

Afstudeerrapport

OEVERVERBINDING 5^e BINNENVESTGRACHT - CLUSIUSTUIN



Auteur:	Mike Nicolai
Datum van wijzigen:	31/05/2012
Versie:	Definitief

SAMENVATTING

Haalbaarheidsstudie verbinding 5^e Binnenvestgracht - Clusiustuin

Nergens in Nederland, en misschien zelfs wel West-Europa, is een singelstructuur te vinden als die in Leiden. Niet alleen is de omvang uniek. De singelrand is ook nog mooi intact. Langs de singels vind je prachtige (historische) plekken. Naast de historische plekken zijn er verschillende parken te vinden. En dat op zo'n korte afstand van de historische binnenstad, die volledig omringd is door water. De omwonenden van de singels en bezoekers van de stad maken echter weinig gebruik van de voordelen die ze bieden. Dat komt omdat veel plekken slecht bereikbaar of zelfs ontoegankelijk zijn en omdat sommige delen er niet erg fraai bijliggen. En dat is jammer want de plekken bieden veel mogelijkheden en kansen. De meest dichtbebouwde stad van Nederland (Leiden) heeft de ambitie om deze open, onbebouwde ruimte optimaal te benutten. Samen met de stad(spartners) kan, met de juiste instelling en ambitie, het langste (binnen) stadspark van Nederland ontstaan. Om dit te bereiken hebben eerder genoemde partijen gezamenlijk het Singelplan opgesteld. In dit plan is een wandelroute uitgestippeld die het gehele stelsel van parken en historische plekken langs de Leidse Singel aansnijdt en verbindt.

Het Singelplanproject is opgedeeld in 10 deelgebieden. De afstudeeropdracht heeft betrekking op deelgebied 8: Sterrenwacht / Hortus Botanicus. Al lopende langs de 5^e Binnenvestgracht is de sfeer van de Hortus ook vanaf de buitenzijde direct beleefbaar. De wandelroute loopt aan het einde van de 5^e Binnenvestgracht echter dood. De route vervolgt zijn weg via een vlonderachtige/half-verzonken constructie, door de overkluizing onder het universiteitsspan, verder naar de Clusiustuin. Vanaf daar kan de rest van de Singelroute worden vervolgd. Op deze manier wordt het optimaal benutten van deelgebied 8, ruimtelijk benadrukt.

Om een dergelijk plan te kunnen verantwoorden is deze haalbaarheidsstudie

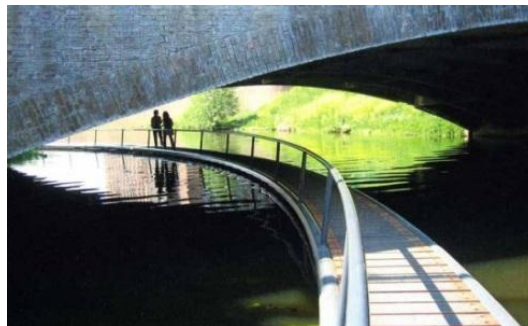
uitgevoerd naar de verbinding tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin. Onderdeel van de haalbaarheidsstudie is het opstellen van het Programma van Eisen. De belangrijkste eisen/knelpunten binnen het project zijn het intact houden van het karakter van de 5^e Binnenvestgracht, het op de juiste manier benutten van de duiker door het universiteitsgebouw én alle partijen zich in het ontwerp kunnen laten vinden.

Vervolgens is er gestart met het uitvoeren van een tweetal alternatieven & variantenstudies. In deze studies zijn, ten behoeve van het probleem, verscheidene oplossingen in de vorm van ontwerpen (alternatieven en daaruit volgende varianten) gecreëerd. Alle alternatieven zijn afgestemd

op de eisen/wensen uit het Programma van Eisen. De volgende stap is het tegen elkaar afwegen van de alternatieven door middel van een Multi Criteria Analyse en de EDI-aspecten. Op deze manier zijn

de twee meest geschikte alternatieven geselecteerd. De twee meest geschikte alternatieven zijn in de alternatieven & variantenstudies vervolgens uitgewerkt tot verscheidene varianten. Deze varianten zijn ten opzichte van elkaar verder afgewogen op basis van argumentatie. Dit proces leverde uiteindelijk twee winnende varianten op de twee meest geschikte alternatieven op.

De winnende varianten, te weten de Vlonderbrug op paalfundering en de Duikbrug met combi-wanden van PMMA/PC, zijn verder uitgewerkt tot twee voorlopig ontwerpen. Ter ondersteuning van het ontwerp zijn er berekeningen uitgevoerd ten behoeve van zaken als de constructie en fundering. De ontwerpen kunnen in overleg met de andere betrokken partijen eventueel aangepast en eventueel verder uitgewerkt tot definitieve ontwerpen.



VOORWOORD

Dit document betreft mijn afstudeerwerk en tevens afsluiting van mijn opleiding Civiele Techniek met de specialisatie Waterbouw (HBO). Het afstudeerwerk is, gedurende mijn (afstudeer-) stageperiode op het Ingenieursbureau van de Gemeente Leiden, in samenwerking met de opleiding Civiele Techniek op de Haagse Hoge School, tot stand gekomen. Deze afstudeerperiode vond plaats van begin februari 2012 tot en met eind juni 2012.

Wat u in dit document zult aantreffen zijn verwerkingen van alle bevindingen die ik gedurende mijn afstudeerperiode heb gedaan.

Gaarne zou ik van deze gelegenheid gebruik willen maken om mijn dankwoord te richten aan iedereen die mij geholpen en gesteund heeft om tot dit, naar mijn eigen bescheiden mening, mooie eindresultaat te komen.

Mijn speciale dank gaat hierbij ten eerste uit naar mijn begeleiders op het Ingenieursbureau van de gemeente Leiden; de heren M. Romijn, R. Schellingerhout en M. Belt, ten tweede mijn stagebegeleiders vanuit mijn opleiding; de heren R. Weersink en W. Bharos én ten slotte mijn vader S. Nicolai, moeder M. Nicolai en vriendin M. Boogmans, wiens hulp en steun zonder meer cruciaal is gebleken voor het succesvol afronden van mijn onderzoek.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Voorwoord	3
1. Inleiding	5
2. Colofon	6
2.1. Student	6
2.2. Betrokken Partijen	6
3. Het Afstudeerproject	8
3.1. Probleemomschrijving	8
3.2. Probleemstelling	8
3.3. Hoofd- en deelvragen	9
3.4. De Overeengekomen Opdracht	10
3.5. Doelstelling	10
3.6. Beroepscompetenties	11
3.7. Producten	11
3.8. Uitweiding Rapporten en Gekozen Diepgang	12
4. Het Onderzoek	14
Rapport 1: Programma van Eisen	15
Rapport 2: Alternatieven- & Variantenstudie – MCA	65
Rapport 3: Alternatieven- & Variantenstudie – EDI	111
Rapport 4: Ontwerp – winnaar MCA	146
Rapport 5: Ontwerp – winnaar EDI	191
5. Procesevaluatie	251
6. Literatuuropgave	252
Bijlagen	254
Bijlage I: Curriculum Vitae	255
Bijlage II: Cijferlijst Studieperiode Civiele Techniek	257
Bijlage III: Data, Planning en Afsprakenlijst	258

1. INLEIDING

Nergens in Nederland, en misschien zelfs wel West-Europa, is een singelstructuur te vinden als die in de stad Leiden. Niet alleen is de omvang uniek. De singelrand is ook nog mooi intact. Langs de singels vind je prachtige plekken en parken, zoals het Plantsoen, de Hortus botanicus, twee oude stadspoorten en de begraafplaatsen Groenesteeg en Zijlpoort. Allemaal historische en bovendien prachtig groene plekken. En dat op zo'n korte afstand van de historische binnenstad, die volledig omringd is door water. Naast de historische plekken zijn er verschillende parken te vinden, zoals het Blekerspark, Huigpark, Katoenpark. Mooie groene plekken in de dichtbevolkte stad. De omwonenden van de singels maken echter weinig gebruik van de voordelen die ze bieden. De recreatiemogelijkheden worden slechts met een 6,5 (stadsenquête 2010) gewaardeerd. En bezoekers van de stad weten dit stelsel van groene plekken al helemaal niet te vinden. En dat is jammer want de plekken bieden veel mogelijkheden en kansen. De meest dichtbebouwde stad van Nederland (Leiden) heeft de ambitie om deze open, onbebouwde ruimte optimaal te benutten. De gemeente Leiden heeft daarom, in samenwerking met meerdere partijen, een groots project opgezet om deze visie te realiseren. Dit alles gebeurt onder de noemer van het Leidse Singelplan. Met de juiste instelling en ambitie, kan het langste (binnen) stadspark van Nederland ontstaan.



Figuur 1: De Leidse Singelrand om het centrum (aangegeven met de rode lijn)

De omvang van het Singelplanproject is haar kracht en tegelijkertijd haar zwakte. Aan de ene kant kan het juist uitvoeren van het Singelplan ervoor zorgen dat Leiden voor eens en voor altijd op de kaart staat. Dit uiteraard met alle (financiële) voordelen van dien. Aan de andere kant is het laten slagen van het Singelplan een enorme uitdaging, omdat er veel knelpunten om de hoek komen kijken. Om het plan te laten slagen is het projectgebied van het Singelplan opgedeeld in tien deelgebieden. De afstudeeropdracht heeft betrekking op deelgebied 8: Sterrenwacht / Hortus Botanicus. Het optimaal benutten en inrichten van deelgebied 8, wordt ruimtelijk benadrukt door een eventuele verbinding van de oevers van de 5^e Binnenvestgracht met de binnentuin van de Universiteit Leiden/ voortracé Hortus Botanicus (oftewel de Clusiustuin) ten behoeve van de beoogde recreatieroute langs de Leidse singels. Deze verbinding vormt de aanleiding tot het opzetten van dit onderzoek.

2. COLOFON

2.1. Student

2.1.1. Contactgegevens

Naam: Mike Minze Nicolai
Adres: Jaagpad 31, 2351 SW
Woonplaats: Leiderdorp
Telefoon mobiel: 06-139 58 541
Telefoon vast: 071-589 39 59
E-mail: mikem_nicolai@live.nl
Studienummer: 080 55 475

2.1.2. Opleiding

Vooropleiding: Vwo, profiel Natuur & Techniek
1^e stage CT: Gebr Schouls BV (februari – juni 2010)
2^e stage CT: Ingevuld met twee minors, te weten: Duurzame projecttechnologie (nov 2010 – feb 2011) en Ingenieur & Docent (sept-nov 2011)
Minor: Verdiepende minor waterbouw (sept – nov 2011)
Specialisatie: Waterbouw

2.2. Betrokken partijen

2.2.1. Afstudeerbedrijf / instelling

Gemeente Leiden: Stationsplein 107

Postadres:
Gemeente Leiden
Postbus 9100
2300 PC Leiden

Bezoekadres:
Stationsplein 107
2312 AJ Leiden

E-mail: sleutel@leiden.nl
Telefoon: 071 – 516 5165

2.2.2. Opleidingsinstituut

De Haagse Hogeschool: Hoofdvestiging

Postadres:
De Haagse Hogeschool
Postbus 13336
2501 EH Den Haag

Bezoekadres:
J. Westerdijkplein 75
2521 EN Den Haag

Telefoon: 070 - 445 8888
Fax: 070 - 445 7775

2.2.3. Externe begeleiders

Begeleider 1:

Naam: Dhr. M. Romijn

Titel:

Functie: Hoofd ing. bureau Gem. Leiden

Telefoon: 071 – 516 5920

E-mail: m.romijn@leiden.nl

Begeleider 2:

Naam: Dhr. M. Belt

Titel:

Functie: Beleidsmedewerker

Telefoon: 070 – 516 7664

E-mail: m.belt@leiden.nl

(Handtekening ter goedkeuring)

(Handtekening ter goedkeuring)

2.2.4. Interne begeleiders

1^e docentbegeleider/ 1^e beoordelaar:

Naam: Dhr. R.J.R. Weersink

Titel: Ir.

Functie: Docent Haagse Hoge School

Telefoon: 070 - 445 8726

E-mail: r.weersink@hhs.nl

2^e beoordelaar:

Naam: Dhr. W. Bharos

Titel: Ir.

Functie: Docent Haagse Hoge School

Telefoon: 070 – 445 8739

E-mail: W.Bharos@hhs.nl

(Handtekening ter goedkeuring)

(Handtekening ter goedkeuring)

3. HET AFSTUDEERPROJECT

3.1. Probleembeschrijving

De gemeente Leiden heeft zichzelf dus, om het verhaal uit de inleiding te vervolgen, het doel gesteld om de Leidse singelparken en historische plekken met elkaar te verbinden, vastgelegd in het Leidse singelplan. De omwonenden van de singels en bezoekers van de stad maken op dit moment weinig gebruik van de voordelen die de singelparken en historische plekken bieden (esthetische waarde, wandelwaarde etc.). Dat komt omdat veel plekken slecht bereikbaar of zelfs ontoegankelijk zijn én omdat sommige delen er niet erg fraai bijliggen. Zo is het in deelgebied 8 vanaf de Boissotkade vanwege het Van der Klauw-laboratorium (1), de afgesloten Sterrewacht (2) en Hortus botanicus (3) niet mogelijk om langs het water van de singel te blijven lopen. Door de onaantrekkelijke, doodlopende Sterrewachtlaan is het wel mogelijk om vlakbij de oude gebouwen van de Sterrewacht te komen. Het fraaie gebied er direct omheen is echter altijd afgesloten. Om de route, zo dicht mogelijk langs het water, te vervolgen is omlopen via de Kaiserstraat en de Zegersteeg noodzakelijk. Vervolgens loopt de route verder langs de 5^e Binnenvestgracht. Vanaf daar is de sfeer van de Hortus ook vanaf de buitenzijde beleefbaar. De 5^e Binnenvestgracht doodloopt bij een voormalig universiteitsgebouw kan er weer richting de Looiersgracht. De gemeente Leiden is, in haar rol als opdraai voor de wandelroute langs de 5^e Binnenvestgracht aan de noordzijde, voortracé Hortus Botanicus (de Clusiustuin), een belangrijke verbinding van de universiteit door kan worden gemaakt. Deze verbinding is vereist.



Figuur 2: Een overzicht van de huidige situatie, waarbij het probleemgebied zich in de rode cirkel bevindt en de cijfers de verscheidene betrokken kunstwerken vertegenwoordigen.

3.2. Probleemstelling

Er ontbreekt een verbinding tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin, hierdoor wordt de aantrekkelijkheid van de wandelroute van het Singelparkplan¹ sterk beperkt.

¹ Voor meer informatie, zie: Structuurvisie Leiden 2025 (april 2011, Gemeente Leiden)

3.3. Hoofd- en deelvragen

Om tot een gedegen oplossing te komen voor het bij de probleemstelling genoemde probleem, worden in deze paragraaf een tweetal hoofdvragen, met daarbij behorende deelvragen, aan de probleemstelling gekoppeld.

Hierbij staat bij de ene hoofdvraag (A) de uitkomsten van de Multi Criteria Analyse centraal (d.w.z. het ontwerp behorend bij deze hoofdvraag, is als meest geschikte ontwerp uit de Multi Criteria Analyse naar voren gekomen) en bij de andere hoofdvraag (B) de zogenaamde EDI-aspecten; Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie centraal. De antwoorden op de hoofd- en deelvragen zijn verwerkt in de rapporten 1 t/m 5.

3.3.1. Hoofdvraag A

Welke type verbinding leent zich het meest om toegepast te worden aan het einde van de 5^e Binnenvestgracht met de Clusiustuin, gebaseerd op de uitkomsten van de Multi Criteria Analyse?

