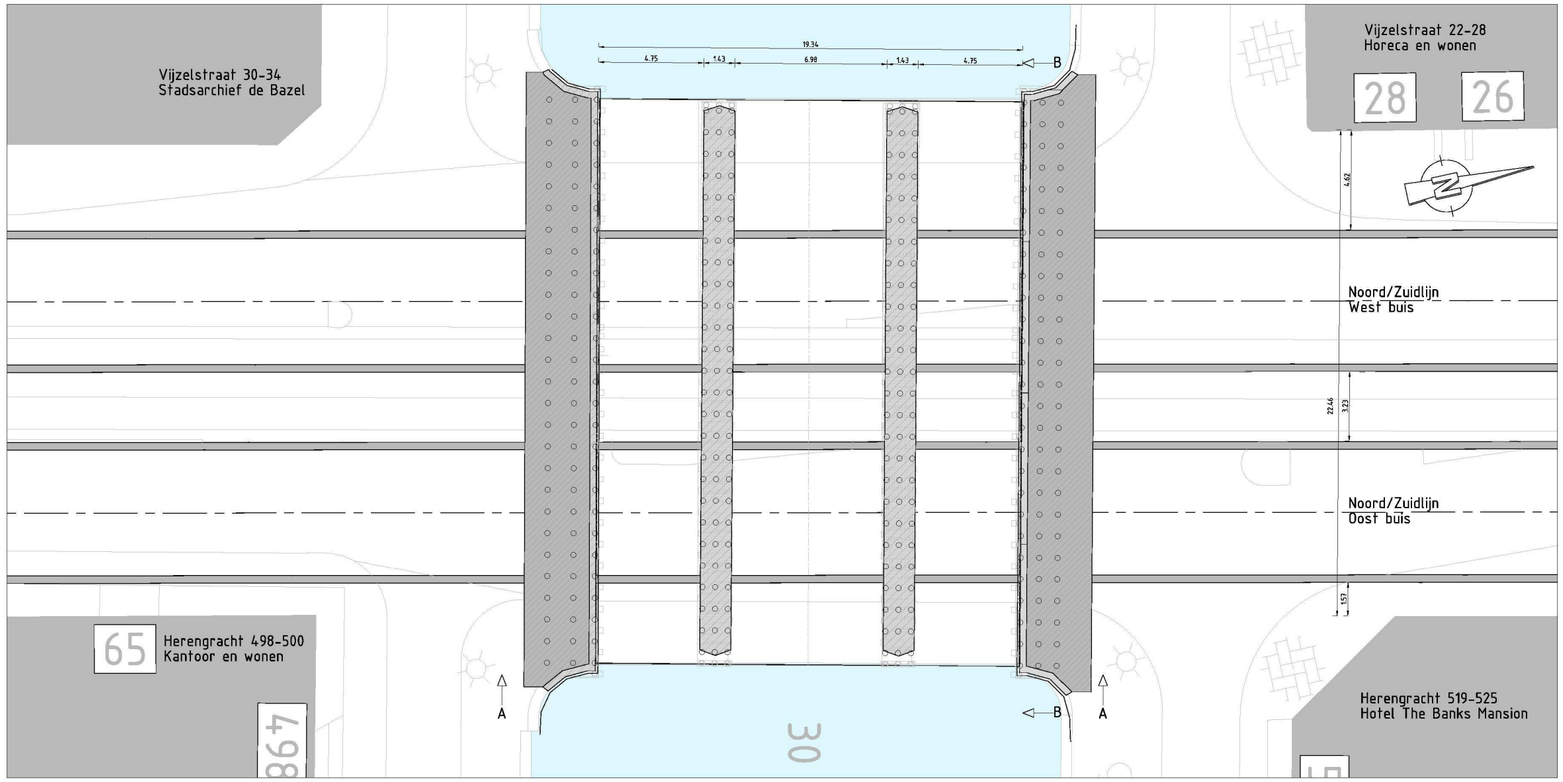
Witteveen+Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 39 11
Telefax 0570 69 39 44

Getekend	Ing. E.C. Schoen	
Gecontroleerd	Ir. T.T.B. Claus	
Goedgekeurd	Ing. L. Kalkwijk	
Datum	25-01-2016	

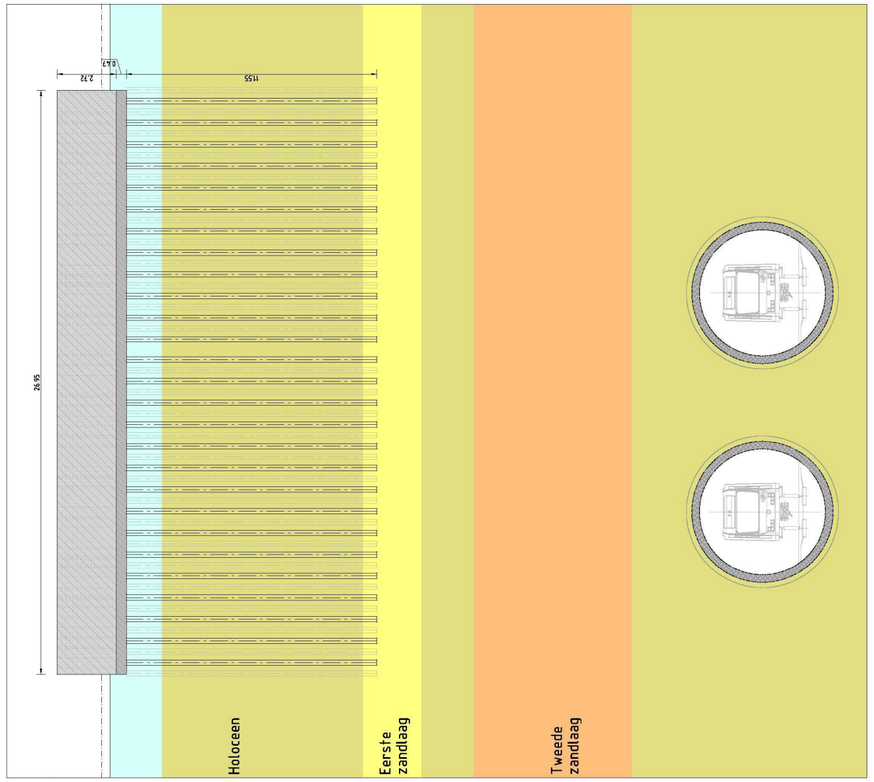
ASD1570.1001

Schaal 1:100
Formaat A0
Wijzigingen

DATUM: PLAN:ASD1570.1001.dwg BESTANDSNAAM:ASD1570.1001.dwg



Bovenaanzicht brug 30
SCHAAL 1 : 100



Dwarsdoorsnede B-B
SCHAAL 1 : 100

Langsdoorsnede A-A
SCHAAL 1 : 100

Legenda:

- Water
- Eerste zandlaag
- Tweede zandlaag

Variant B - Stalen (micro) palen boven tunnel

- Palen, Φ250 mm, h.o.h. 1,0 m
- Nieuw palenplan verschoven t.o.v. bestaand palenplan
- Funderen op eerste zandlaag

Opmerkingen

Maten in m
Hoogtemaatvoering in m
Hoeken in graden

Gemeente Amsterdam
Conceptueel Ontwerp bruggen 30, 41 en 70
Brug 30 - Variant B

Wittenveen+Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 09 11
Telefax 0570 69 09 44

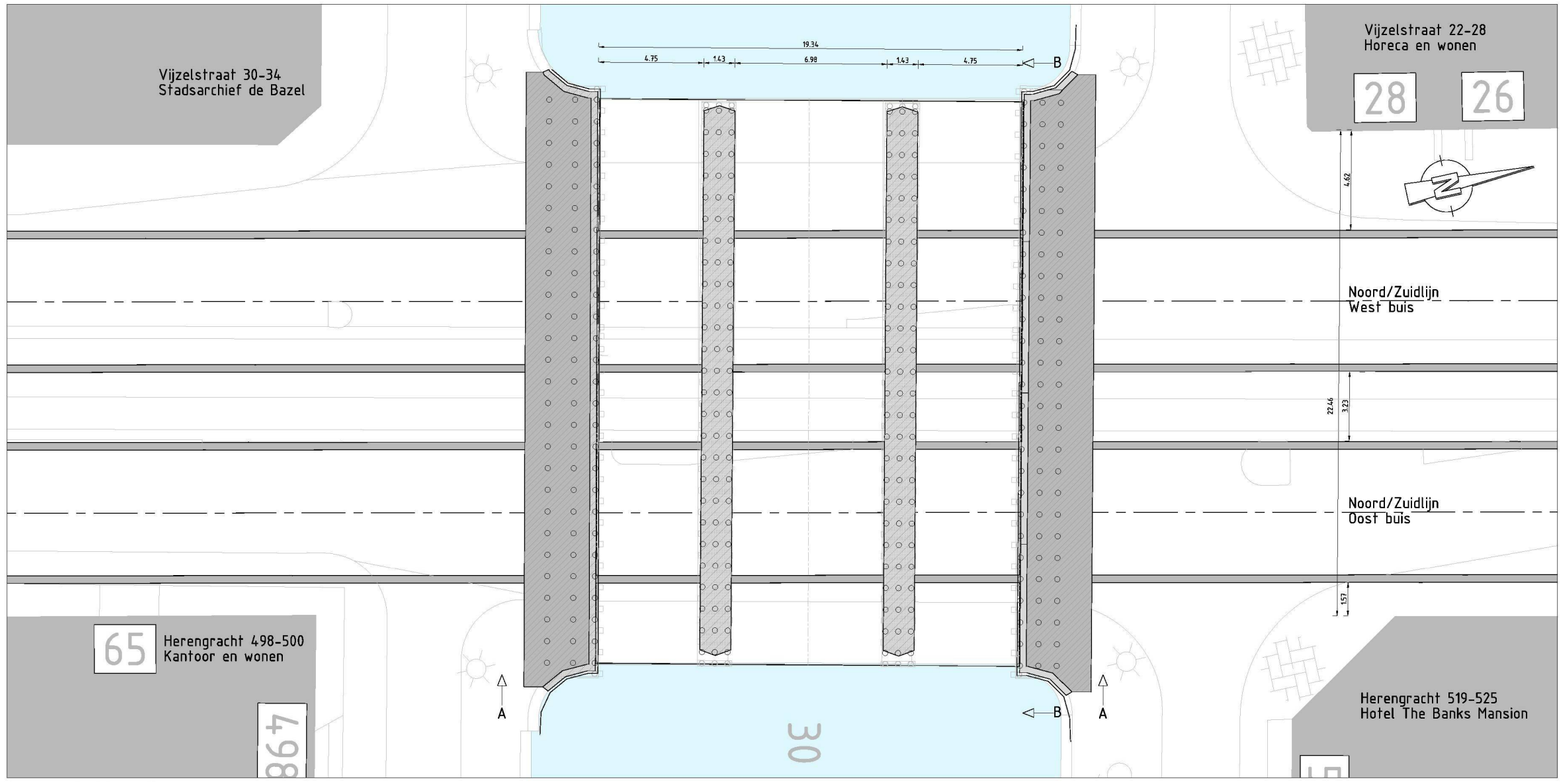
Getekend	Ing. E.C. Schoen	
Gecontroleerd	Ir. T.T.B. Claus	
Goedgekeurd	Ing. L. Kalkwijk	
Datum	25-01-2016	

ASD1570.1002

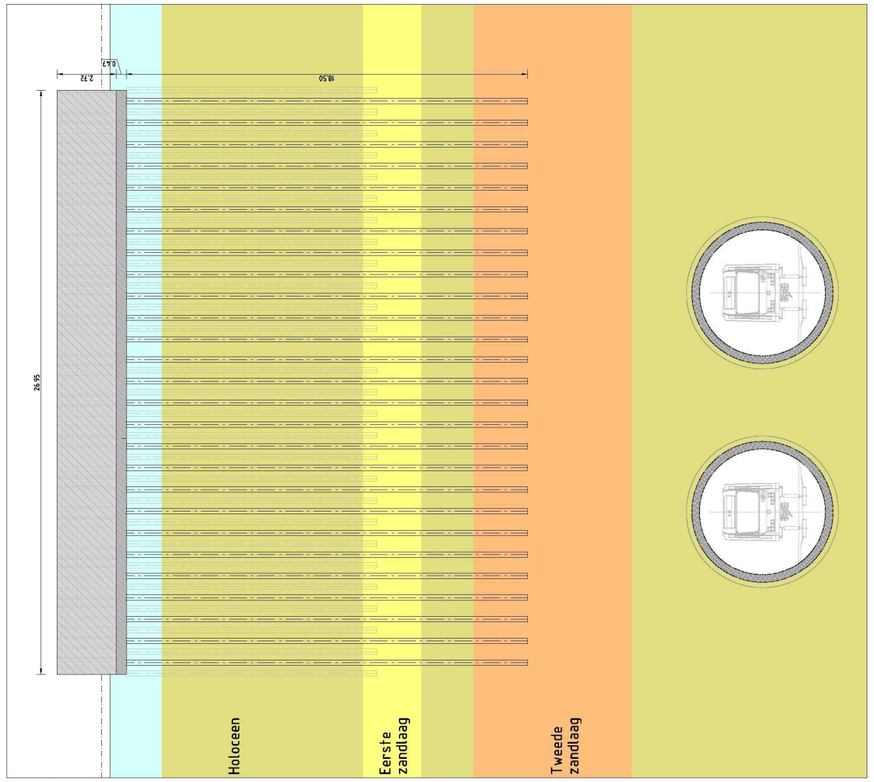
Schaal 1:100
Formaat A0

Wijzigingen
H
G
F
E
D
C
B
A

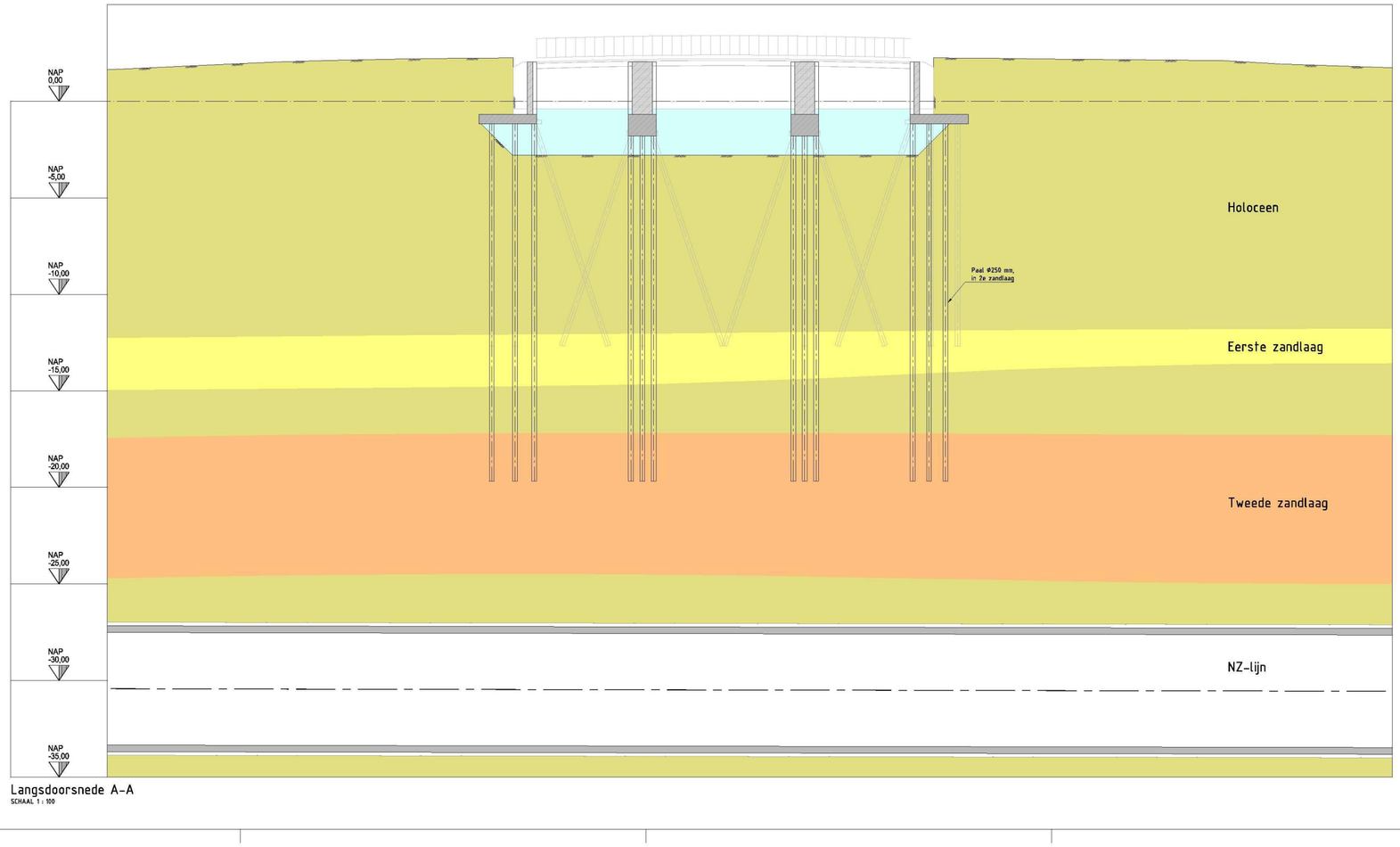
DATUM: PLAN:D:\ASD\1570\1002\Brug 30 Variant B\Tekeningen\ASD1570.1002.dwg