3.3.2. Deelvragen A

- 1) Welke typen verbindingen zijn er mogelijk op de te bestuderen locatie?
- 2) Voldoet de verbinding aan al de in het programma van eisen gestelde randvoorwaarden en eisen én alle bijbehorende wettelijke vastgestelde richtlijnen en normen?
- 3) Op welke manier wordt de verbinding, verbonden met de bestaande kades?
- 4) Welke berekeningen moeten worden uitgevoerd om te kunnen garanderen dat de, te ontwerpen constructie, aan alle stabiliteits- en veiligheidseisen voldoet?
- 5) Is de constructie van het ontwerp uitvoerbaar?
- 6) Moet er toestemming komen van omliggende partijen, buiten de gemeente om?
- 7) Welke ontwerp van een verbinding komt als meest geschikte variant uit de Multi Criteria Analyse naar voren?

3.3.3. Hoofdvraag B

Idem hoofdvraag A, met als verschil dat de volgende aspecten centraal staan; Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie (afk. EDI)?

3.3.4. Deelvragen B

- 1) Welke typen verbindingen zijn er mogelijk op de te bestuderen locatie?
- 2) Voldoet de verbinding aan al de in het programma van eisen gestelde randvoorwaarden en eisen én alle bijbehorende wettelijke vastgestelde richtlijnen en normen?
- 3) Scoort de verbinding hoog op het aspect esthetiek?
- 4) Is de verbinding innovatief?
- 5) Is de verbinding duurzaam?
- 6) Op welke manier wordt de verbinding verbonden met de bestaande kades?
- 7) Welke berekeningen moeten worden uitgevoerd om te kunnen garanderen dat de, te ontwerpen constructie, aan alle stabiliteits- en veiligheidseisen voldoet?
- 8) Is de constructie van het ontwerp uitvoerbaar?
- 9) Moet er toestemming komen van omliggende partijen, buiten de gemeente om?

3.4. De Overeengekomen Opdracht

Het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie naar een tweetal oeververbindingen aan het einde van de 5^e Binnenvestgracht met de Clusiustuin, te Leiden.

3.5. Doelstelling

Het doel van dit document is het leveren van een tweetal voorlopige c.q. definitieve ontwerpen van een oever(wandel)verbinding, waarbij de 5^e Binnenvestgracht met de Clusiustuin wordt verbonden.

Om dit te bewerkstelligen wordt ten eerste een Programma van Eisen opgesteld, welke voldoende dragend is om alternatieven en varianten op te kunnen stellen. Vervolgens worden de alternatieven en varianten onderworpen aan twee Alternatieven- en Variantenstudies. Hierbij ligt bij de eerste Alternatieven- en Variantenstudie de nadruk op een afweging met behulp van de Multi Criteria Methodiek en bij de tweede Alternatieven- en Variantenstudie de nadruk op een afweging met behulp van argumentatie, waarbij de aspecten; Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie centraal staan. De twee varianten die uit de afwegingstudies naar voren komen worden verder uitgewerkt tot een tweetal voorlopige c.q. definitieve ontwerpen van een oever(wandel)verbinding. Deze twee ontwerpen worden in het ontwerpproces gefundeerd op constructie- en funderingsberekeningen.

3.6. Beroepscompetenties

Binnen mijn afstudeerperiode is het mijn doel om aan te kunnen tonen, dat ik de onderstaande vier competenties op F5-niveau beheers. Niveau F5 wil zeggen dat ik als student volledig in staat ben om zelfstandig te werken en verantwoord beslissingen te maken, bij complexe problemen.

Competentie	Toelichting	Beoogd Resultaat
B-01	Programma van eisen opstellen en ontwerpen hieraan toetsen	1) Een programma van eisen waarin de wensen van de opdrachtgever zijn vertaald tot een set van aanwijzingen en randvoorwaarden 2) Een beargumenteerd advies over het aangeboden ontwerp
B-02	Vaardigheid in praktisch onderzoek	Het beoogde effect van de onderzoeksuitkomst
B-03	Alternatieven en varianten beoordelen en kiezen	Twee weloverwogen schriftelijke vaststellingen van welk alternatieven met daarbij gekozen variant zal worden uitgewerkt tot een definitief ontwerp
B-04	Detailleren, berekenen en tekenen	Twee ontwerpen (voorlopig c.q. definitief) voor een civieltechnisch werk, dat is vastgelegd in tekeningen en berekeningen

3.7. Producten

In dit hoofdstuk wordt een schematisch overzicht van de door de afstuderende student op te leveren producten gegeven. Bij elk product worden tevens de bijbehorende competentie(s) én het percentage dat het product van het totaal vertegenwoordigt, weergegeven. Dit alles wordt gedaan ten behoeve van de voortgangsbewaking van het totale afstudeerwerk.

Product	Bijbehorende competentie(s)	Percentage van totale werk
Literatuuronderzoek	B-02	5 %
Rapport 1: Programma van eisen	B-01	25 %
Rapport 2: Alternatieven & Variantenstudie MCA	B-03	12,5 %
Rapport 3: Alternatieven & Variantenstudie EDI	B-03	12,5 %
Rapport 4: Ontwerp (voorlopig c.q. definitief), winnaar MCA	B-04	25 %
Rapport 5: Ontwerp (voorlopig c.q. definitief), winnaar EDI	B-04	20 %
	Totaal	100 %

N.B. de verdiepende slag van de afstudeerstage wordt gemaakt in het ontwerpproces. De verdieping zal zich uiten in het uitwerken en leveren van:

- Ten eerste één ontwerp welke als meest geschikte ontwerp uit de Multi Criteria Analyse naar voren komt.
- Ten tweede één ontwerp welke naast de reeds gestelde voorwaarden en eisen, de begrippen esthetiek, duurzaamheid en innovatie aanspreken.

3.8. Uitweiding Rapporten & Gekozen diepgang

Tussen de verscheidene op te leveren product kan de diepgang behoorlijk fluctueren. Producten kunnen heel overzichtelijk en globaal zijn ingericht, maar daarentegen ook heel detaillistisch. In dit hoofdstuk wordt de inhoud en diepgang van elk van de rapporten afzonderlijk behandeld, zodat de begeleiders weten wat er van de afstuderende student verwacht kan worden.

Rapport 1: Programma van eisen

Het doel van dit document is om inzicht te krijgen in het plangebied en de belanghebbende partijen in en rondom het plangebied. Het programma van eisen wordt getracht van een kwalitatief zo hoog mogelijk niveau te zijn. Hierbij wordt gestreefd om de kwaliteit van het bedrijfsleven te benaderen. Dit is belangrijk want alle varianten, berekeningen en tekeningen worden gebaseerd op dit document.

Rapport 2: Alternatieven & Variantenstudie - MCA

Binnen deze alternatieven & variantenstudie wordt er 'slechts' op een globaal niveau gekeken naar mogelijke oplossingen voor de probleemstelling. Deze worden oppervlakkig uitgewerkt en afgewogen zonder de ondersteuning van berekeningen en dergelijke.

Een groot onderdeel van de alternatieven & variantenstudie is de Multi Criteria Analyse (MCA). Het is belangrijk om een uitgebreide correcte afweging te maken van alle opgestelde alternatieven. Daar ligt in principe de schoonste taak van de methode van de Multi Criteria Analyse. Met behulp van product gerelateerde en geselecteerde parameters (vastgesteld a.d.h.v. het programma van eisen en overleg met de Gemeente Leiden) wordt een gefundeerde afweging gemaakt tussen alle alternatieven, welke een oplossing kunnen vormen voor het probleem. De MCA levert uiteindelijk het meest geschikte alternatief, met een onderbouwing waarom dat zo is. Vervolgens wordt door middel van argumentatie een variant op het alternatief uitgekozen, welke kan worden uitgewerkt tot een voorlopig c.q. definitief ontwerp. Om een lang verhaal kort te maken, het is dus belangrijk dat de MCA uitgebreid en professioneel wordt uitgevoerd om de kans op foutieve uitkomsten te minimaliseren.

Rapport 3: Alternatieven & Variantenstudie - EDI

Het ontwerp dat in dit document centraal staat is het ontwerp van een type verbinding welke zich het meest leent om toegepast te worden aan het einde van de 5^e Binnenvestgracht met de Clusiustuin, gebaseerd op de aspecten; Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie (afk. EDI).

Om tot een gedegen ontwerp te komen is een zorgvuldige alternatieven & variantenstudie onmisbaar. Er zullen rationele keuzes gemaakt moeten worden tussen de alternatieven & varianten om uiteindelijk tot één oplossing te komen. Om het keuzeproces zoveel mogelijk te vereenvoudigen en inzichtelijk te maken is de alternatieven & variantenstudie opgebouwd uit een zestal fasen. De keuzes zullen worden gemaakt met steekhoudende argumenten, die draagvlak genieten van de opdrachtgevers.

Rapport 4: Ontwerp - winnaar MCA (voorlopig c.q. definitief)

Niet alleen dient de uiteindelijke variant, volgend uit rapport 2, verder uitgewerkt te worden tot een tekening. De variant dient ook ondersteund te worden met berekeningen (stabiliteit, belastingen etc.) en onderzoeken. Dit alles wordt gedaan om alle zaken omtrent het ontwerp in kaart te brengen, zodat er geen onzekerheden meer bestaan. Nauwkeurigheid is vereist ten behoeve van het creëren van een veilige en stabiele constructie.

Rapport 5: Ontwerp - winnaar EDI (voorlopig c.q. definitief)

Niet alleen dient de uiteindelijke variant, volgend uit rapport 3, verder uitgewerkt te worden tot een tekening. De variant dient ook ondersteund te worden met berekeningen (stabiliteit, belastingen etc.) en onderzoeken. Dit alles wordt gedaan om alle zaken omtrent het ontwerp in kaart te brengen, zodat er geen onzekerheden meer bestaan. Nauwkeurigheid is vereist ten behoeve van het creëren van een veilige en stabiele constructie.

4. HET ONDERZOEK

In dit hoofdstuk wordt het gehele onderzoeksproces naar de verbinding uitgebreid besproken en worden tevens alle bevindingen gedurende het onderzoek vastgelegd. Hetgene gebeurt in de vijf rapporten zoals besproken in paragraaf 3.8, te weten;

- Rapport 1 - Programma van eisen
- Rapport 2 - Alternatieven- & Variantenstudie – MCA
- Rapport 3 - Alternatieven- & Variantenstudie – EDI
- Rapport 4 - Ontwerp – winnaar MCA
- Rapport 5 - Ontwerp – winnaar EDI

Programma van Eisen

VERBINDING 5^e BINNENVESTGRACHT - CLUSIUSTUIN

Auteur:	Mike Nicolai
Datum van wijzigen:	25/04/2012
Versie:	Definitief
Gezien door:	
Goedkeuring:	

SAMENVATTING

Bij het ontwerpen en uitdenken van een oeververbinding tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin door de overkluizing onder het pand van de Leidse Universiteit spelen meerdere factoren een rol en zijn veel belangen gemoeid. Het is belangrijk en zelfs zaak om rekening te houden met al deze factoren en belangen. Als dit op een juiste manier gebeurt, verzekert de ontwerper zich van een stabiele en veilige constructie die veel draagvlak van haar omgeving geniet.



Belangrijke **factoren** die een rol spelen in dit ontwerpproces zijn; het inventariseren van het plangebied, het vaststellen van de eigendomssituatie, het idee achter het ontwerp controleren op het bestemmingsplan, uitzoeken of er in het ontwerp van het kunstwerk monumenten gemoeid zijn, heeft het plangebied een archeologische verwachtingswaarde, hoe is de bodem opgebouwd, op welke laag moet het kunstwerk worden gefundeerd, zijn er verontreinigingen in het plangebied aanwezig, voor wie wordt de voorziening toegankelijk gemaakt, wat zijn voorspelde knelpunten als

het gaat om de uitvoering, in welke categorie valt het project, zijn er bijzonderheden op te merken en aan welke (landelijk) vastgestelde normen, wetten, regels en/of richtlijnen moet worden voldaan.

In grote lijnen dient er in het ontwerpproces rekening worden gehouden met ten eerste de manier van verlaten van de 5^e Binnenvestgracht, dit gebeurt via een trapconstructie. De 5^e Binnenvestgracht is grond van de gemeente Leiden, hier kan mits er aan alle richtlijnen en normen wordt voldaan, onvoorwaardelijk worden gebouwd. De Clusiustuin is onderdeel van het entreegebied van de Hortus Botanicus en is in het bezit van de Hortus Botanicus / Universiteit Leiden. De Clusiustuin is zelf niet openbaar toegankelijk, de openbare ruimte er omheen daarentegen wel. Na overleg te hebben gehad met deze partij, is er een overeenstemming bereikt om naast de kade van de Clusiustuin een aanlanding te mogen maken in de vorm van een inkeping en een pad te construeren welke leidt naar het openbare gedeelte van het entreegebied. De brug direct na de overkluizing, moet daarbij intact worden gehouden. Op dat punt vindt de route, conform het Leidse Singelplan, zijn vervolg. In het plangebied naast de Clusiustuin is tevens een stuk ongedefinieerde kabel zichtbaar gemaakt met de Klic-melding, hier moet alvorens er wordt gestart met de uitvoering onderzoek naar gedaan worden. In de kade aan de 5^e Binnenvestgracht wordt daarentegen geen kabel verwacht (zie Klic-melding).

Een oeververbinding op de geplande locatie past niet in het bestemmingsplan. Er zijn drie mogelijkheden om het realiseren van de voetgangersbrug toch mogelijk te maken. Ten eerste het voeren van een buitenplanse afwijkingsprocedure onder de Wabo. Ten tweede het opstellen van het vroegere projectbesluit / postzegelbestemmingsplan. En ten derde het meenemen van de ontwikkeling in de planvorming van de herziening van Binnenstad II.

Bij het ontwerp van het kunstwerk hoeft geen rekening te worden gehouden met de mogelijkheid van doorvaart. De omgeving van de Doelengracht biedt hier namelijk geen ruimte voor.

De overkluizing waar de oeververbinding door heen is gepland is een monument, valt binnen de archeologische waardekaart en is een beschermd stadsgezicht. De Clusiustuin en de Doelengracht aan de tuin vallen tevens in het beschermde stadsgezicht en de archeologische waardekaart. Voordat op deze plekken gebouwd mag worden moeten er vergunningen worden aangevraagd. Er is dus sprake van de lange Wabo-procedure.

De bodemkwaliteitsgegevens van het plangebied die op dit moment voor handen zijn, laten een lichte verontreiniging van lood in het plangebied zien. Helaas zijn de gegevens sterk verouderd en onvolledig, waardoor geadviseerd wordt een indicatief bodemonderzoek te laten uitvoeren voordat men begint met de uitvoering van het te realiseren kunstwerk.

Analyse van de bodemgesteldheid leert dat men meerdere mogelijkheden heeft tot funderen op een zandlaag in de bodem.

De oeververbinding wordt ontworpen op toegang voor wandelaars op grond van het Leidse Singelplan. De omgeving biedt helaas onvoldoende soelaas om op een weinig ingrijpende manier het kunstwerk toegankelijk te maken voor minder validen. Daarnaast is er een entree mogelijkheid via de hoofdentree van de Hortus Botanicus. Dit vormde afdoende aanleiding voor de beslisser om deze vorm van toegankelijkheid te laten varen.

Het onderhoud aan het kunstwerk zelf wordt aangeraden om handmatig, vanaf het kunstwerk zelf, uit te voeren. Er zijn twee typen nat onderhoud aan de Doelengracht in het plangebied mogelijk, welke geadviseerd wordt is echter afhankelijk van welk soort kunstwerk er sprake zal zijn.

Verder wordt het project geschaald in geotechnische categorie 1: kleine kunstwerken met weinig risico en in veiligheidsklasse 3.

Gedurende het onderzoek is gebleken dat de technische tekeningen niet blijken te kloppen met de werkelijkheid, deze zijn derhalve aangepast.