Bovenaanzicht brug 30
SCHAAL 1 : 100



Dwarsdoorsnede B-B
SCHAAL 1 : 100



Langsdoorsnede A-A
SCHAAL 1 : 100

Legenda:

- Water
- Eerste zandlaag
- Tweede zandlaag

Variant C - Stalen (micro) palen boven tunnel

- Palen, Ø250 mm, h.o.h. 1,0 m
- Nieuw palenplan verschoven t.o.v. bestaand palenplan
- Funderen op tweede zandlaag

Opmerkingen

Maten in m
Hoogtemaatvoering in m
Hoeken in graden

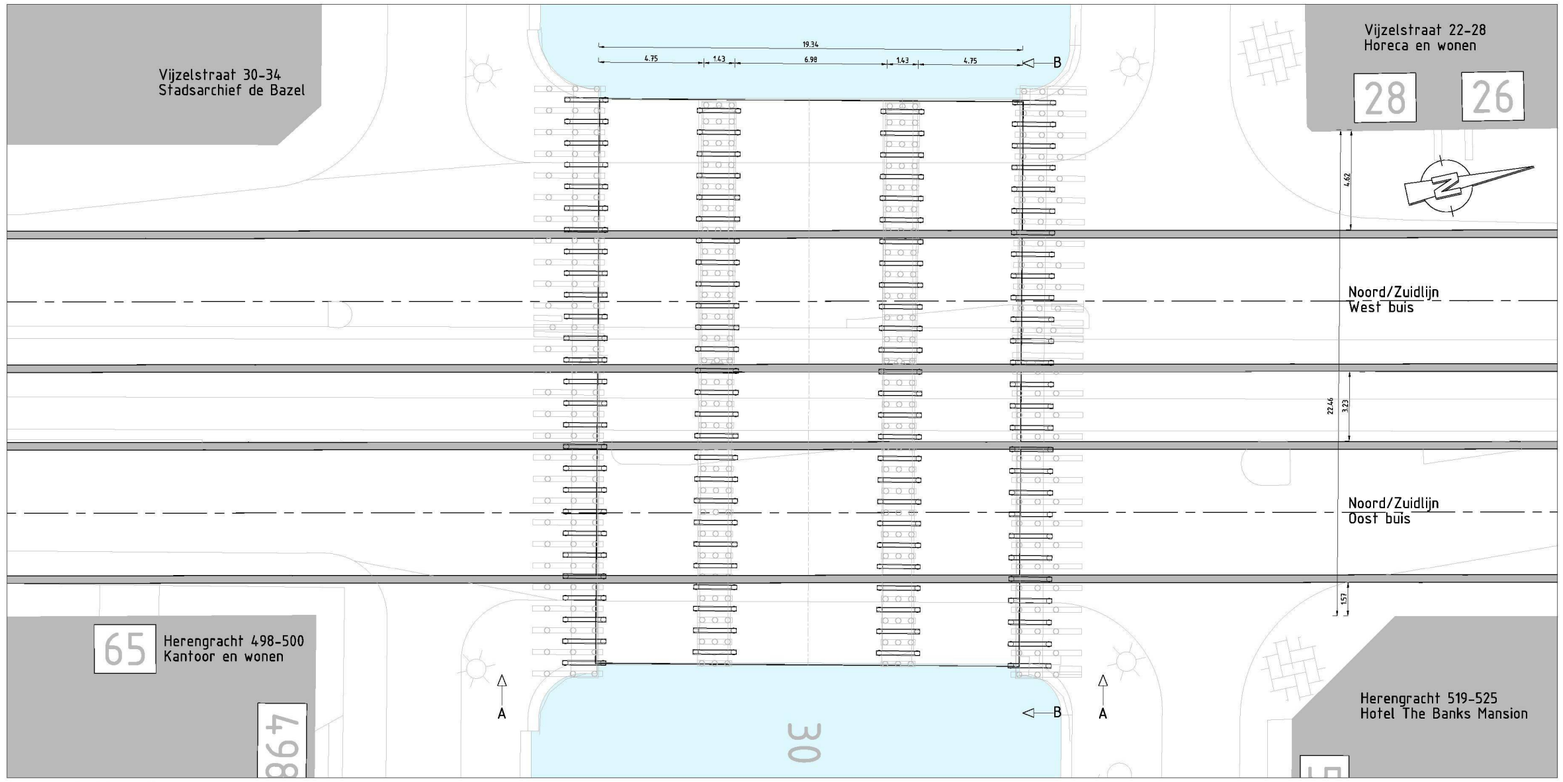
Gemeente Amsterdam
Conceptueel Ontwerp bruggen 30, 41 en 70
Brug 30 - Variant C

Wijzigingen	
Schaal	1:100
Getekend	Ing. E.C. Schoen
Gecontroleerd	Ir. T.T.B. Claus
Goedgekeurd	Ing. L. Kalwij
Datum	25-01-2016
Formaat	A0

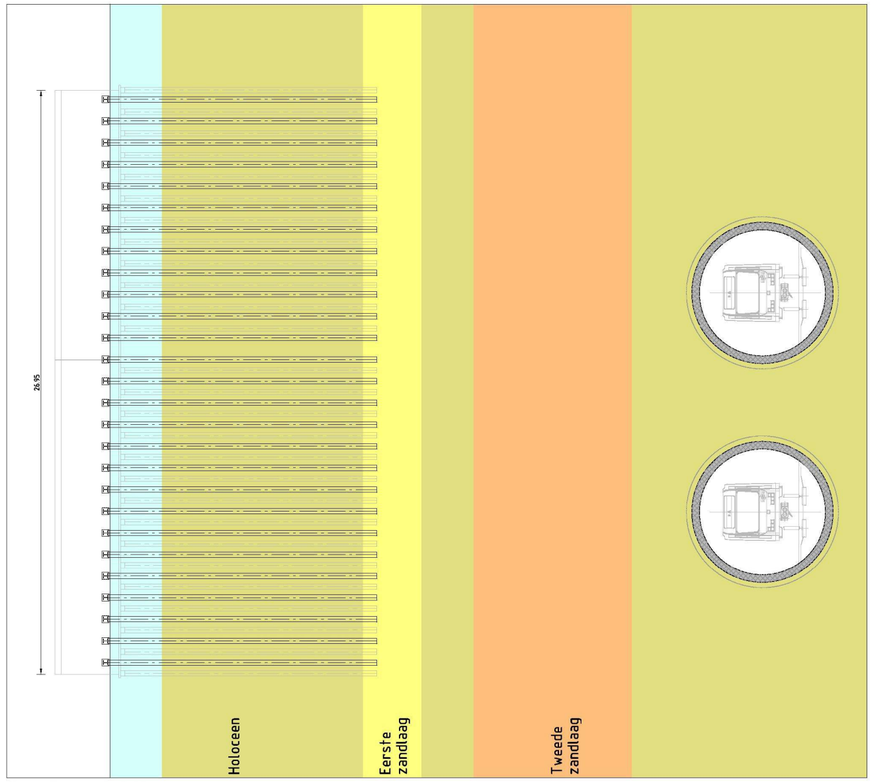
Witteveen+Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 39 11
Telefax 0570 69 39 44