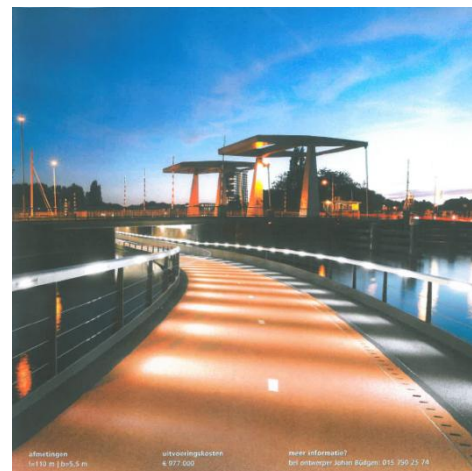
Naast factoren, spelen er bij het ontwerpen van het kunstwerk partijen mee die ieder hun eigen **belang(en)** kennen. Deze partijen uiten deze belangen in eisen en/of wensen die zij aan het ontwerp stellen. In dit document zijn al de gestelde eisen en wensen geïnventariseerd.

Samengevat zijn de volgende eisen en wensen gedurende het onderzoek tot uiting gekomen;

Ten eerste moet het te realiseren kunstwerk voldoen aan alle betrokken wetten, richtlijnen (van Hoogheemraadschap Rijnland) en (NEN-)normen, conform het Programma van Eisen.

Ten tweede moet het kunstwerk op het gebied van toegankelijkheid geschikt worden gemaakt enkel voor voetgangers. Wanneer de ruimte dat toelaat, moet het ontwerp toegerust worden op gebruik door minder validen (dit blijkt dus niet mogelijk). Het brugdek dient plat te zijn, ten behoeve van het loopcomfort.

Ten derde dient op het gebied van esthetiek, de brug in de sfeer van de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin te passen en een hoogwaardige toevoeging te zijn. Dat wil zeggen: passen in de omgeving, geen sprake van optische afdichting gracht, esthetiek staat centraal, behoud van hoogwaardige inrichting en sfeer van de Clusiustuin, het ontwerp mag niet te opzichtig zijn, ontwerp strak en modern uitvoeren en de landhoofden mogen de aanwezige kadelijnen visueel niet onderbreken en/of aantasten. De kleur donkergroen (of iets soortgelijks) mag niet worden toegepast op het kunstwerk. Het ontwerp van het kunstwerk moet aansluiten op de uitkomsten van de ideeën- wedstrijd: *Idee voor identiteit en samenhang Singelpark*. De brug dient voorzien te zijn van subtiële verlichting (bijvoorbeeld in leuningwerk) in het traject onder het universiteitsgebouw.



Beheer en onderhoud speelt tevens een rol. Uitkomst van het overleg brengt de volgende uitgangspunten met zich mee;

Het geniet de voorkeur om het brugdek van het kunstwerk aan de zijkant van de duiker te positioneren om de doorstroming van het water zo min mogelijk te belemmeren en onderhoud te vereenvoudigen. De methode van onderhoud moet onderzocht worden, aan de hand van de beschikbare ruimte. Het is belangrijk dat zowel het onderhoud aan het kunstwerk en het natte onderhoud aan de gracht te allen tijden uitvoerbaar is. In het brugdek moeten zoveel mogelijk standardelementen toegepast worden.

Naast dit alles dient er als het gaat om de aanwezigheid van verontreinigingen, rekening gehouden te worden met mogelijke kadastrale beperkingen (door vlekken verontreinigde grond) op het perceel van de Clusiustuin.

Ook zijn er eisen gesteld rond de dimensionering en vormgeving van het kunstwerk.

Zo moet het gewenste profiel van vrije ruimte van het brugdek minimaal 1,20 m. zijn en de totale profielbreedte (incl. leuningen) minimaal 1,50 m. Er moet gestreefd worden de doorloophoogte minimaal 2,50 m. te houden. Het landhoofd in het entreegebied mag in de kade worden geconstrueerd in de vorm van een inkeping. De aanlandingen dienen constructief flexibel te zijn om variaties in het waterpeil op te kunnen vangen, mits het een drijvende constructie betreft.

Ten slotte is het, gezien de geringe hoeveelheid financiële middelen, zaak de te maken kosten zo laag mogelijk te houden.

Op het moment dat alle factoren en belangen zijn vastgelegd worden deze vertaald naar **eisen** die aan het **ontwerp** gesteld worden. Dit gebeurt op drie niveaus. Ten eerste eisen op projectniveau, ten tweede eisen op brugniveau en ten derde eisen op locatie.

Inhoud

Samenvatting.....	16
1. Inleiding	21
2. Aanpak	22
3. Inventarisatie omgeving	23
3.1. Plangebied	23
3.1.1. Algemeen.....	23
3.1.2. Omgeving Plangebied	24
3.1.3. Plangebied ingezoomd	25
3.1.4. Afmetingen Duiker/Tunnel door Universiteit, kant 5 ^e Binnenvestgracht	26
3.1.5. Afmetingen Duiker/Tunnel door Universiteit, kant Clusiustuin.....	27
3.1.6. Sfeerimpressie plangebied	28
3.2. Eigendomssituatie	29
3.3. Bestemmingsplan.....	31
3.4. Monumenten en Archeologie	32
3.5. Bodem	33
3.5.1. Bodemkwaliteit.....	33
3.5.2. Bodemgesteldheid.....	34
3.5.3. Overige specificaties	34
3.6. Toegankelijkheid	35
3.7. Onderhoud	35
3.8. Categorisering Project.....	36
3.8.1. Geotechnische categorisering.....	36
3.8.2. Veiligheidsklasse	36
3.9. Bijzonderheden	37
4. Inventarisatie eisen en wensen Partijen	38
4.1. Stedenbouwkundig.....	38
4.2. Monumenten en Archeologie	39
4.3. Verkeerskundig	40
4.4. Civieltechnisch	44
4.5. Beheer en onderhoud	45
4.6. Stadsruimte	45
4.7. Omgevingsdienst West Holland	46
4.8. Hoogheemraadschap van Rijnland.....	46
4.9. Universiteit Leiden/Hortus Botanicus	49
5. Eisen vertaald naar ontwerp	50
5.1. Eisen projectniveau.....	50
5.1.1. Overig	50
5.2. Eisen Brugniveau	51

5.2.1.	Eisen brugsysteem	51
5.2.2.	Eisen met betrekking tot de fundering.....	51
5.2.3.	Eisen met betrekking tot de aanlandingen.....	51
5.2.4.	Eisen met betrekking tot het brugdek.....	52
5.2.5.	Eisen met betrekking tot het leuningwerk	52
5.3.	Eisen Locatie.....	54
5.3.1.	Systeemeisen locatie.....	54
5.3.2.	Eisen met betrekking tot de omliggende wegen	54
5.3.3.	Eisen met betrekking tot de watergang.....	54
5.3.4.	Eisen met betrekking tot de kabels en leidingen.....	54
6.	Vergunningen.....	55
7.	Financieel.....	55
	Bronnenlijst.....	56
	Bijlagen	57
	Bijlage I: Vastgesteld bestemmingsplan - Binnenstad II	58
	Bijlage II: Verkennend milieukundig bodemonderzoek Botanisch Lab	59
	Bijlage III: Grondonderzoek Hortuskassen.....	60
	Bijlage IV: Materialen die mogen worden gebruikt in oppervlaktewater	61
	Bijlage V: Bepalen maatgevende afvoer	62
	Bijlage VI: Overzicht bestaande kabels en leidingen (tek. nr. IB 12051).....	64
	Bijlage VII: Uitgangspunten Materiaalgebruik Gemeente Leiden	65
	Bijlage VIII: Onderzoek utilisatie kunstwerk minder validen.....	66

1. INLEIDING

Het Singelpark-project is onderverdeeld in circa 40 deelprojecten. Eén van de deelprojecten is het realiseren van een verbinding voor voetgangers tussen de 5^e Binnenvestgracht (2)² en de Clusiustuin (3) in de vorm van een loopvlonder over de (5^e Binnenvest)gracht. Uitgangspunt is de structuurvisie d.d. april 2011 met bijbehorende plankaart: *“Vanaf de Sterrewachtlaan is het mogelijk om direct naar de 5e Binnenvestgracht door te lopen. Dit wordt ruimtelijk nog eens benadrukt door het verbinden van het water van de 5^e Binnenvestgracht met de singelgracht. Al lopende langs de 5e Binnenvestgracht is de sfeer van de Hortus ook vanaf de buitenzijde beleefbaar. Met het water van de 5^e Binnenvestgracht mee onder de gebouwen van de Universiteit (4) door loopt de route via een ranke vlonderbrug naar het voorgebied van de Hortus botanicus (1). De vlonderbrug is één van de iconen van de singelroute. Langs de Clusiustuin op het voorterrein en de mooi besloten gelegen horecagelegenheid van de Hortus loopt de route verder naar de Doelengracht. De vindbaarheid van de route en de zichtbaarheid en aantrekkelijkheid van de Hortus zijn sterk vergroot”*³.

Het doel van dit document is om inzicht te krijgen in het plangebied en de belanghebbende partijen in en rondom het plangebied. Om deze reden is gestart met het inventariseren van de bestaande situatie. Verder zijn de verschillende vakafdelingen en belanghebbende partijen benaderd met de vraag om eisen en wensen, ten aanzien van het voorgenomen plan, kenbaar te maken.

In dit document wordt het resultaat beschreven vanuit deze inventarisaties in de vorm van een concept programma van eisen (PvE).

Het PVE is een dynamisch document en zal mogelijkerwijs in deze voorbereidende fase van het project gewijzigd en/of aangevuld kunnen worden, zolang er sprake is van een concept versie.



Figuur 1 (links): Een overzicht van de projectlocatie (de cijfers in de kaart van het plangebied vertegenwoordigen de in de tekst van de inleiding genoemde kunstwerken).

Figuur 2 (rechts): Een impressie van het kunstwerk onder het gebouw van de Universiteit door.

² Becijfering in de tekst zoals deze, verwijzen naar figuur 1 en vertegenwoordigen kunstwerken.

³ Bron: Gemeente Leiden: Structuurvisie 2025 d.d. april 2011.

2. AANPAK

Om te komen tot een definitief programma van eisen wordt de onderstaande aanpak gehanteerd:

- Inventarisatie omgeving
- Inventarisatie eisen en wensen vakafdelingen, belanghebbenden
- Opstellen concept PVE
- Doorspreken PVE met vakafdelingen, belanghebbenden
- Opstellen definitief PVE

Na het opstellen van een definitief programma van eisen kan er worden gestart met het nadere ontwerptraject. Over de vorm van dit traject wordt nog nader overleg gevoerd met de opdrachtgever.

3. INVENTARISATIE OMGEVING

Om inzicht te krijgen in het plangebied en de belanghebbende partijen in en rondom het plangebied is gestart met het inventariseren van de bestaande situatie.

3.1. Plangebied

3.1.1. Algemeen

In de structuurvisie Singels d.d. april 2011 onder deelgebied 8 staat een verbinding (in de vorm van een vlonderbrug) beschreven tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin. Deze verbinding zou onder het gebouw van de Universiteit Leiden komen te lopen, over de Doelengracht. De exacte positie van de verbinding is onderwerp van studie, omdat dit van meerdere factoren afhankelijk is. De primaire knelpunten/punten van aandacht die hier een rol in spelen zijn:

- De manier van verlaten van/toegang tot de 5^e Binnenvestgracht. Dat wil zeggen via een trap- of hellingconstructie o.i.d..
- De vraag of er ruimte vrij moet worden gehouden voor doorvaart.
- De doorloophoogte in de duiker (m.a.w. de beschikbare ruimte in de tunnel onder het gebouw van de Universiteit Leiden).
- Het verbindingspunt met de Clusiustuin. Het perceel waar op wordt ontsloten is namelijk eigendom van de Hortus Botanicus. Normaliter moet worden betaald om op het terrein van de Hortus Botanicus te mogen komen.
- De obstakels in en over de Doelengracht.
- Het verbinden van de wandelroute (uit het Singelplan) vanaf het hierboven genoemde verbindingspunt met het vervolg van de wandelroute.

3.1.2. Omgeving Plangebied

In de onderstaande figuren staat weergegeven waar het plangebied en de Singelplanroute, in relatie tot haar omgeving, zich bevinden.

LET OP: De becijfering in de tekst van deze subparagraaf, verwijzen naar de cijfers in figuur 3 en vertegenwoordigen kunstwerken.



Figuur 3 (links): Het figuur geeft de relatie van het plangebied (met rood omcirkeld) met haar omgeving weer en (de cijfers in de kaart van het plangebied vertegenwoordigen de in de tekst genoemde kunstwerken).

Figuur 4 (rechts): Het rechter figuur geeft d.m.v. een rode lijn de beoogde toekomstige route van het Singelplan weer in de omgeving van het plangebied (gele cirkel).

Ten zuiden van het plangebied bevindt zich de Leidse Sterrewacht (4) en het Van der Klauw-laboratorium (1). Vanaf de Singel (2) loopt het water van de 5^e Binnenvestgracht (deze staat in verbinding met de Singel tussen de Sterrewacht en het Van der Klauw-laboratorium (5)) middels een lage duiker onder de Sterrewachtlaan door (5). Vervolgens volgt de gracht, de kade van de 5^e Binnenvestgracht. De gracht is door de lage duiker aan de kant van de Singel niet toegankelijk voor vaarverkeer (5). Tevens liggen er in de gracht enkele houten constructies in de vorm van vuilstoppers en dergelijke. Daarnaast liggen er óver de gracht houten, stalen en betonnen kunstwerken in de vorm van bruggen. Naast dit alles passeert de gracht een tweede duiker, welke door de eerder genoemde vestiging van de Universiteit Leiden loopt (6). Aan de 5^e Binnenvestgracht loopt (een deel van) de beoogde Singelplanroute. Aan de 5^e Binnenvestgracht liggen meerdere woningen. Aan het einde van de 5^e Binnenvestgracht loopt de route echter dood (bij het universiteitsgebouw in het plangebied (6)).

De Hortus Botanicus (3) omsluit het plangebied voor een groot deel. De Hortus Botanicus Leiden is de oudste, nog bestaande botanische tuin van Nederland. De Hortus Botanicus bevindt zich ten zuiden, zuidwesten, westen, noordwesten, noorden en noordoosten van het plangebied. Aan de noord- en zuidzijde van de duiker, onder het universiteitsgebouw (6) door, krijgt de toekomstige verbinding haar aansluitingen. De aansluiting ten noorden van de duiker zal moeten plaatsvinden, met goedkeuren van de eigenaar van het Hortus Botanicus perceel, aan de Clusius tuin (7). Het deel waarop moet worden aangesloten (de Clusius tuin) is het entreegebied van de Hortus Botanicus. Voor toegang moet op dit moment worden betaald. De andere aansluiting zal worden gerealiseerd met de 5^e Binnenvestgracht (openbaar terrein).

3.1.3. Plangebied ingezoomd

Nogmaals het plangebied, dit maal echter in relatie tot haar directe omgeving.

LET OP: De becijfering in de tekst, verwijzen naar de cijfers in figuur 5.



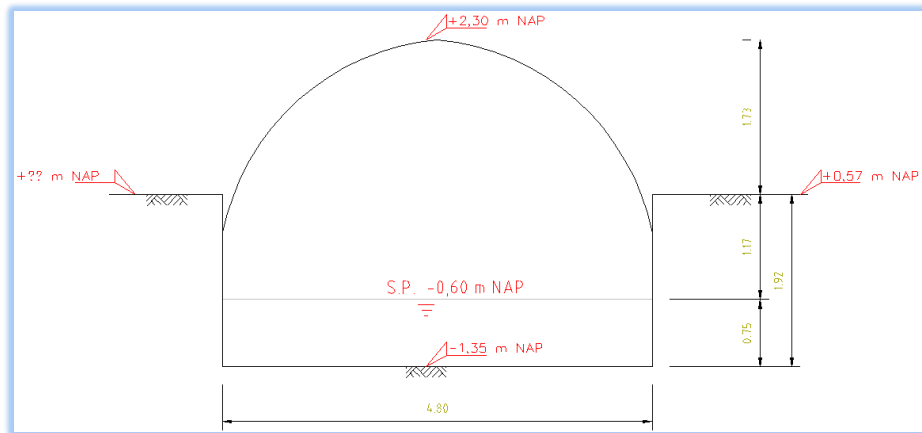
Figuur 5: Een 'close up' van het plangebied (rode lijn) en haar directe omgeving.

Zoals in de vorige subparagraaf besproken komen de aansluitingen van de verbinding, aan de 5^e Binnenvestgracht én de oever van de Clusiustuin te liggen (uiteraard in overeenstemming met de eigenaar van de Clusiustuin).

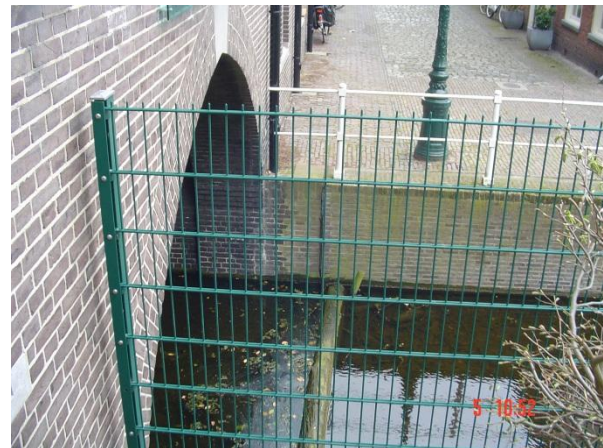
- (1) Om een aansluiting aan de 5^e Binnenvestgracht te kunnen realiseren is voldoende ruimte aanwezig en daarnaast bevinden zich er geen beperkingen aanwezig. Bij het denken aan het type aansluiting kan gedacht worden aan een trapconstructie of een helling, vanaf de kade naar de toekomstige verbinding.
- (2) Om een aansluiting in de Clusiustuin te realiseren, zal contact met de kleine voetgangersbrug ten noorden van de duiker moeten worden vermeden. Dit komt neer op het aansluiten van de verbinding, direct na de duiker. Een andere optie is om toestemming van de eigenaar van de kleine brug te krijgen, om deze aan te mogen tasten en een aansluiting hier te realiseren.
- (3) Het is in het kader van de Singelplanroute, zaak om de beoogde brugverbinding aan te sluiten op het openbare terrein van de Clusiustuin. Het gebied waarvoor momenteel moet worden betaald is afgesloten met hekwerk (zie witte lijn in figuur 5). Het openbare gedeelte van de Clusiustuin bevindt zich ten oosten van het hekwerk.
- (4) Tot het openbare gedeelte van de Clusiustuin zijn op dit moment twee toegangsmogelijkheden vanaf buitenaf, te weten; een steeg tussen het Academiegebouw en de kas (aan de noordzijde van de tuin) én in het oosten van de Clusiustuin door middel van een steeg. De beoogde Singelplanroute vervolgt haar weg vanaf de steeg tussen het Academiegebouw en de kas.

3.1.4. Afmetingen Duiker/Tunnel door Universiteit, kant 5^e Binnenvestgracht

In onderstaande figuren wordt de duiker/tunnel aan het einde van de 5^e Binnenvestgracht enigszins uitgelicht.



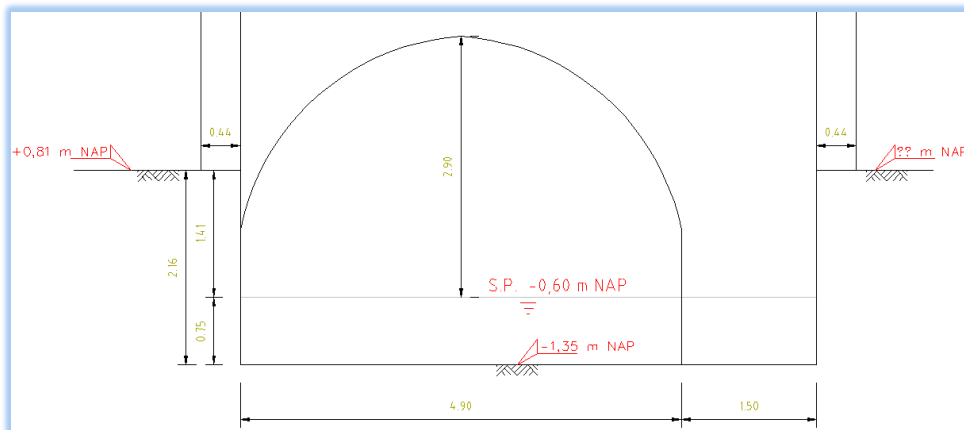
Figuur 6 (boven): Een globale (Autocad) schets van de duiker/tunnel aan de 5^e Binnenvestgracht, inclusief enkele afmetingen.



Figuur 7 & 8 (links & rechts onder): Foto's van de duiker/tunnel genomen aan het einde van de 5^e Binnenvestgracht.

3.1.5. Afmetingen Duiker/Tunnel door Universiteit, kant Clusiustuin

In onderstaande figuren wordt de duiker/tunnel aan de Clusiustuin enigszins uitelicht.



Figuur 9 (boven): Een globale (Autocad) schets van de duiker/tunnel aan de Clusiustuin, inclus enkele afmetingen.

Figuur 10 & 11 & 12 & 13 (links & rechts boven én onder): Foto's van de duiker/tunnel genomen in de Clusiustuin.

3.1.6. Sfeerimpressie plangebied

Het figuur in deze subparagraaf tracht een impressie te geven, hoe de sfeer in het plangebied en haar directe omgeving momenteel is.

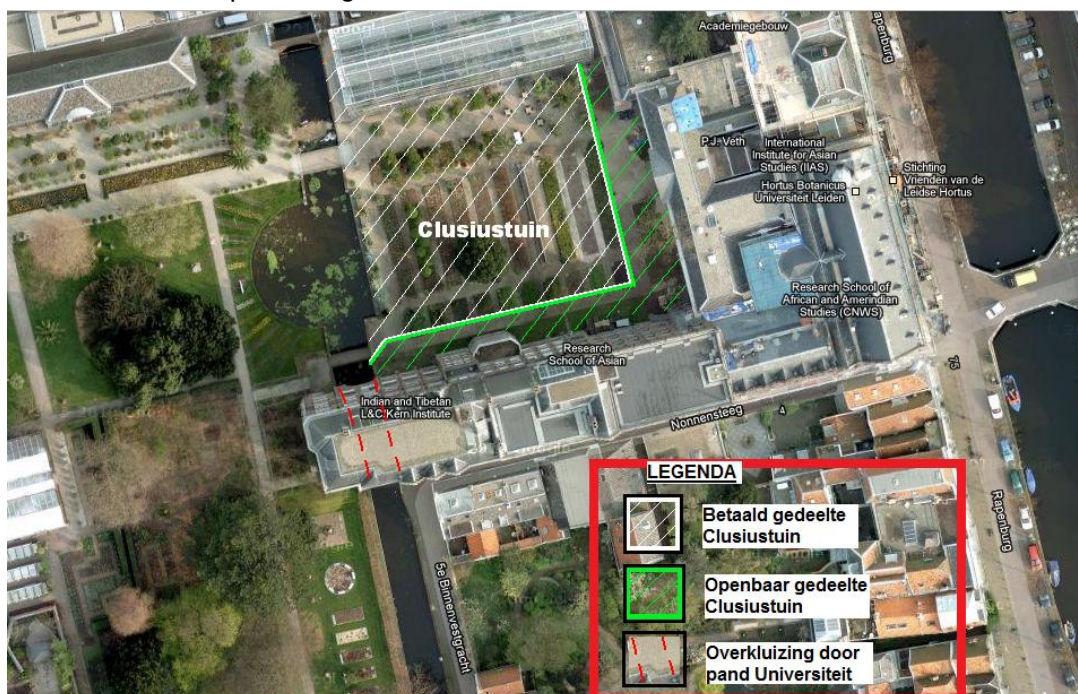


Figuur 14: Een sfeerimpressie van het plangebied.

3.2. Eigendomssituatie⁴

Het voetpad aan de 5^e Binnenvestgracht en die in de Nonnensteeg zijn eigendom van de gemeente Leiden. De woningen aan de 5^e Binnenvestgracht en de Nonnensteeg zijn in het bezit van particulieren. De duiker onder het universiteitsgebouw door is eigendom van de Universiteit Leiden. Het deel van de Clusiustuin waarop vanaf de 5^e Binnenvestgracht ontsloten dient te worden is eigendom van Belvedere Academia Exploitatie B.V. en de Universiteit Leiden. Om laatstgenoemde terrein te mogen betreden moet op dit moment worden betaald. Belvedere Academia Exploitatie B.V. mag de Hortus Botanicus namelijk exploiteren en de opbrengst van de kaartverkoop behouden. Het onderhoud, de schoonmaak en overige kosten verbonden aan de Hortus Botanicus zijn overigens voor rekening van de Universiteit Leiden.

Tevens bevindt zich direct aan de noordzijde van de duiker een kleine brug, welke eigendom is van Belvedere Academia Exploitatie B.V. en de Universiteit Leiden. Slechts een gering gedeelte in het noordoosten van de Clusiustuin is vrij toegankelijk (echter wel eigendom van Belvedere Academia Exploitatie B.V. en de Universiteit Leiden). Op dit openbare gedeelte van de Clusiustuin zal door het kunstwerk moeten worden aangesloten om een aansluiting te maken met de rest van de Singelroute. Er zal wel overleg moeten plaatsvinden met de Hortus Botanicus, om een regeling te treffen voor de verbinding van het ontsluitingspunt in het betaalde deel van de Clusiustuin met het openbare gedeelte van de Clusiustuin.



Figuur 15: Het plangebied in kaart gebracht.

Binnen het plangebied zijn onder de bestrating van de 5^e Binnenvestgracht en in de Clusiustuin diverse kabels en leidingen aangetroffen. Hier zijn partijen aan gekoppeld met ieder eigen belangen. Deze belangen zijn door middel van een Klic-melding in kaart gebracht (zie **bijlage VI**).

Met de volgende kabels en leidingen die zijn aangetroffen in de 5^e Binnenvestgracht dient rekening gehouden te worden tijdens het ontwerpproces en de uitvoering van de aansluiting van het te realiseren kunstwerk met de 5^e Binnenvestgracht:

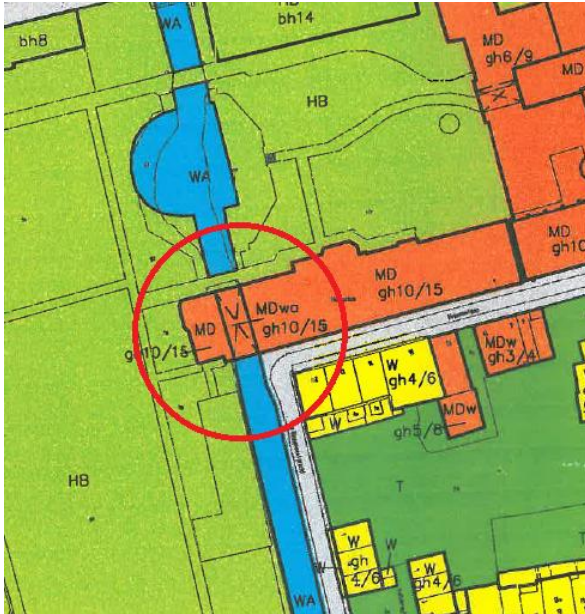
- Riolering Leiden
- Gasleiding Liander
- Waterleiding Dunea
- Elektriciteitskabel Liander
- Twee datakabels van KPN en Ziggo

⁴ Bron: GISKit Viewer 2005 en Klic-melding (eigen documentatie Gemeente Leiden te vinden in G:/ schijf → Projecten → Overige projecten → Inventarisatie K&L → IB 2012 K&L → IB 12051)

In de Clusiustuin is tevens een gering stuk ongedefiniëerde kabel naar voren gekomen uit de Klic-melding. Het gaat hier waarschijnlijk om een (oude) kabel van KPN. Het is onduidelijk of deze kabel een aansluiting heeft met het netwerk van KPN. Geadviseerd wordt om nader onderzoek naar deze kabel te plegen om uitsluitsel te krijgen. Met de mogelijke aanwezigheid van een werkende kabel moet rekening gehouden worden bij het ontwerpen en uitvoeren van de aansluiting van de te realiseren verbinding met de rest van de Singelplanroute.

3.3. Bestemmingsplan

Het plangebied bevindt zich binnen de grenzen van; Binnenstad II – Vastgesteld bestemmingsplan d.d. 16 januari 2007. De contour van de verbindende brug valt binnen de bestemmingen 'verkeersdoeleinden (art. 18)', 'maatschappelijke doeleinden water (art. 11)', 'Hortus Botanicus' en 'water (art. 17)' (zie figuur 5).



Figuur 16: De figuur geeft de relatie van het plangebied (met rood omcirkeld) met het bestemmingsplan weer (de kleuren vertegenwoordigen de verscheidene doeleinden, welke aan de gebieden zijn toegewezen).

Binnen de bestemming 'verkeersdoeleinden' die geldt voor een van de oevers binnen het plangebied, is het aanleggen van een bouwwerk van openbaar nut zoals een voetgangersbrug zonder meer toegestaan.

Binnen de bestemmingen 'water', 'maatschappelijke doeleinden water' en 'Hortus Botanicus' wordt geen mogelijkheid geboden voor het oprichten van een (voetgangers)brug. In het artikel over de bestemming 'water' staat onder andere omschreven dat vlonders uitsluitend zijn toegestaan ter plaatse van een aanduiding. Helaas is hier in het plangebied geen sprake van. Andere bestemmingsplannen maken een dergelijke mogelijkheid op specifieke plaatsen soms wel mogelijk, maar vaak is dan ten tijde van de planontwikkeling al een voornemen voor een dergelijke ontwikkeling bekend. Binnen de voorschriften van Binnenstad II wordt daarnaast geen mogelijk geboden voor een vrijstelling.

Er zijn drie mogelijkheden om het realiseren van de voetgangersbrug mogelijk te maken:

1. Het voeren van een buitenplanse afwijkingsprocedure onder de Wabo. (indien brug <50m²). In een dergelijke procedure worden alle belangen tegen elkaar afgewogen en uiteindelijk wordt vervolgens besloten wel of niet mee te werken.
2. Het opstellen van het vroegere projectbesluit (thans uitgebreide afwijkingsprocedure onder de Wabo genoemd) / postzegelbestemmingsplan.
3. Meenemen van de mogelijke ontwikkeling in de planvorming van de herziening van Binnenstad II.

Het Vastgesteld Bestemmingsplan – Binnenstad II is bijgevoegd als **bijlage I**.

3.4. Monumenten en Archeologie

Volgens het gemeentelijk GIS-systeem (GISkit viewer 2005) valt de locatie 5^e Binnenvestgracht/Clusiustuin/Doelengracht binnen de archeologische waardekaart binnenstad. Het gaat om een gebied dat deels staat aangemerkt als een gebied waar onder het mom van monumenten, beperkingen (WKPB) gelden. Het universiteitsgebouw waar de duiker door heen komt te lopen (registernr. 670), de Clusiustuin (registernr. 1329) en de gracht voor de Clusiustuin (registernr. 670) zijn onderhevig aan eerder genoemde beperkingen (WKPB) én staan te boek als beschermd stadsgezicht. Anderzijds zijn dezelfde percelen nog niet eerder archeologisch onderzocht. Het enige gebied dat in het verleden onderzocht is, is de Doelengracht langs de 5^e Binnenvestgracht. Hier zijn onder begeleiding van een archeoloog bouwwerkzaamheden verricht (onderdeelproject Stegen d.d. 1995).



Figuur 17: Voorbeeld van archeologie

Voor iedere bouwactiviteit binnen het beschermde gebied (de archeologische waardekaart) is een vergunning nodig. Vergunningsvrij bouwen en verbouwen is dus niet mogelijk. Daarnaast verbiedt de monumentenwet het slopen van bouwwerken binnen het beschermd stadsgezicht, zonder vergunning van Burgemeester en Wethouders.