ASD1570.1003

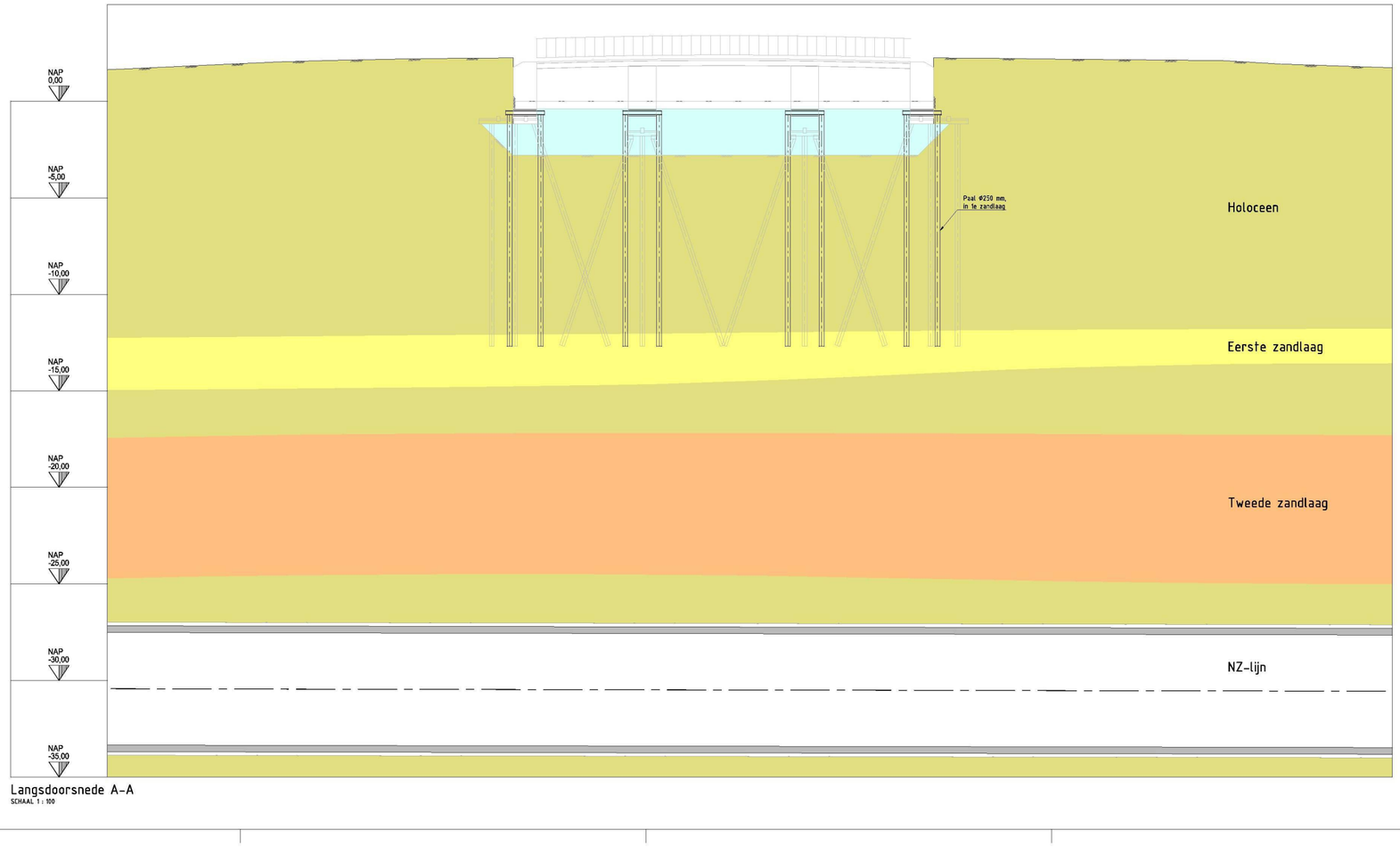
DATEI: P:\AMSADAS\1570.1\tek\1003\Brug 30 variant variantC\ASD1570.1003.dwg



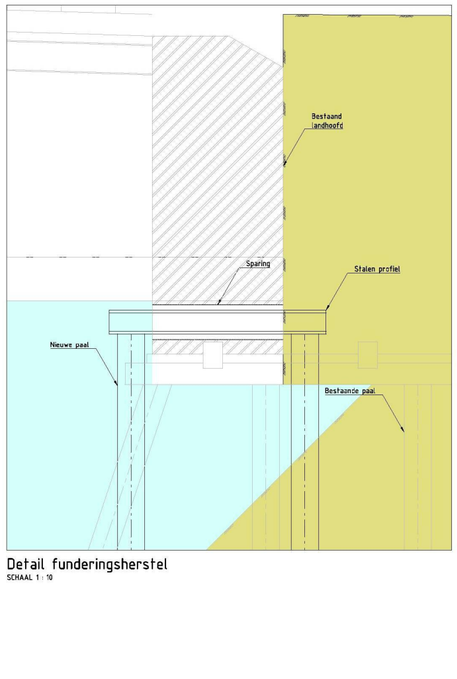
Bovenaanzicht brug 30
SCHAAL 1 : 100



Dwarsdoorsnede B-B
SCHAAL 1 : 100



Langsdoorsnede A-A
SCHAAL 1 : 100



Detail funderingsherstel
SCHAAL 1 : 10

Legenda:

- Water
- Eerste zandlaag
- Tweede zandlaag

Variant D - Funderingsherstel

- Palen landhoofd, Φ250 mm, h.o.h. 1,0 m
- Stalen profiel HEM200 door sparing
- Funderen op eerste zandlaag

Opmerkingen

Maten in m
Hoogtemaatvoering in m
Hoeken in graden

Gemeente Amsterdam
Conceptueel Ontwerp bruggen 30, 41 en 70
Brug 30 - Variant D

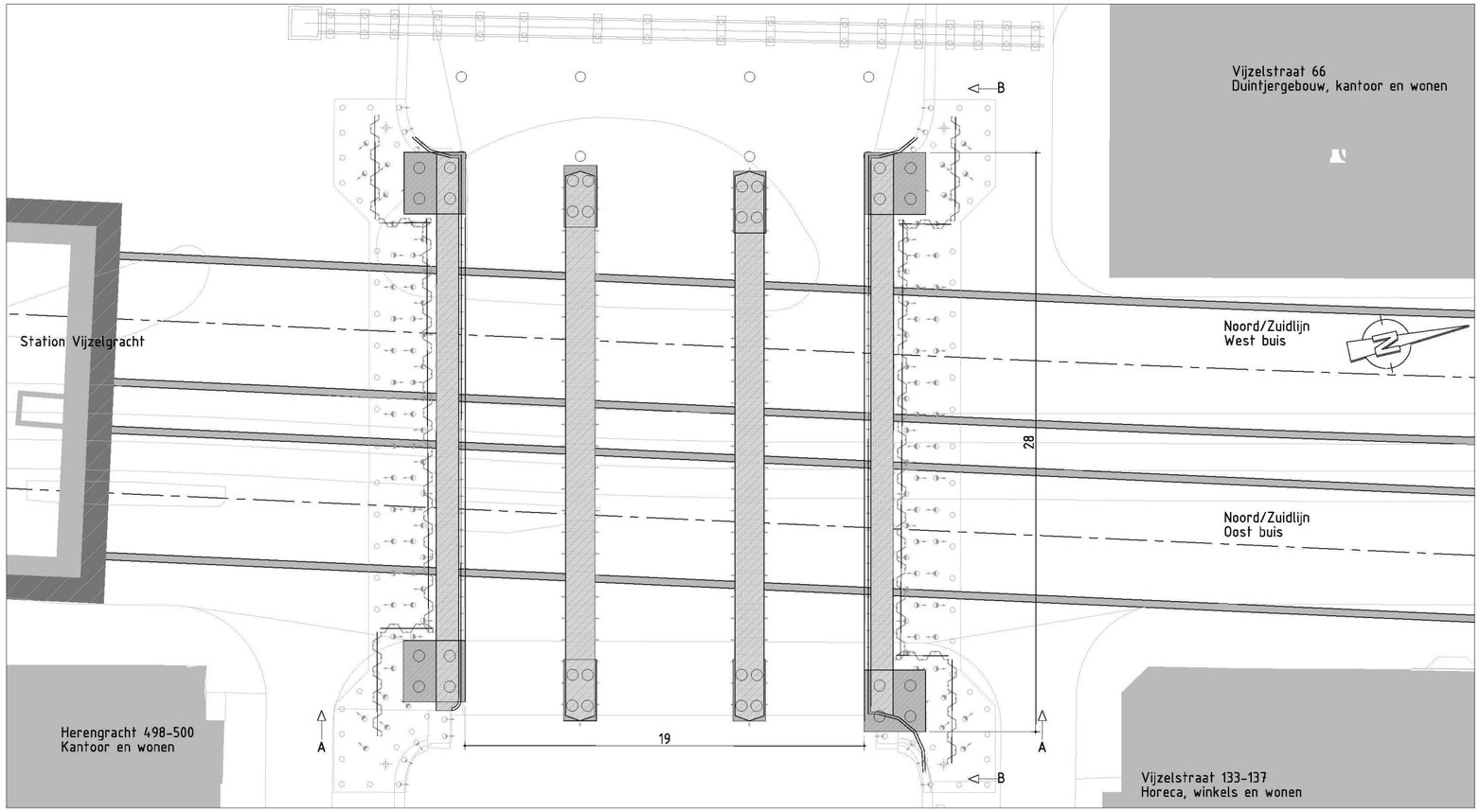
Witteveen+Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 39 11
Telefax 0570 69 39 44