Wanneer er dieper dan 50cm vanaf maaiveld wordt gegraven of er iets aangebracht wordt met een omvang >25 m² is er een vergunning nodig waarbij archeologisch onderzoek moet worden aangevraagd. Archeologie speelt echter in het project een zeer beperkte rol omdat er betrekkelijk weinig in de bodem wordt gegraven.

Voor ruimtelijke plannen wordt als overlegpartner soms de inspectie van het ministerie van Infrastructuur en Milieu verzocht om advies te geven, waarin het oordeel van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) is opgenomen. Pas wanneer het om ingrijpende structurele aanpassingen aan rijksmonumenten gaat is een beoordeling vanuit de RCE noodzakelijk. Het is echter nog niet duidelijk of dit het geval gaat zijn, daarom dient de gemeente zelf in een later stadium een inschatting te maken of de aanpassingen dermate ingrijpend gaan zijn aan een rijksmonument (universiteitsgebouw) om de RCE in te moeten schakelen.

3.5. Bodem

Er wordt onderscheid gemaakt in bodemkwaliteit; de chemische kwaliteit van de bodem, en bodemgesteldheid; de draagkracht van de ondergrond.

3.5.1. Bodemkwaliteit⁵

Uit navraag bij de Omgevingsdienst West Holland blijkt dat een deel van de bodem in het plangebied licht tot matig verontreinigd lijkt te zijn met lood. De betreffende gegevens (zie **bijlage II**) zijn echter verouderd, waardoor er geen betrouwbaar beeld kan worden geschetst van de bodemkwaliteit. Dit geeft echter wel een indicatie van de situatie. Voorafgaand aan het uitvoeringstraject wordt geadviseerd om een indicatief bodemonderzoek (indicatief gezien de geringe hoeveelheden betrokken grondmassa) uit te voeren, op basis van de geplande activiteiten binnen het plangebied, om het huidige beeld te actualiseren. Bij het indicatieve bodemonderzoek moet (conform NEN 5740) extra aandacht worden geschonken voor de eventuele aanwezigheid van asbest in de bodem. In oude onderzoeken is dat niet meegenomen, dus dit gegeven ontbreekt op dit moment als onderzoeksparameter.

Als er uiteindelijk blijkt dat er in de waterbodem palen geslagen moeten worden voor een brugverbinding, dan moet er tevens een waterbodemonderzoek plaatsvinden in het plangebied.

Al de genoemde onderzoeken dienen te voldoen aan de standaardzinnen die hiervoor gelden:

1. Werkzaamheden met (mogelijk) verontreinigde grond moeten plaatsvinden volgens wettelijke regels. Deze zijn opgenomen in de Wet Milieubeheer, de Regeling melden bedrijfsafvalstoffen en gevaarlijke afvalstoffen (Landelijk Meldpunt Afvalstoffen) en het Besluit bodemkwaliteit.
2. Richtlijnen voor veiligheid zijn vastgelegd in CROW-publicatie 132: 'Werken in en met verontreinigde grond en verontreinigd (grond)water'.
3. Voor toepassen van grond met kwaliteit boven de achtergrondwaarde binnen het werkgebied van de Omgevingsdienst West-Holland dient een melding gedaan te worden door middel van het meldingsformulier (www.mdwh.nl). De Omgevingsdienst beoordeelt of de partij grond mag worden toegepast op de geplande locatie. Voor het toepassen van meer dan 50 m³ schone grond dient een melding te worden gedaan via de website www.meldgrond.nl.



Figuur 18: Bodemonderzoek

⁵ Bron: Verkennend Milieukundig Bodemonderzoek Botanisch Laboratorium, Nonnensteeg 1 en 3 te Leiden in opdracht van Architectenburo Vollmer B.V. Rapport 93.4540/TB, d.d. december 1993 (zie bijlage II).

3.5.2. Bodemgesteldheid

Om de bodemgesteldheid te bepalen wordt er gebruik gemaakt van een reeds uitgevoerde sondering. Deze sondering (bron **bijlage III: Grondonderzoek Hortuskassen**) is uitgevoerd op d.d. 21/11/2011 op slechts 20 meter afstand van het plangebied. Er is gekozen voor juist deze sondering om dat deze, van alle beschikbare sonderingen, de meest representatieve is (uiteraard tevens voldoende representatief om te volstaan als bodemprofiel van het plangebied). De bodem wordt n.a.v. de sondering in onderstaande figuur ontleedt.

Grondopbouw	Niveau maaiveld:	+ 1,1	[m. NAP]
	Grondwaterstand	- 1,0	[m. NAP]

Laag	niveau (tov NAP)	Laagdikte (m)	grondsoort	specificaties
1	+1,1 m. tot +0,5 m.	0,6	Zand	matig fijn
2	+0,5 m tot 0,0 m.	0,5	Klei	matig zandhoudend
3	0,0 m. tot -0,4 m.	0,4	Klei	stevig puinhoudend
4	-0,4 m. tot -3,7 m.	3,3	kleiig zand	/
5	-3,7 m. tot -12,3 m.	8,6	Zand	middelgrof
6	-12,3 m. tot -13,0 m.	0,7	klei/venig klei	piek in grafiek
7	-13,0 m. tot -19,6 m.	6,6	Zand	middelgrof
8	-19,6 m. tot onbekend	/	/	/

Tabel 1: diagram grondclassificatie⁶

Door middel van analyse van figuur 9 kunnen de volgende zaken afgeleid worden:

- Vanaf -1 [m. tov maaiveld] tot circa -13 [m. NAP] bevinden zich slappe lagen.
- Vanaf circa -13 [m. NAP] begint de vaste zandlaag waarop gefundeerd kan worden.
- Vanaf -3,7 [m. NAP] tot -12,3 [m. NAP] ligt een circa 8,5 meter dikke zandlaag, afhankelijk van de grote van de belasting op de bodem kan evt. hier ook op worden gefundeerd.
- De grondwaterstand bevindt zich op het niveau van -1,0 [m. NAP].

3.5.3. Overige specificaties

Peilen	Waterpeil (afk. wp) Doelengracht:	-0,6	[m. NAP]
	Fluctuaties wp Doelengracht:	Waterpeil +/- 0,03	[m]
	Mogelijke extremen / piekfluctuaties wp Doelengracht:	Waterpeil +/- 0,5	[m]
Maaiveldhoogtes	Kade 5 ^e Binnenvestgracht:	+0,57	[m. NAP]
	Kade Clusiustuin:	+0,81	[m. NAP]

⁶ Bron: Zie bijlage I: Grondonderzoek Hortuskassen

3.6. Toegankelijkheid

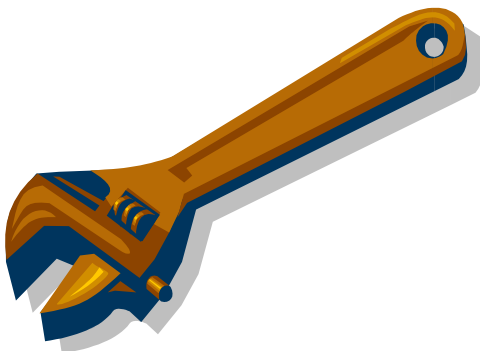
Het kunstwerk, dat een verbinding vormt tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin, wordt gedimensioneerd deels op basis van haar toegankelijkheidsfunctie. Het is de bedoeling dat het kunstwerk een schakel vormt in de wandelroute, welke is vastgelegd in het Leidse Singelplan. Met andere woorden, het gaat dus puur om een wandelroute. De omvang en vorm van het kunstwerk worden daarom gebaseerd op het principe van een voetgangersbrug belastingsklasse VB 5 kN/m². Een voetgangersbrug biedt in wezen toegang aan alle typen wandelaars (van minder validen tot mensen met kinderwagens), tenzij anders aangegeven.



De te realiseren verbinding is onderhevig aan de volgende beperkingen en bepalingen:

- De brug wordt toegankelijk gemaakt voor enkel voetgangers (zie Singelplan).
- Er wordt in de zin van de breedte van het brugdek, ruimte gereserveerd voor onderlinge passeermogelijkheden. Beweegredenen hiervoor zijn het uiterste vergen van de toegankelijkheid die mogelijk is en het vergroten van het loopcomfort.
- Vanuit onder andere de afdeling Stadsruimte van de gemeente Leiden en de Hortus Botanicus/Universiteit Leiden was er de wens (eis) om de mogelijkheid van het toegankelijk maken van het kunstwerk voor minder validen te onderzoeken. Helaas biedt, kort samengevat, de omgeving van het kunstwerk niet voldoende ruimte om zodanig gedimensioneerd en uitgerust te worden dat minder validen (rolstoelgebruikers) het kunstwerk kunnen gebruiken.

Zie bijlage VIII voor een nadere uitwerking van het onderzoek naar toegankelijkheid van minder validen en bijbehorende argumentatie.



3.7. Onderhoud

Onder onderhoud verstaat men doorgaans; Het totaal aan (kosten die gemaakt moeten worden om) activiteiten welke als doel hebben het in 'een aanvaardbare conditie' houden of terugbrengen van kunstwerken, teneinde de functionaliteit van het te onderhouden kunstwerk, te borgen. Het gaat in relatie tot het project niet alleen om het kunstwerk zelf, maar ook om beheer- en onderhoudswerkzaamheden van haar directe omgeving (dus het natte onderhoud aan de Doelengracht incl. kades en onderhoud aan de overkluizing).

Het onderhoud (groot en klein) aan het kunstwerk zal door haar geringe afmetingen en de beperkte omvang van de overkluizing geschieden op/vanaf het kunstwerk zelf, met de hand en evt. met behulp van klein materieel.

De methode van onderhoud van het natte onderhoud in de overkluizing verdient extra aandacht. Deze methode kan namelijk erg verschillen per typen overkluizing, welke zich leent om toegepast te worden in de omgevingssituatie. Er zijn twee typen nat onderhoud mogelijk in de duiker/tunnel;

1. Onderhoud vanaf het grachtwater, door het toepassen van een plathodem (kleinste variant Gemeente Leiden: lengte +/- 3,20 m, breedte: 1,65 m, hoogte: 0,55 m en diepgang: 0,40 m.). Dit soort onderhoud past enkel bij typen kunstwerken die aan de zijkant in de duiker/tunnel gepositioneerd kunnen worden door hun beperkte hoogtewerking (i.v.m. de doorloophoogte) ten opzichte van het waterpeil, terwijl er tegelijkertijd wordt voldaan aan alle betreffende richtlijnen/eisen.
2. Handmatig onderhoud, vanaf het kunstwerk zelf. Dit type onderhoud past bij het soort kunstwerk dat gedwongen in het midden van de duiker/tunnel gepositioneerd moet worden. Deze kunstwerken kunnen beperkt zijn in hun positionering door hun hoogtewerking, afmetingen en/of richtlijnen/eisen die aan het kunstwerk gesteld zijn.

3.8. Categorisering Project

3.8.1. Geotechnische categorisering

Eurocode 7 beveelt aan gebruik te maken van drie geotechnische categorieën als hulpmiddel bij het vaststellen van de geotechnische ontwerpcriteria die op een constructie van toepassing zijn. De geotechnische categorie wordt, ook thans, met name gebruikt om de omvang van het uit te voeren grondonderzoek te bepalen. Eurocode 7 hanteert dus drie gevolklassen (consequence classes, afk. cc) bij het onderscheiden van de gevolgen van bezwijken of disfunctioneren van een constructie: CC3 is de 'zwaarste' klasse en CC1 de 'lichtste'. De meeste constructies zullen in klasse CC2 vallen (vergelijkbaar met veiligheidsklasse 3 uit NEN 6700).

Het project blijkt in geotechnische categorie 2 te vallen. Hieronder vallen kleine en relatief eenvoudige constructies, waarbij de kans op geotechnisch bezwijken gering maar aanwezig is.

3.8.2. Veiligheidsklasse

Conform regelgeving is de veiligheidsklasse van dit kunstwerk geschaald op veiligheidsklasse 3.

3.9. Bijzonderheden

Uit grondige controle blijkt dat de beschikbare gegevens van de gemeente Leiden omtrent het plangebied, **verschillen** met hoe de situatie in werkelijkheid is. De volgende zaken zijn gebleken:

- De kadehoogte van de **5^e Binnenvestgracht** is in tekening 80-29 uit het archief van de gemeente Leiden gesteld op **+ 0,15 m NAP**. Daarnaast is het (zo goed als constante) waterpeil van de Doelengracht in diezelfde bouwtekening op **-0,60 m NAP** vastgesteld. Het verschil tussen de kade en het waterpeil bedraagt dus **0,75 m** ($-0,60 <- > 0,15$). Tijdens inspectie van het plangebied, leek dit verschil van 0,75 m voor het gevoel niet te kloppen. Dit vormde de aanleiding om het verschil tussen kade en het waterpeil van de Doelengracht op te meten met een rolmaat (uiteraard meerdere malen om fouten zoveel mogelijk uit te kunnen sluiten). Uit deze 'nameting' blijkt dat het gemeten verschil **1,17 m** is. Dit rijmt niet met de gegevens van de betreffende bouwtekening, er moet dus ergens in de bouwtekening een fout zijn gemaakt.
Over de **juistheid** van het vastgestelde **waterpeil van -0,60 m NAP** bestaat **geen twijfel**, omdat dit ten eerste het streefpeil van het Hoogheemraadschap van Rijnland is, ten tweede er geen sprake van een waterstandverhoging of verlaging ten tijde van de meting was en ten slotte het waterpeil van -0,60 m NAP in de Doelengracht in vele andere projecten ook is vastgesteld. Omdat het waterpeil klopt, kan er dus worden geconcludeerd dat de **kadehoogte** zoals aangegeven op **tekening 80-29** niet correct is. De kadehoogte aan het einde van de 5^e Binnenvestgracht is in werkelijkheid dus geen + 0,15 m NAP, maar $(-0,60 \text{ m NAP} + \text{de gemeten } 1,17 \text{ m})$ **+0,57 m NAP**.
- De hoogte van de kade aan de **Clusiustuin** is voor **zover bekend niet** in tekeningen van de gemeente Leiden of het Hoogheemraadschap van Rijnland vastgelegd. Om toch een goed inzicht te krijgen van de kadehoogte daar, is er besloten om net als in de 5^e Binnenvestgracht een meting met behulp van een rolmaat te verrichten. Het waterpeil van **-0,60 m NAP** is een **betrouwbaar uitgangspunt** (zie tekst onder vorige punt). Uit meting (incl. nametingen) blijkt dat de kade ten opzichte van het waterpeil, **1,41 m** hoger ligt. Op basis van het waterpeil kan er dus gesteld worden dat de hoogte van de kade (waterpeil -0,60 m NAP + de gemeten 1,41 m) **+0,81 m NAP** bedraagt.
- Nadat er is gebleken dat de bouwtekeningen uit de archieven verschillen met de werkelijkheid, is er besloten om de **plattegrond** van het plangebied in het computerontwerpprogramma **Autocad** tevens te **controleren** op validiteit. Wat hiermee bedoeld wordt is dat de globale omtrekken van voorwerpen/gebouwen worden vergeleken met fotomateriaal van dezelfde locatie. Het resultaat hiervan is dat de plattegrond van het plangebied in Autocad, in vergelijking met de foto's, tevens **verschilt** met de werkelijkheid. Hierop zijn de volgende acties genomen; ten eerste zijn de nieuwe omtrekken globaal vastgesteld (aan de hand van het **fotomateriaal**) en in **Autocad** met een **afwijkende kleur (geel)** ingetekend en weergegeven. Ten tweede is **tegelijkertijd** de oorspronkelijke staat (omtrekken) van het plangebied in Autocad **intact** gelaten, zodat men duidelijk kan zien welke **mutaties** er zijn doorgevoerd in de aangepaste versie van het plangebied in Autocad.

BELANGRIJK Elke bijzonderheid en de daaraan hangende mutatie(s) die is beschreven in deze paragraaf zal worden gebruikt als **uitgangspunt** in het verdere projectverloop en onderzoek. Een **consequentie** hiervan is dat voordat er kan en mag worden begonnen met het ontwerp als **definitief** te bestempelen, elke uitgangspunt uit deze paragraaf door **experts** zorgvuldig zal moeten worden **geverifieerd**.

4. INVENTARISATIE EISEN EN WENSEN PARTIJEN

Om te komen tot een volledig programma van eisen worden de eisen en wensen inzichtelijk gemaakt van alle betrokken partijen in en rondom het plangebied. Partijen waar rekening mee kan worden gehouden zijn:

- Gemeente Leiden
- Hoogheemraadschap Rijnland
- Omgevingsdienst West-Holland
- Universiteit Leiden/Hortus Botanicus
- Nutsbedrijven
- Eigenaren bedrijven, woningen en/of kavels
- Hulpdiensten
- Gebruikers wegen en vaarwegen
- Omwonenden

In het concept programma van eisen is vooralsnog alleen rekening gehouden met de eisen en wensen van de volgende partijen, contactpersonen zijn daarbij aangegeven:

- Gemeente Leiden
 - Ruimte en Milieubeleid, team Ruimte en Milieu, dhr. A. Kaashoek
 - Realisatie en Beheer, team Stadsontwerp, dhr. R. Boetekees
 - Realisatie en Beheer, team Stadsruimte, mevr. K. Jansen
 - Monumenten en Archeologie, team monumenten, dhr. M. Burger
 - Werkvoorbereiding Openbare Ruimte, team Ingenieursbureau, dhr. G. van Tol en dhr. R. Schellingerhout
 - Stedelijk Beheer, dhr. B. Spigt
- Hoogheemraadschap Rijnland
 - Plantoetsing, dhr. P. Dukker
- Omgevingsdienst West-Holland
 - Bodem, dhr. G. Terberg
- Universiteit Leiden/Hortus Botanicus
 - Prefect/directeur, dhr. P. Kessler

4.1. Stedenbouwkundig

In de onderstaande tabel is een opsomming gegeven van de stedenbouwkundige eisen en wensen, zoals aangegeven vanuit de afdeling Ruimte en Milieubeleid, team Ruimte en Milieu.

Eisen:

	Functies; voetgangersverbinding vormen tussen 5 ^e Binnenvestgracht en Clusiustuin. Tevens moet brug één van de iconen van Leiden worden ⁷ . Begrip icoon moet, naar blijkt uit overleg in dit geval, niet al te letterlijk worden genomen maar moet vooral binnen de Singelplanroute eruit springen door mooi en vooral als verassend (bij aankomst in de Clusiustuin bijv.) te boek te staan.	
	Voetgangersverbinding in sfeer van 5 ^e Binnenvestgracht passen	
	Exacte positie verbinding nader te bepalen, zoveel mogelijk in midden (functioneel) → positie afhankelijk van doorvaart	
	Mogelijkheid van openen ivm doorvaart/baggeren? afhankelijk van eisen Hoogheemraadschap	
	Bij aanlandingen duidelijk merkbaar maken overgang naar brug door contrast materiaal	
	Lijn van kade 5 ^e Binnenvestgracht niet aantasten, beginnen aanlandingsconstructie naast kade	

⁷ Bron: Uitwerkingsversie van de Structuurversie Leiden 2025 bladzijde 41, d.d. april 2011

	Aanlanding Clusiustuin besproken inkeping in vorm van trap in Clusiustuin. Hier hoogstwaarschijnlijk toestemming van Universiteit/Hortus voor. Lijn kade ter plekke zoveel mogelijk intact houden.	
	In brugdek voorzieningen stroefheid toepassen.	
	In geval van variaties waterpeil, verbinding aanlanding – brugdek niet vast, maar flexibel (scharnierend/schuivend) maken.	
	Dek/voetpad vlak boven waterpeil aanleggen	
	Brug Clusiustuin vlak na duiker niet aantasten	
	Verlichting toepassen op subtiele wijze (bijv. in leuningwerk)	
	Geen rekening houden met minder validen in ontwerp ivm met beperkte ruimte en financiën	

Wensen:

	Vorm brugdek bij voorkeur plat	
	Leuning aan 1 kant van verbinding, onderzoeken naar mogelijkheid geen leuning.	

4.2. Monumenten en Archeologie

In de onderstaande tabel is een opsomming gegeven van de eisen en wensen, zoals aangegeven vanuit de afdeling Monumenten en Archeologie.

Eisen:

	Wanneer Universiteitsgebouw (zijnde rijksmonument) ingrijpend wordt aangetast dan advies van de RCE noodzakelijk. Gemeente moet zelf inschatten of de aantasting voldoende ingrijpend is om RCE in te schakelen.	
	Archeologische rol ondergeschikt ivm beperkte graafwerkzaamheden.	
	Locatie is beschermd stadsgezicht	
	Eisen gesteld aan uiterlijk en inpassing van eventuele brug; • Zuinig op grachten, moet open water blijven en duidelijk herkenbaar blijven als gracht. • Geen optische afdichting van water/gracht. • Verbinding moet rank, licht, doorzichtig en ontwerper open staan voor soort materialen die toegepast gaan worden; Esthetiek centraal. • Belangrijk behoud hoogwaardige inrichting Clusiustuin ondanks aanpassingen.	
	Brug moet hoogwaardige toevoeging zijn aan de bestaande karakteristieke bebouwing.	
	Zo min mogelijk constructies op water, hoe minder hoe beter. Water moet centraal staan. Het gevoel straat, grens, water moet vast worden gehouden → Creatieve oplossingen?	

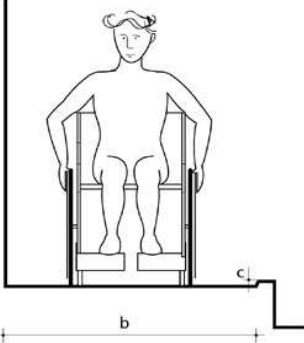
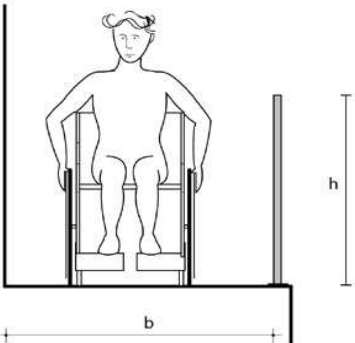
Wensen:

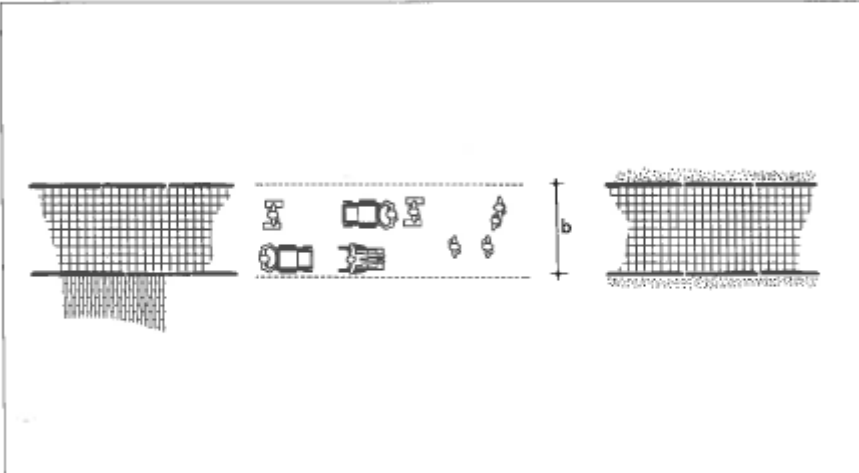
	In ontwerpproces zo vroeg mogelijk afstemmen met bewoners plangebied (dwz mensen uit de buurt, relevante wijkverenigingen en (evt.) historische verenigingen op tijd benaderen).	
	Onderzoek doen naar het toepassen van een pontje.	

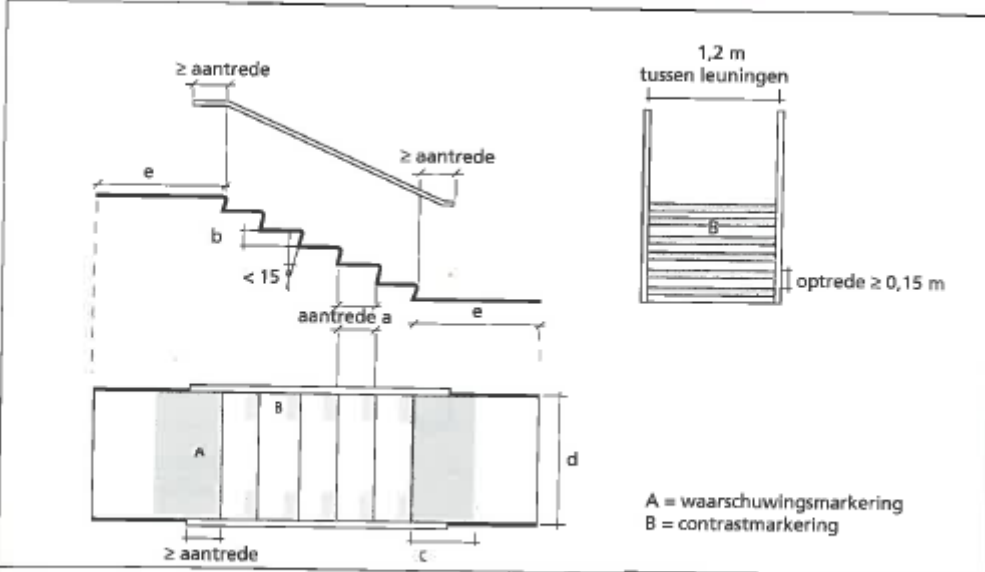
4.3. Verkeerskundig

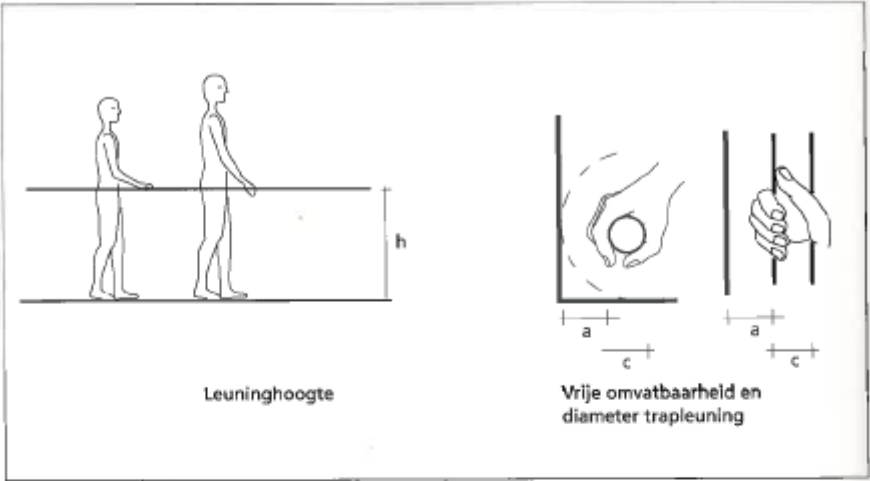
In de onderstaande tabel is een opsomming gegeven van de verkeerskundige eisen en wensen, zoals aangegeven vanuit de afdeling Realisatie en Beheer, team Stadsontwerp.

Eisen:

	Brug toegankelijk voor alleen voetgangers																																	
	Voor voetgangers (waaronder slechtlopende of slechtzienden, voor zover zij geen hulpmiddelen gebruiken) heeft het gewenste profiel van vrije ruimte een minimale breedte van 1,20 meter.																																	
	Totale breedte profiel inclusief leuningen minimaal 1,50 meter.																																	
	Richtlijnen voor helling van voetgangers: <table><tr><th>Hoogteverschil</th><th colspan="2">Helling</th><th>Lengte helling</th></tr><tr><td></td><th>Van</th><th>tot</th><td></td></tr><tr><td>< 0,02 m</td><td>n.v.t.</td><td>n.v.t.</td><td></td></tr><tr><td>0,02 < 0,10 m</td><td>n.v.t.</td><td>1:10</td><td>0 – 1,0 m</td></tr><tr><td>0,10 < 0,25 m</td><td>1:10</td><td>1:12</td><td>1,0 – 2,9 m</td></tr><tr><td>0,25 < 0,50 m</td><td>1:12</td><td>1:16</td><td>2,9 – 7,2 m</td></tr><tr><td></td><td colspan="2">Helling</td><td></td></tr><tr><td>0 < 0,50 m</td><td>1:25</td><td></td><td></td></tr></table> De voor rolstoelers gewenste maximum toe te passen dwarshelling ten opzichte van de bewegingsrichting bedraagt 1:50	Hoogteverschil	Helling		Lengte helling		Van	tot		< 0,02 m	n.v.t.	n.v.t.		0,02 < 0,10 m	n.v.t.	1:10	0 – 1,0 m	0,10 < 0,25 m	1:10	1:12	1,0 – 2,9 m	0,25 < 0,50 m	1:12	1:16	2,9 – 7,2 m		Helling			0 < 0,50 m	1:25			
Hoogteverschil	Helling		Lengte helling																															
	Van	tot																																
< 0,02 m	n.v.t.	n.v.t.																																
0,02 < 0,10 m	n.v.t.	1:10	0 – 1,0 m																															
0,10 < 0,25 m	1:10	1:12	1,0 – 2,9 m																															
0,25 < 0,50 m	1:12	1:16	2,9 – 7,2 m																															
	Helling																																	
0 < 0,50 m	1:25																																	
	Alle aan te leggen hellingen dienen te worden voorzien van een voldoende stroefheid naar de bijbehorende NEN-normen.																																	
	De totale doorloophoogte h moet minimaal 2,40 meter zijn. (Eventueel concessies te bespreken met dhr Boetekees)																																	
	De voetgangersbrug heeft een verbindende functie tussen de 5 ^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin.																																	
	Valbeveiliging – langs een helling (1) zonder leuning  (2) met leuning  Toepassingsgebied: + (1) bij hoogteverschil tot 0,25 m + (2) bij hoogteverschil van 0,25 tot 1,00 m Uitvoering: + indien helling steiler dan 1:25, naast de hellingbaan een trap aanbrengen + helling in dwarsrichting horizontaal + trap naast hellingbaan verbetert gebruiksmogelijkheden voor mensen die slecht ter been zijn Maatvoering: + b = 1,50 (1,20) m = 1,80 m, indien onderlinge passeermogelijkheden gewenst + c ≥ 0,05 m																																	

	+ h = afscherming $\geq 1,00$ m = leuning 0,85 a 0,95 m + afstand tussen openingen in afscherming $\leq 0,10$ m <u>Opmerkingen:</u> 1 Bij een hoogteverschil van meer dan 1,00 m is voor mensen met een handicap een liftinstallatie nodig	
	Voetpad ASVV: 14.4.1  Toepassingsgebied + aan beide zijden van een straat behalve eventueel bij eenzijdige bebouwing aan de niet bebouwde kant (als daar weinig voetgangersverkeer is, kan worden volstaan met een smalle loopstrook) - niet in erf Uitvoering - bij aanliggend pad, niveauverschil van 0,08 à 0,10 m met rijbaan aanbrengen (trottoir) - trottoirband in beginsel (nagenoeg) verticaal (tegen parkeren en rijden op trottoir) - verharding (en afwatering), zie 17.3.14 Maatvoering - $b \geq 2,00$ (1,50) m, afhankelijk van: • beschikbare totale wegbreedte • intensiteit voetgangersverkeer • gewenste kwaliteit (vanaf een breedte van 1,80 m kunnen twee naast elkaar lopende voetgangers door een derde worden voorbijgelopen) > 1,20 m, bij vernauwingen korter dan 10 m > 0,90 m, bij 'harde' puntenvernauwingen (lichtmasten, verkeersborden) - hoogte 2,20 m obstakelvrij (zonneschermen, reclameborden, verlichting, verkeersborden) Positieve aspecten - voldoende manoeuvreerruimte, ook voor mensen met een handicap, met zware bagage of kinderwagens	