Getekend	Ing. E.C. Schoen
Gecontroleerd	Ir. T.T.B. Claus
Goedgekeurd	Ing. L. Kalkwijk
Datum	25-01-2016

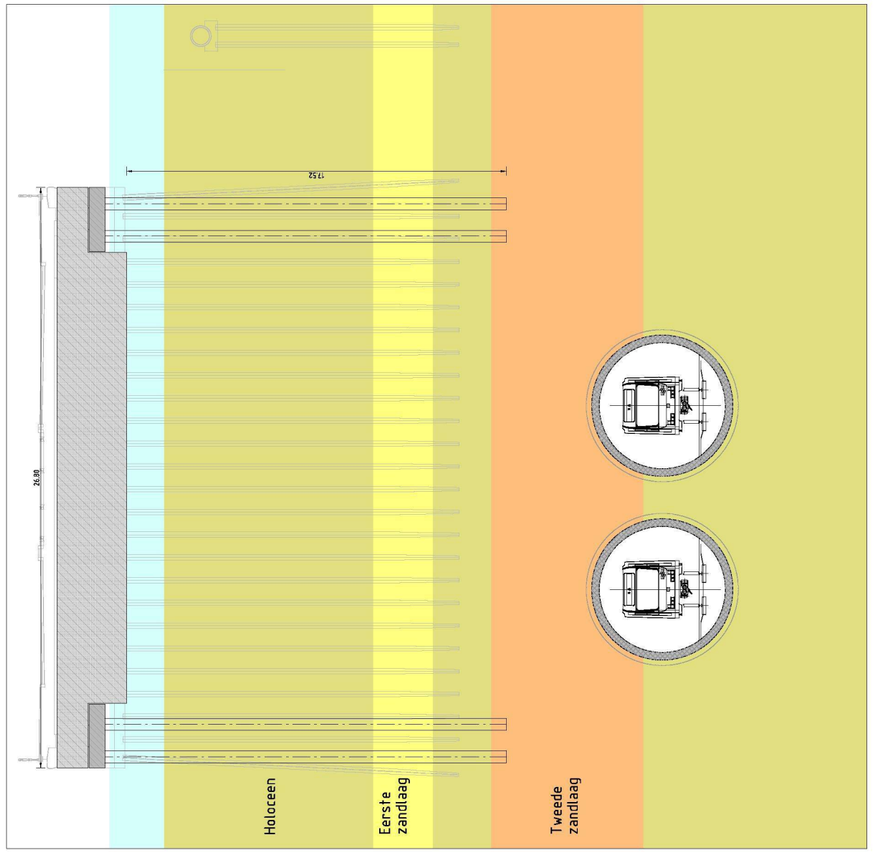
ASD1570.1004

Wijzigingen
Schaal 1:100 / 1:10
Formaat A0

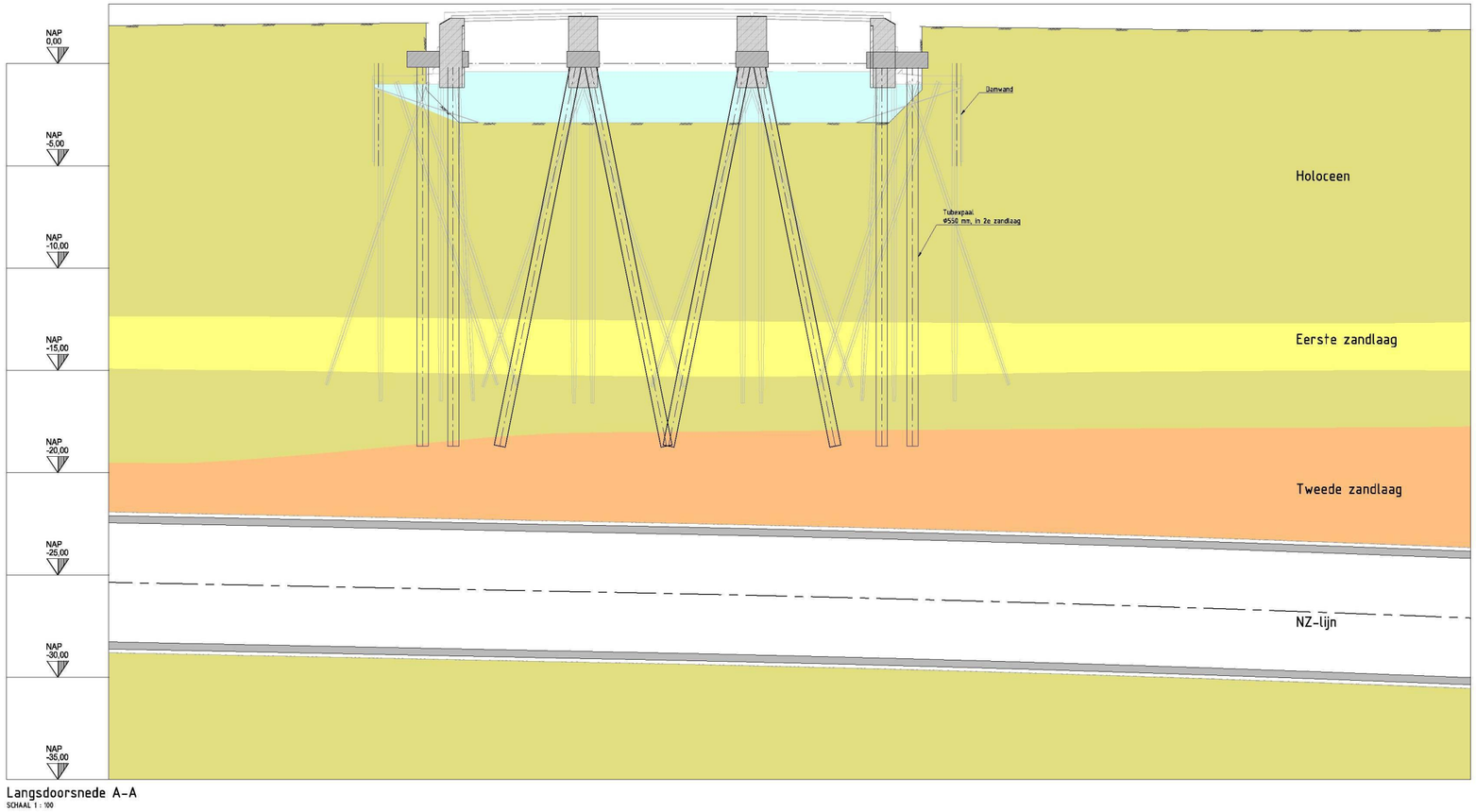
DATEI: P:\ASD\ASD1570_Nuon\1000\Dwg\Brug 30\Tekeningen\ASD1570.1004.dwg