	Trap ASVV: 14.4.7  Toepassingsgebied + hoogteverschil $\geq 0,20$ m + ook gebruik door ambulante gehandicapte mensen + geen helling Uitvoering - trap moet voor visueel gehandicapten goed waarneembaar zijn via natuurlijke gidslijn of geleidelijn - bovenaan de trap, voorafgaand aan de eerste trede waarschuwingsmarkering (A) aanbrengen (onderaan gewenst, maar niet verplicht) - treden in voldoende kleurcontrast (B) - bovenste en onderste trede over hele breedte markeren met een contrasterende kleur. Overige treden aan de zijkant over een breedte van 0,30 m vanaf de leuning - markering voldoende kleurcontrast - trap voorzien van goed omvatbare leuning - trap hoger dan 1,80 m moet worden voorzien van een rustplateau - zorg voor (ook bij regen) slipvrije treden - geen treden met een scherpe rand - geen overstekende tredeneuzen - gesloten treden - zo mogelijk stootborden toepassen - zo mogelijk fietsgoot naast trap Maatvoering - a = 0,30 m (aantrede) - b $\leq 0,15$ m (optrede) - c = 0,60 m - d $\geq 1,20$ m - e $\geq 1,20$ m - h = 0,85 à 0,95 m = 1,00 m, bij bordessen Combinatiemogelijkheden - stootborden en leuning, zie 14.4.8 - gidslijn, zie 14.4.9 - geleidelijn, zie 16.2.40 Positieve aspecten - verbetering gebruik trappen door mensen met een handicap	
--	---	--

	Leuning - detail ASVV: 14.4.8  Toepassingsgebied + hellingen met een hoogteverschil $\geq 0,20$ m + langs trappen en bordessen, uit veiligheids-overwegingen en voor loopcomfort - in loopruimten waar de geleiding door de leuning van belang is Uitvoering - belastbaarheid leuning ≥ 2.000 N - voor rolstoelgebruikers leuningen aan beide zijden van de helling aanbrengen - leuning laten doorlopen op bordessen en bij het begin en einde van de trap voorbij eerste en laatste optrede met de lengte van de aantrede - de leuningen mogen niet hinderlijk zijn voor andere voetgangersbewegingen - voor optimale 'grip' goed omgrijpbare (ronde) vorm toepassen (van belang voor slechtlopenden, mensen met evenwichtsstoornissen en oudere voetgangers) - voor hellingen zie 6.2/33 - voor trap zie 14.4.7 Maatvoering - $h = 0,85$ à $0,95$ m t.b.v. slechtlopende en visueel gehandicapten ($0,75$ m t.b.v. rolstoelgebruikers en $0,60$ m t.b.v. kinderen en kleine mensen) - $= 1,00$ m aan open zijde van bordessen - $c =$ lengte aantrede Combinatiemogelijkheden - valbeveiliging bij hellingbanen, zie 14.4.6 Positieve aspecten - een goed omgrijpbare leuning is behalve voor mensen met een handicap ook voor andere verkeersdeelnemers, vooral voor oudere voetgangers, van belang	
	Als uitgangspunten voor het civieltechnische ontwerp gelden de huidige NEN-normen.	
	Voor nadere richtlijnen: ASVV 2004	

Wensen:

	Voor oudere en mindervalide voetgangers dient het wegdek voldoende vlak te zijn; plasvorming, op- en afstapjes, enzovoort worden als vervelend ervaren.	

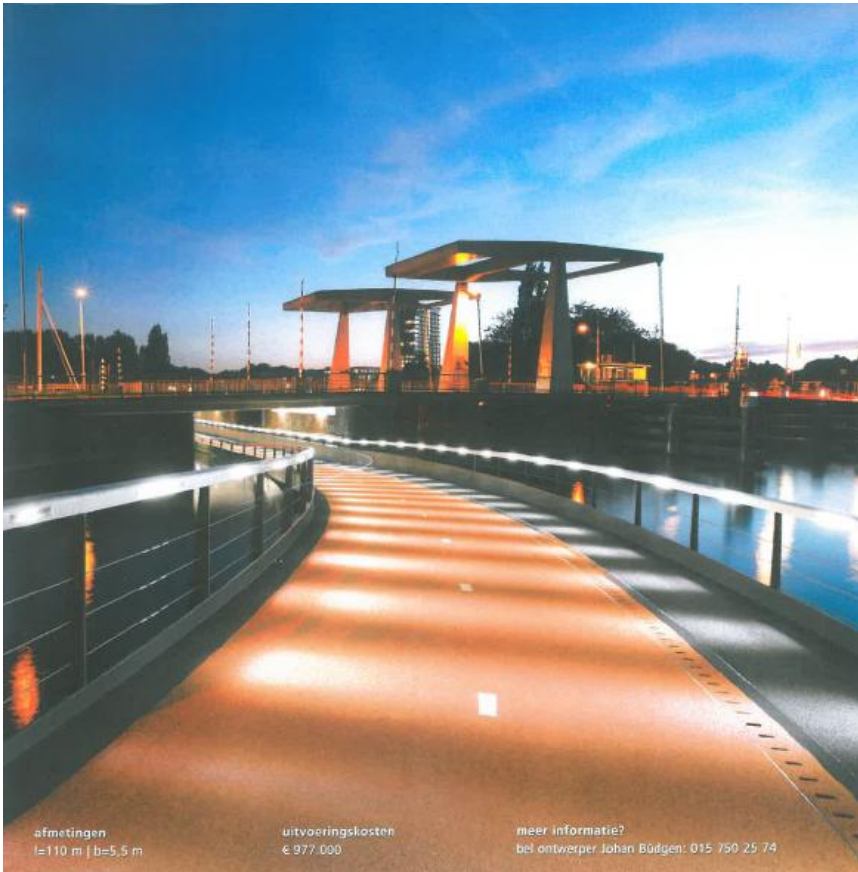
4.4. Civieltechnisch

In de onderstaande tabel is een opsomming gegeven van de eisen en wensen, zoals aangegeven vanuit de afdeling Werkvoorbereiding Openbare Ruimte, team Ingenieursbureau.

Eisen:

	Ontwerplevensduur van XX jaar (materiaal afhankelijk), moet duurzaam zijn.	
	Voorwaarden verlichting; 's Nachts afsluiten voorziening ivm afwezigheid toezicht óf het toepassen van verlichting in duiker	
	Voldoen aan alle betrokken wetten en (NEN-)normen bruggen/vlonders	

Wensen:

	Voorkeur (LED)verlichting in leuningwerk, om aantasting van het monumentale pand van de Universiteit Leiden te voorkomen. Een voorbeeld:  afmetingen l=110 m b=5,5 m uitvoeringskosten € 977.000 meer informatie? bel ontwerper Johan Buijgen: 015 750 25 74	

4.5. Beheer en onderhoud

In de onderstaande tabel is een opsomming gegeven van de eisen en wensen, zoals aangegeven vanuit de afdeling Stedelijk Beheer.

Eisen:

	Eisen tbv onderhoud watergang, overspanningen/peilers en bescherming (meerpalen, remmingswerken) zie Hoogheemraadschap Rijnland.	
	Gewoon onderhoud en baggeren watergang (Doelengracht) is de verantwoordelijkheid van Hoogheemraadschap Rijnland. (zie Leggerkaart oppervlaktewater, blad 108, herziening 2011, Hoogheemraadschap Rijnland)	
	Rekening houden met gebruik onderhoudsmaterieel (platbodems etc.)	
	Duurzame materialen toepassen (zie bijlage VII)	
	Volgens handboek Onderhoud kader Nota verordeningen, zo veel mogelijk standardelementen in constructie toepassen tbv onderhoud. Ontwerpen die niet gebaseerd zijn op standardelementen, zijn niet gewenst. Afdeling Stedelijk Beheer heeft een redelijk grote invloed in ontwerpen tegenwoordig.	

Wensen:

	Zoveel mogelijk kunstwerk aan zijkant om doorstroming water zo min mogelijk te belemmeren en onderhoud te versimpelen.	

4.6. Stadsruimte

In de onderstaande tabel is een opsomming gegeven van de eisen en wensen, zoals aangegeven vanuit de afdeling Stadsruimte.

Eisen:

	Ontwerp dient passend te zijn in haar omgeving.	
	Het ontwerp moet niet al te opzichtig zijn.	
	Ontwerp dient eenvoudig te worden uitgevoerd, doch in een strak en modern design.	
	De brug dient niet voorzien te zijn van te veel "poespas" (leuning e.d.)	
	Onderzoeken mogelijkheid geschikt te maken voor minder validen.	

Wensen:

	Gebruik van de kleur antraciet (op bijvoorbeeld leuningwerk)	
	Nergens de kleur donkergroen toepassen.	

4.7. Omgevingsdienst West Holland

In de onderstaande tabel is een opsomming gegeven van de eisen en wensen, zoals aangegeven vanuit de Omgevingsdienst West Holland.

Eisen:

	Rekening houden bij ontwerp met mogelijke kadastrale beperkingen (vlekken verontreinigde grond) op het perceel van de Clusiustuin.	
	Alvorens aan te vangen met (graaf)werkzaamheden bij de Clusiustuin chemisch kwaliteit ondergrond vast te stellen dmv uitvoeren indicatief bodemonderzoek.	
	Bij bodemonderzoek extra aandacht geven aan parameter asbest	
	In geval palen in waterbodem slaan voor fundering dan waterbodemonderzoek uitvoeren.	
	Al de genoemde onderzoeken dienen te voldoen aan de standaardzinnen die hiervoor gelden, te weten: 1. Werkzaamheden met (mogelijk) verontreinigde grond moeten plaatsvinden volgens wettelijke regels. Deze zijn opgenomen in de Wet Milieubeheer, de Regeling melden bedrijfsafvalstoffen en gevaarlijke afvalstoffen (Landelijk Meldpunt Afvalstoffen) en het Besluit bodemkwaliteit. 2. Richtlijnen voor veiligheid zijn vastgelegd in CROW-publicatie 132: 'Werken in en met verontreinigde grond en verontreinigd (grond)water'. 3. Voor toepassen van grond met kwaliteit boven de achtergrondwaarde binnen het werkgebied van de Omgevingsdienst West-Holland dient een melding gedaan te worden door middel van het meldingsformulier (www.mdwh.nl). De Omgevingsdienst beoordeelt of de partij grond mag worden toegepast op de geplande locatie. Voor het toepassen van meer dan 50 m³ schone grond dient een melding te worden gedaan via de website www.meldgrond.nl.	

Wensen:

4.8. Hoogheemraadschap van Rijnland

In de onderstaande tabel is een opsomming gegeven van de eisen en wensen, zoals aangegeven vanuit het Hoogheemraadschap van Rijnland.

Eisen:

	Voor de aanleg van een verbinding dient een watervergunning te worden aangevraagd. (op grond van Keur 2009, artikel 3.1.1., lid 1a en 1b)	
	De doorstroming van minder groot belang, watergang is klasse overige watergang	
	Rekening houden met randvoorwaarden vanuit watervergunning en (overkluizingen) beleid Hoogheemraadschap Rijnland. Nadere uitwerking in onderstaande eisen.	
	Bij het opstellen van de voorwaarden voor de kunstwerken zijn de volgende uitgangspunten toegepast (bron: "Beleids- en Algemene regels – Inrichting Watersysteem Keur 2011") : • Waterkwantiteit: kunstwerken mogen de aan- en afvoer van water niet ontoelaatbaar belemmeren (zie bijlage V). • Waterkwaliteit: kunstwerken mogen de waterkwaliteit en de ecologie niet ontoelaatbaar negatief beïnvloeden. • Beheer en onderhoud: kunstwerken mogen het onderhoud aan de oppervlaktewateren en	

de oevers niet belemmeren.

Voor nadere toelichting van de uitgangspunten zie; "Beleids- en Algemene regels – Inrichting Watersysteem Keur 2011"

Op grond van de Keur 2009 (artikel 3.1.1, lid 1a en 1b) heeft het bestuur van Rijnland de volgende voorwaarden opgesteld voor (kunst)werken die in de kernzone van een oppervlaktewater worden aangelegd:

Artikel 2: voorwaarden kunstwerken

Per (kunst)werk moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

	Primaire Oppervlaktewateren	Overige Oppervlaktewateren
Maximaal verval per kunstwerk. Bij maatgevende afvoer.	Per geval beoordelen waarbij het effect op het watersysteem maatgevend is.	Per geval beoordelen, met als randvoorwaarde dat het maximale verval in het oppervlaktewater waarin het kunstwerk wordt aangelegd 5 cm bedraagt (gemeten van het dichtstbijzijnde primaire oppervlaktewater tot en met het uiteinde van het peilvak).
Maximale stroomsnelheid in kunstwerk. Bij maatgevende afvoer.	Vanaf 0,30 m/s dient in (indien ondergrond niet is beschermd), beneden- en bovenstrooms van het kunstwerk bodembescherming te worden aangebracht	
Minimale vrije ruimte in vaarwegen (zie kaartenbijlage 3; vaarwegbeheer Rijnland), t.o.v. zomerpeil	1,60 m x 3,75 (h x b)	
Binnenonderkant kunstwerk	0,10 m onder de ingreepmaat (Bij bruggen niet van toepassing)	Minimaal 2/3 van de inwendige hoogte dient onder de waterspiegel te liggen (t.o.v. winterpeil). (Bij bruggen niet van toepassing)
Minimale afmetingen waterspiegel – binnen bovenkant kunstwerk, t.o.v. zomerpeil	1,25 m x 2,00 m (h x b). ondergrens 0,80 x 2,00 m (h x b)	Minimaal 0,20 m. Voor duikers geldt deze eis t.o.v. winterpeil.

Artikel 3: Compensatie bergend oppervlak

Het bergend oppervlak dat het (kunst)werk in beslag neemt, moet conform het dempingenbeleid gecompenseerd worden.

Artikel 4: materiaal

Bij de aanleg en bij reparatie/renovatie van kunstwerken mag geen materiaal gebruikt worden met een negatieve invloed op de waterkwaliteit en de ecologie, zie bijlage IV.

Artikel 5: natprofiel schoon en open

De onderhoudsplichtige van een kunstwerk moet het natprofiel altijd schoon en open houden.

Artikel 6: diepte

De onderhoudsplichtige van het kunstwerk is verantwoordelijk voor het verwijderen van de extra baggeraanwas (ten opzichte van het aansluitende oppervlaktewater) die over een lengte van 5 m ter weerszijden van het kunstwerk kan ontstaan.

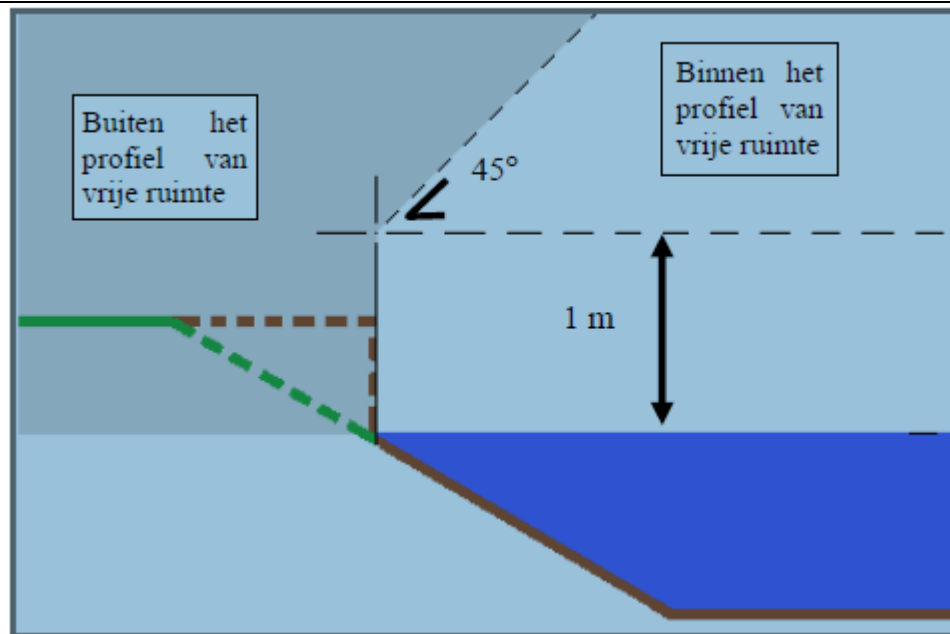
Artikel 7: voorzieningen voor onderhoud

Indien door het plaatsen van een kunstwerk, in of nabij het oppervlaktewater, er geen onderhoud vanaf het water meer mogelijk is moeten aanvullende voorzieningen worden getroffen (bijvoorbeeld het aanleggen van een locatie waar een onderhoudsboot te water kan worden gelaten).