Bovenaanzicht brug 30
SCHAAL 1 : 100



Dwarsdoorsnede B-B
SCHAAL 1 : 100



Langsdoorsnede A-A
SCHAAL 1 : 100

Legenda:

- Water
- Eerste zandlaag
- Tweede zandlaag

Variant A - Overkluizing tunnels

- Tubexpalen, Ø550 mm, h.c.h. 1.5 m
- Peeren boven waterlijn
- Funderen op tweede zandlaag
- Damwanden achter landhoofden

Opmerkingen

Maten in m
Hoogtemaatvoering in m
Hoeken in graden

Gemeente Amsterdam
Conceptueel Ontwerp bruggen 30, 41 en 70

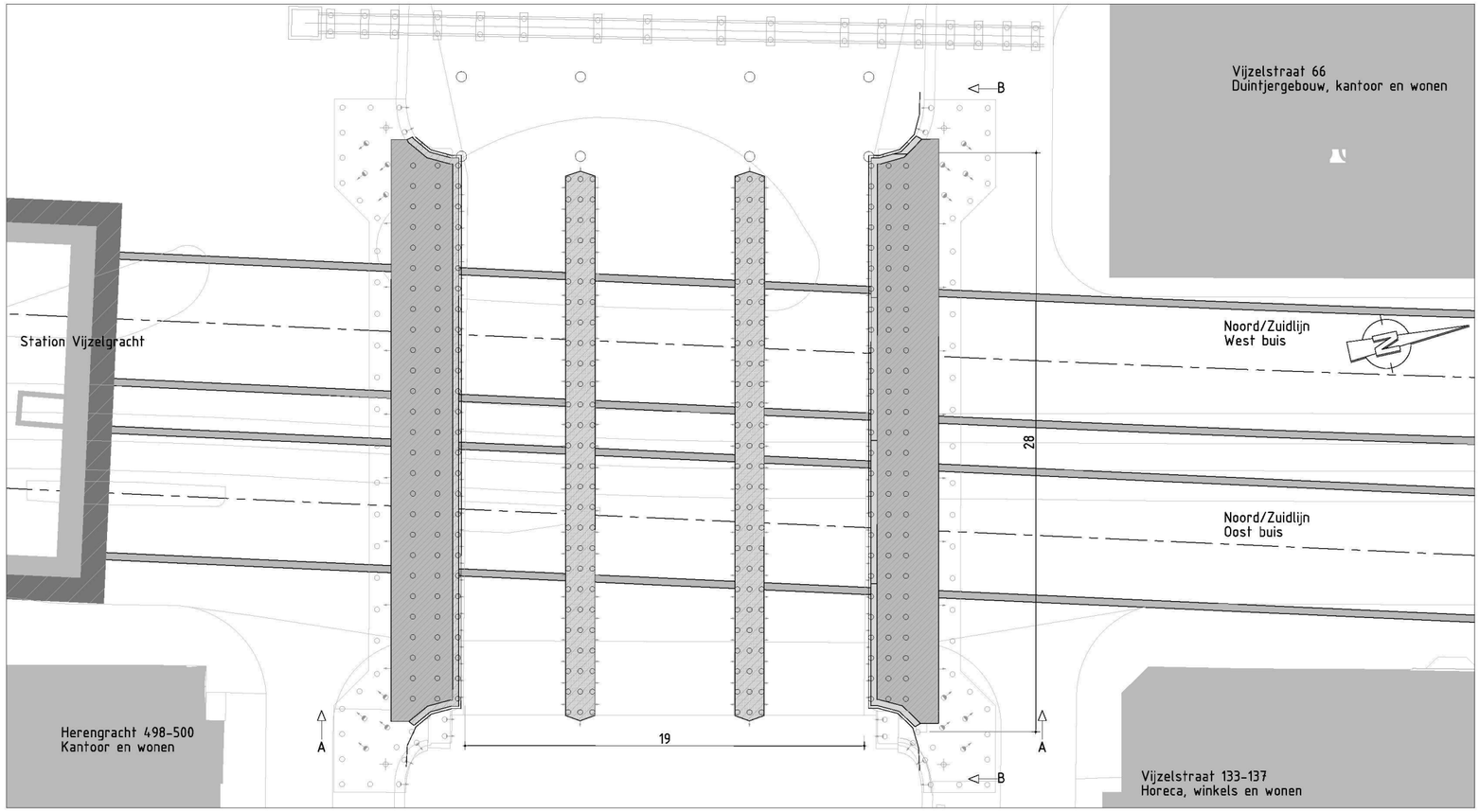
Brug 70 - Variant A

Witteveen+Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44

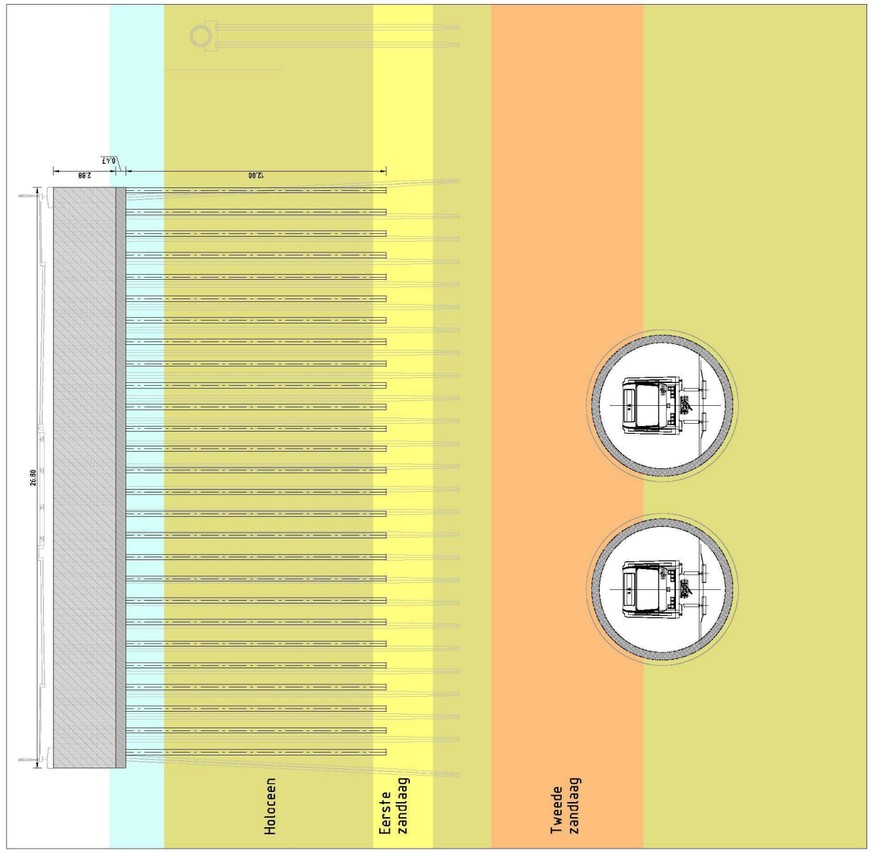
Getekend	ing. E.C. Schoen	Schaal	1:100
Gecontroleerd	ir. T.T.B. Claus	ASD1570.1005	
Goedgekeurd	ing. L. Kalwij		
Datum	25-01-2016	Formaat	A0

Wijzigingen
A
B
C
D
E
F
G

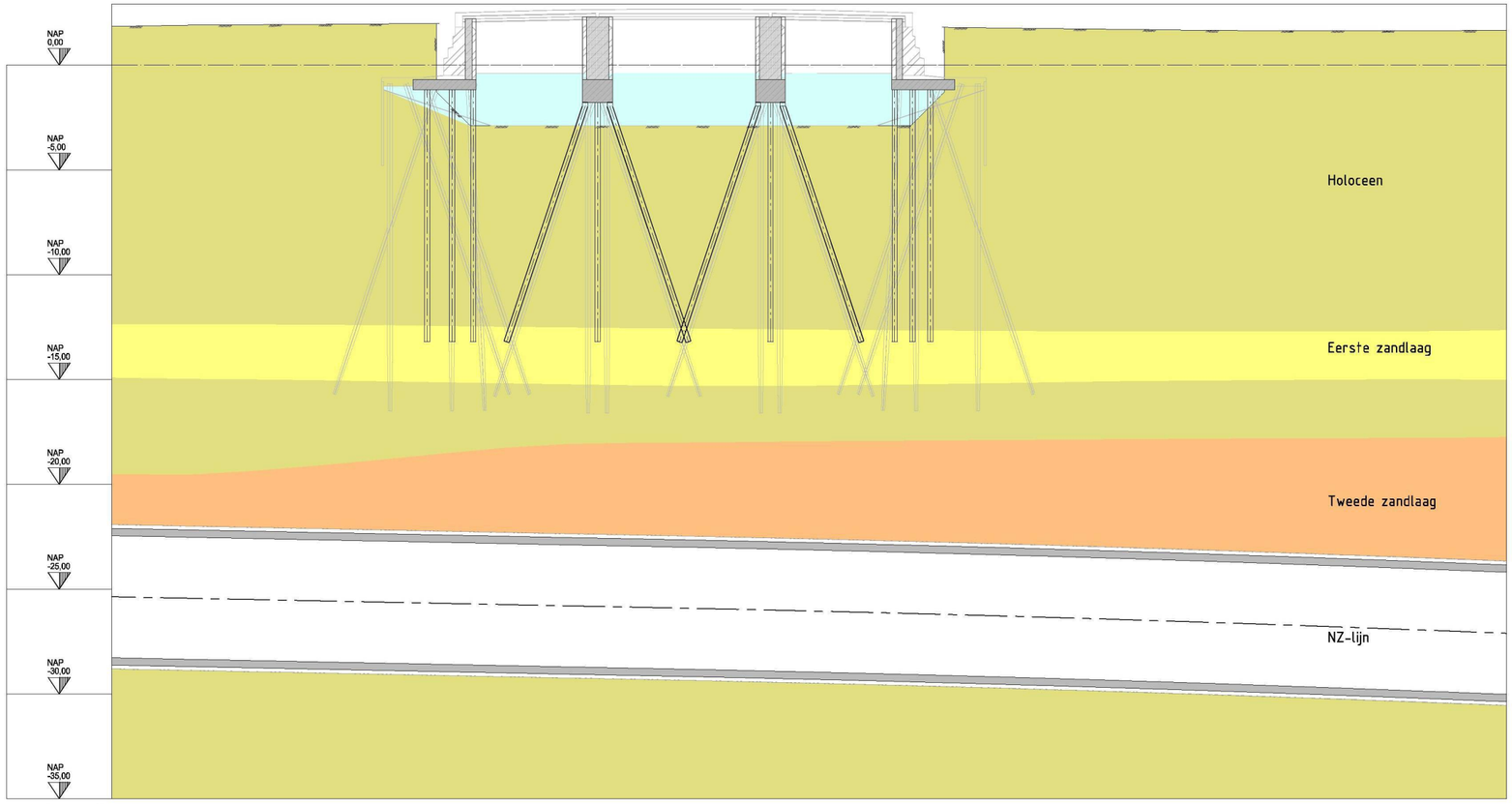
Bestand: G:\Projecten\ASD1570\Tekeningen\ASD1570.1005.dwg



Bovenaanzicht brug 30
SCHAAL 1 : 100



Dwarsdoorsnede B-B
SCHAAL 1 : 100



Langsdoorsnede A-A
SCHAAL 1 : 100

Legenda:

- Water
- Eerste zandlaag
- Tweede zandlaag

Variant B - Stalen (micro) palen boven tunnel

- Palen, Φ250 mm, h.o.h. 1.0 m
- Nieuw palenplan verschoven t.o.v. bestaand palenplan
- Funderen op eerste zandlaag

Opmerkingen

Maten in m
Hoogtemaatvoering in m
Hoeken in graden

Gemeente Amsterdam
Conceptueel Ontwerp bruggen 30, 41 en 70

Brug 70 - Variant B

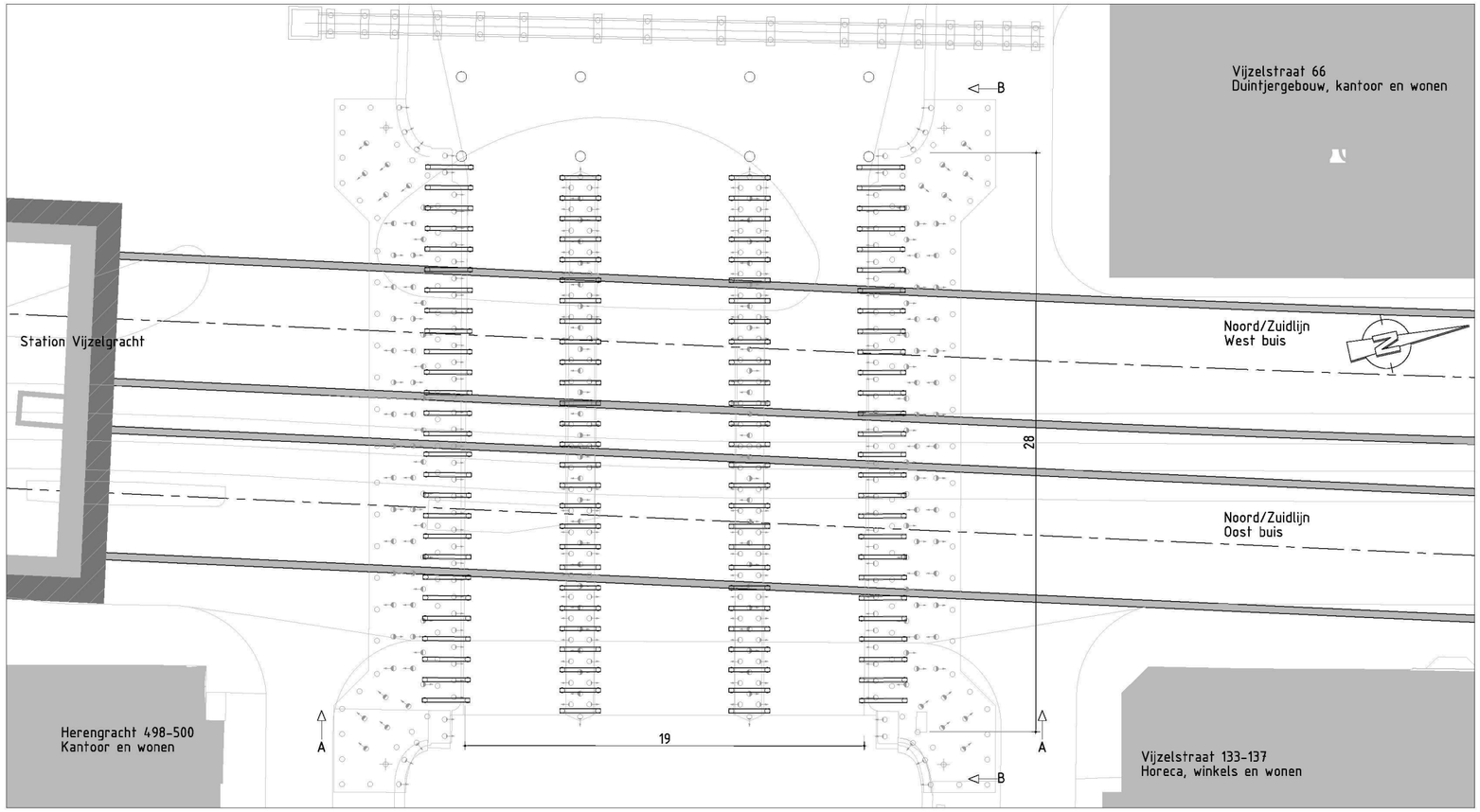
Witteveen+Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 76 11
Telefax 0570 69 73 44

Getekend	ing. E.C. Schoen	Schaal	1:100
Gecontroleerd	ir. T.T.B. Claus		
Goedgekeurd	ing. L. Kalwij	ASD1570.1006	
Datum	25-01-2016	Formaat	A0

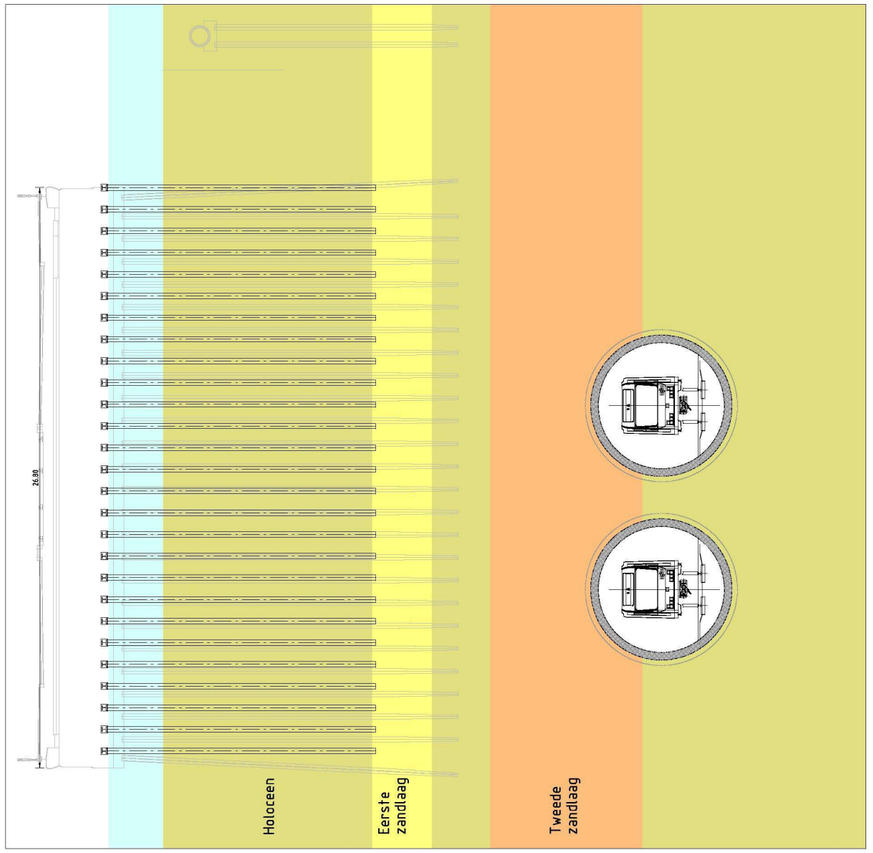
Wijzigingen

G
F
E
D
C
B
A

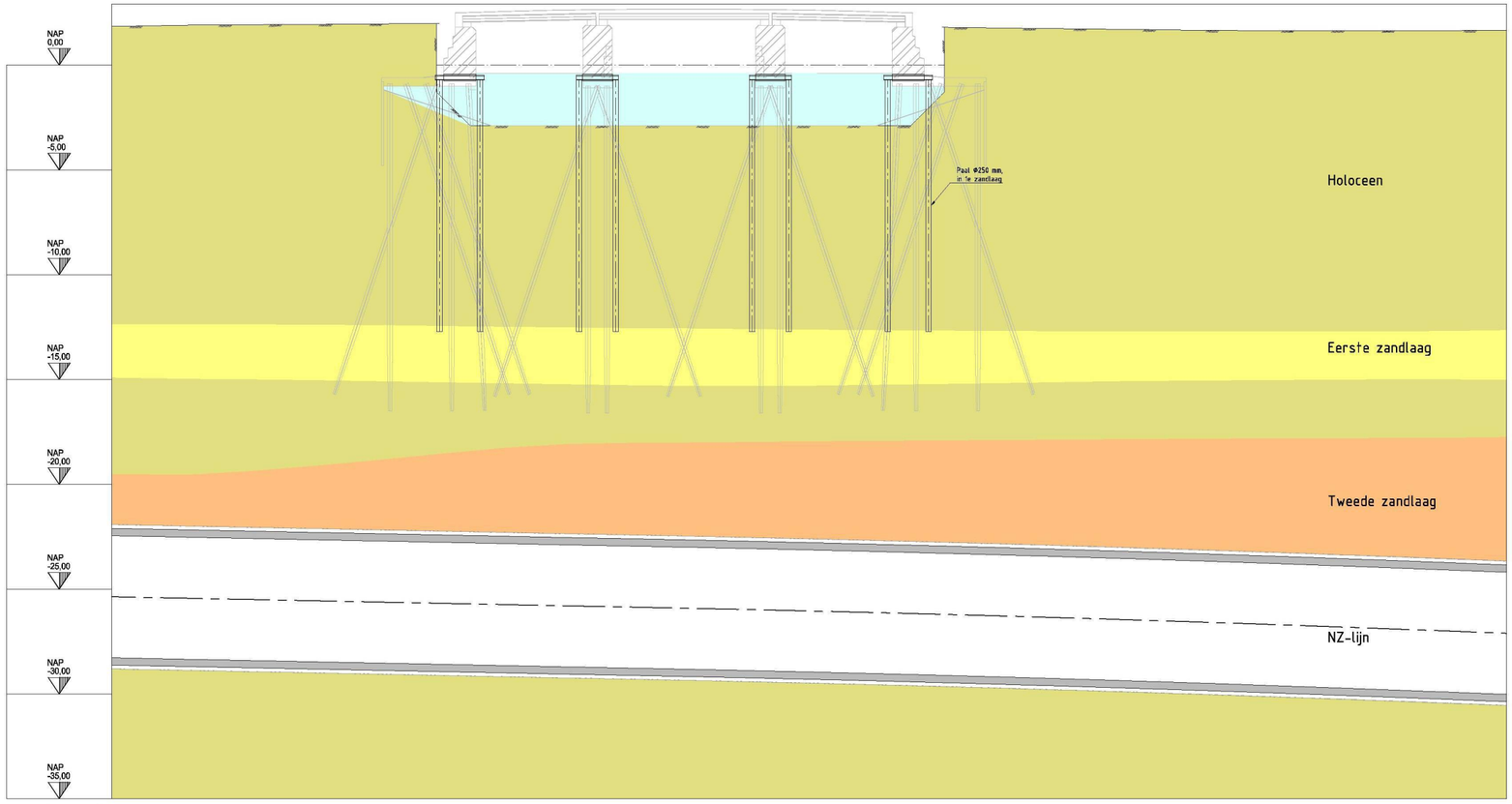
Deze tekening is eigendom van Witteveen+Bos en mag zonder schriftelijke toestemming niet worden gekopieerd of aan derden worden verstrekt.



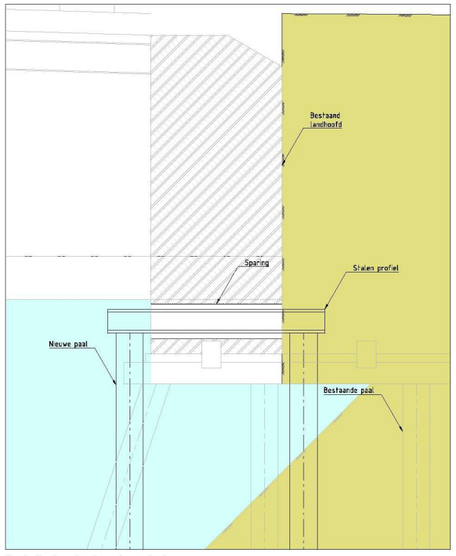
Bovenaanzicht brug 30
SCHAAL 1 : 100



Dwarsdoorsnede B-B
SCHAAL 1 : 100



Langsdoorsnede A-A
SCHAAL 1 : 100



Detail funderingsherstel
SCHAAL 1 : 10

Legenda:

- Water
- Eerste zandlaag
- Tweede zandlaag

Variant D - Funderingsherstel

- Palen lanchoofd, Ø250 mm, h.o.h. 1,0 m
- Stalen profiel HEM200 door sparing
- Funderen op eerste zandlaag

Opmerkingen

Maten in m
Hoogtemaatvoering in m
Hoeken in graden

Gemeente Amsterdam
Conceptueel Ontwerp bruggen 30, 41 en 70

Brug 70 - Variant D

Witteveen+Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 95 11
Telefax 0570 69 73 44

Getekend	ing. E.C. Schoen	Schaal	1:100
Gecontroleerd	ir. T.T.B. Claus	ASD1570.1007	
Goedgekeurd	ing. L. Kalwij		
Datum	25-01-2016	Formaat	A0

Wijzigingen
G
F
E
D
C
B
A

Bestandsnaam:D:\Projecten\ASD1570\Tekeningen\Brug 70\Brug 70 Variant D.dwg
Plotdatum:25-01-2016 15:36
CAD