OVERIGE OVERKLUIZINGEN (artikel 15 tot en met 21)

Artikel 15: profiel vrije ruimte

Alle overkluizingen zoals steigers die binnen het profiel van de vrije ruimte (de ruimte die vrij moet blijven van objecten) vallen, moeten voldoen aan de eisen in artikel 16 tot en met 22. Waterkwaliteit en ecologie zijn daarbij belangrijke aandachtspunten.



Het profiel van vrije ruimte wordt begrensd door een lijn van 45 graden vanuit het punt 1 m boven de waterlijn.

Artikel 16: volledige overkluizingen

Volledige overkluizingen waarbij het oppervlaktewater over de gehele breedte wordt afgedekt, zijn alleen toegestaan indien deze een duidelijke verkeersfunctie hebben. De toegestane afmetingen worden in overleg met Rijnland bepaald.

Artikel 17: eisen afmetingen

a. Per overkluizing moet worden voldaan aan onderstaande afmetingen (gemeten op de oeverlijn, ten opzichte van het winterpeil).

Breedte* oppervlakte-water	Maximale breedte (gemeten haaks op de oeverlijn)	Maximaal oppervlak van het werk
≥ 3 m en < 10 m	1/10 van de breedte van het oppervlaktewater	2,5 m ²
≥ 10 m en < 20 m	Idem	5 m ²
≥ 20 m en < 50 m	Idem	10 m ²
≥ 50 m	Idem	15 m ²

* breedte oppervlakte water: de breedte van het oppervlaktewater op de locatie waar het werk wordt aangelegd.

b. Bij overkluizingen die onderdeel uitmaken van een planologisch bestemde jachthaven, worden aantal en afmetingen per aanvraag beoordeeld.

c. Bij overkluizingen met een publieke functie worden aantal en afmetingen per aanvraag beoordeeld.

Artikel 18: steunpalen

Steunpalen mogen niet groter zijn dan 250 mm x 250 mm. Er mogen geen schotten of andere constructies, zowel onder als boven water, tussen de steunpalen worden geplaatst die de vrije doorstroming in alle richtingen onder de overkluizing beperken.

Artikel 19: aantal overkluizingen

Voor aan oppervlaktewater grenzende kadastrale percelen met een oeverlengte kleiner of gelijk aan 25 meter mag per kadastraal perceel maximaal een overkluizing worden aangebracht. Indien de oeverlengte groter is dan 25 meter, wordt per aanvraag beoordeeld hoeveel overkluizingen mogen worden aangelegd. Voor direct aan oppervlaktewater grenzende kadastrale percelen met een oeverlengte groter dan 25 meter wordt per aanvraag beoordeeld hoeveel overkluizingen er mogen worden aangelegd.

Artikel 20: tijdelijk verwijderen Eigenaren van steigers zijn verplicht op aanwijzing van Rijnland deze werken tijdelijk te verplaatsen of te verwijderen. Artikel 21: flexibele verbinding Steigers mogen niet vast aan de oeeververdediging verbonden worden. Voor nadere toelichting van de uitgangspunten zie; “Beleids- en Algemene regels – Inrichting Watersysteem Keur 2011”	
Eisen onderhoud⁸: <u>Doelengracht:</u> Leggernr.: 448-23 Waterdiepte: 0,75 m. Taluds: 1:3 Onderhoudsplichtigen alleen in kernzone (artikel 5), onder kernzone valt nat profiel + taluds Onderhoud taluds Doelengracht = aangeland Buitengewoon onderhoud nat profiel Doelengracht = Hoogheemraadschap Rijnland Gewoon onderhoud nat profiel Doelengracht = Hoogheemraadschap Rijnland	

Wensen:

	Bij voorkeur zo min mogelijk steunpalen in de bodem.	
	Voorkeur onderhoud vanaf water, anders onderzoek doen naar andere onderhoudsmethodieken.	

4.9. Universiteit Leiden/Hortus Botanicus

In de onderstaande tabel is een opsomming gegeven van de eisen en wensen, zoals aangegeven vanuit de Universiteit Leiden.

Eisen:

	Hortus gaat wellicht in heg vensters snijden om introductie op 5 ^e Binnenvestgracht te vergroten.	
	Brug voorzien van voldoende voorzieningen om veilig en aantrekkelijk gevoel te creëren.	
	‘Hufterproof’ maken kunstwerk.	
	Verlichting goed op orde in tunnel.	
	In brug zo min mogelijk verschillende (bouw)stijlen toepassen.	
	Kunstwerk afsluitbaar maken dmv een hek bij aanlanding 5 ^e Binnenvestgracht.	
	Het kunstwerk en afsluiting (hek) moet passen in sfeer omgeving.	
	Aanlanding Clusiustuin mag in vorm van trapconstructie.	
	Aansluiting openbaar gedeelte Clusiustuin, over grindpad langs (/tegen) universiteitsgebouw.	
	Bij de aansluiting dient het hek tussen openbare en betaalde deel Clusiustuin, in overleg, te worden verplaatst.	

Wensen:

	Open kaart spelen met alle betrokken partijen (incl. omwonenden) belangrijk.	
	Onderzoeken op geschikt maken minder validen.	

⁸ Bron: Leggerkaart oppervlaktewater, herziening 2011, blad 108 (doc. Hoogheemraadschap Rijnland)

5. EISEN VERTAALD NAAR ONTWERP

Nu de ingekomen eisen en wensen van alle bij het project betrokken partijen zijn verzameld, worden in dit hoofdstuk de eisen/wensen vertaald en eventueel uitgebreid naar de uiteindelijke eisen die gesteld worden aan het ontwerp van de verbinding tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin.

5.1. Eisen projectniveau

- De realisatie van de brug(verbinding) dient in overeenstemming te zijn met de dan geldende wet- en regelgeving en aanvullende bepalingen gesteld door de gemeente Leiden. De brug en vlonders, dient ten minste te voldoen aan de eisen gesteld in de meest recente versies van:
 1. Het Bouwbesluit inclusief de van toepassing zijnde Nota's van Toelichting;
 2. De Bouwverordening Leiden 1992;
 3. Handboek Kwaliteit Openbare Ruimte, deel I t/m III;
 4. Voorschriften/eisenpakketten: dienst Bouw- en Woningtoezicht Leiden, dienst Ruimte en Milieubeleid, dienst Realisatie en Beheer, dienst Monumenten en Archeologie, dienst Werkvoorbereiding Openbare Ruimte, Milieudienst West Holland, Hoogheemraadschap van Rijnland, Hortus Botanicus/Universiteit Leiden, lokale nutsbedrijven, e.d.;
 5. De Arbowet en regelgeving dient bij te dragen tot de realisatie van optimale arbeidsomstandigheden, zodat toezichthoudende technisch personeel onder prettige en optimale omstandigheden kunnen werken;
 6. Het Bestemmingsplan;

5.1.1. Overig

- De brug c.q. vlonder c.a. dienen te worden berekend overeenkomstig de daarvoor van toepassing zijnde NEN-EN-normen 1990 t/m 1993.
- De vervormingen en doorbuigingen van alle onderdelen van de brug c.q. vlonder dienen te voldoen aan de vervormingseisen van NEN 6702 en 6706, meest recente versie.
- De berekeningen dienen te voldoen aan materiaal gebonden normen staal NEN 6770 t/m 6774.
- De berekeningen dienen te voldoen aan materiaal gebonden normen hout NEN 6760.
- De berekeningen dienen te voldoen aan materiaal gebonden normen kunststoffen (PMMA en PC) NEN 6603.
- De berekeningen dienen te voldoen aan materiaal gebonden normen beton NEN-EN 1994.
- De te gebruiken materialen dienen minimaal aan de volgende kwaliteitseisen te voldoen:
 - Hardhout: CE keurmerk, conform NEN 5455 (KVH 2010), kwaliteitsklasse D30(dekdelen) en D50 (langs- en dwarsliggers), duurzaamheidsklasse 1, veiligheidsklasse 3.
 - RVS: conform EN 10088, duurzaamheidsklasse 1, veiligheidsklasse 3.
 - PMMA/PC: Conform NEN 6603, duurzaamheidsklasse 1, veiligheidsklasse 3.
 - Beton: Kwaliteitsklasse B45, duurzaamheidsklasse 1, veiligheidsklasse 3.
- De bereikbaarheid van bestaande en in aanbouw zijnde gebouwen dient te allen tijde gewaarborgd te zijn voor fietsers en voetgangers.
- De doorstroming van het water van de gehele watergang dient te allen tijde gewaarborgd te zijn.

- Tijdens de werkzaamheden, binnen de gebruikelijke werktijden, mag het ter plaatse veroorzaakte equivalente geluidsniveau (LAeq) bij de dichtstbijzijnde bebouwing niet meer bedragen dan 60 dB(A).
- Bij het uitvoeren van (hei) werkzaamheden mag de veroorzaakte geluidsbelasting op 15 meter van de stelling de waarde van 83 dB(A) niet worden overschreden.
- Voorkomen dient te worden dat grote zettingen optreden van het maaiveld (rondom plangebied, aansluitende wegen, voetpaden en dergelijke).

5.2. Eisen Brugniveau

5.2.1. Eisen brugsysteem

- Voor het te bereiken eindresultaat wordt verwezen naar tekening: VO Vlonderbrug aanzichten en VO Aanzichten Duikbrug: Te maken situatie, doorsneden.
- De brug dient een ontwerplevensduur 30 jaar (hardhout/kunststof) te hebben, zie NEN-EN-1990:2002 met ontwerp veiligheidsklasse 3.
- Het werk moet zodanig ontworpen en uitgevoerd zijn dat het object gedurende de gehele levensduur de gevraagde functie(s) kan vervullen.
- De brug dient berekend te worden op belastingsklasse VB 5 kN/m² voetgangersbrug. Hierbij hoeft er geen rekening gehouden te worden met toegankelijkheid voor minder validen in het ontwerpproces e.a..
- Er dient rekening te worden gehouden met de aanwezigheid van dooizouten.
- De brug heeft geen geheel vrije overspanning maar berust haar fundering op palen.
- De brug dient voorzien te zijn van subtiele verlichting (bij voorkeur verwerkt in het leuningwerk) in het traject onder het universiteitsgebouw.

5.2.2. Eisen met betrekking tot de fundering

- Ongelijkmatige zettingen in de brug zijn niet acceptabel.
- De fundering berust op stalen buispalen.
- De opdrachtnemer dient in het ontwerp rekening te houden met reeds aanwezige belemmerende objecten in de Doelengracht; zijnde vuilstoppers, de duiker door de Universiteit Leiden en de brug over de Clusiustuin.

5.2.3. Eisen met betrekking tot de aanlandingen

- Voor het te bereiken resultaat zie tekening VO Vlonderbrug aanzichten en VO Aanzichten Duikbrug
- De houten aanlandingen dienen te zijn uitgevoerd in hardhout, kwaliteitsklasse D30 (dekdelen) en D50 (langs- en dwarsliggers), duurzaamheidsklasse 1.
- Ter plaatse van de aansluiting op bestaande kades en verhardingen mag geen zettingsverschil optreden.
- Maximale horizontale verplaatsing aanlandingen is +/-5 mm.

- De aanlandingen dienen visueel een duidelijke overgang te creëren van voetpad naar brug VO Vlonderbrug aanzichten en VO Aanzichten Duikbrug
- De aanlandingen mogen de aanwezige kadelijnen visueel niet onderbreken/aantasten.
- De aanlanding in de Clusiustuin moet in de kade worden geconstrueerd in de vorm van een inkeping
- De aanlandingen dienen constructief flexibel te zijn om variaties in het waterpeil op te kunnen vangen.
- De afwatering dient te geschieden door één (1) centimeter brede spleten tussen de dekdelen waardoor het water zijn weg kan vinden naar de watergang.

5.2.4. Eisen met betrekking tot het brugdek

- Voor het te bereiken resultaat zie tekening VO Vlonderbrug aanzichten en VO Aanzichten Duikbrug
- Het totale brugdek dient uit één geheel te bestaan.
- Het brugdek dient te zijn uitgevoerd in een of meer materialen die voldoen aan duurzaamheidsklasse 1 en veiligheidsklasse 3.
- Het brugdek dient een vloeiende lijn met een constante straal te hebben. Een veelhoek (polygoon) is niet toegestaan.
- De brugdekdelen moet aan de bovenzijde afgewerkt worden met een slijtlaag én anti-slijtlaag (een combinatie is ook toegestaan) welke geschikt zijn voor voetgangers. Een 'anti-slip en slijtachtige' bewerking van de dekdelen volstaat tevens.
- Kleur slijtlaag: lichtbruin (wheat) of iets vergelijkbaars.
- De afwerking dient een levensduur te hebben van minimaal 10 jaar.
- Doorbuiging van het brugdek is maximaal $1/250 \cdot L$
- Bovenzijde en zijkanten brugdek dienen geheel vlak en strak te zijn afgewerkt. Onderzijde brugdek dient geheel gesloten te zijn behoudens een strook langs de zijkant ten behoeve van de bevestiging van de leuningstijlen.
- Kleur brugdek: zie rapport 4 en 5.
- De afwatering dient te geschieden door één (1) centimeter brede spleten tussen de dekdelen waardoor het water zijn weg kan vinden naar de watergang. Of een vergelijkbare optie.

5.2.5. Eisen met betrekking tot het leuningwerk

- Leuningwerk dient van roestvrijstaal (RVS) te zijn en moet voldoen aan de eisen gesteld in NEN 6706.
- De kwaliteit voor het lassen van metalen ten behoeve van het leuningwerk dient te voldoen aan NEN-bundel 18:2009.

- Voor het lasproces is een NEN-EN-ISO 3834-3 certificering vereist. Toepassing van de EN-ISO 14731 (lascoördinatie) en ENISO 3834 (bedrijfsproces lassen) en EN 287-1 (Lasser kwalificatiecertificaat) en EN-ISO 15607 (goedkeuring van de lasmethode).
- Lassen aan bovenzijden en zijkanten dienen na conservering niet zichtbaar te zijn op het leuningwerk.
- In de naast de las gelegen zones mogen geen hardheden boven 350 HV 10 voorkomen.
- Conservering staalwerk toegepast in de leuning dient een levensduur van minimaal 10 jaar te hebben.
- Het leuningwerk dient te zijn geaard conform NEN 1014
- Kleur leuningwerk: lichtgrijs
- Het leuningwerk moet worden afgesteld met de eisen die gesteld worden aan de verlichting. Dat wil zeggen de verlichting moet in het leuningwerk opgenomen worden.
- Leuningwerk dient de vorm van het brugdek te volgen en strak worden uitgevoerd.
- In het leuningwerk dienen hoeken gebroken te worden met een straal van minimaal $r = 5$ mm.
- Leuningwerk moet mogelijke temperatuurswisselingen vrijwel spanningsloos kunnen opnemen.
- Leuningwerk moet vandalisme bestendig zijn en niet met handkracht verbogen kunnen worden (hufferproef).
- De leuningstijlen dienen in één (1) lijn te worden aangebracht.
- De onderzijde van de leuningstijlen dienen gelijk aan de onderzijde van het brugdek te lopen.

5.3. Eisen Locatie

5.3.1. Systeemeisen locatie

- De uitvoeringslocatie dient met bouwhekken te worden afgesloten.
- De vrijgekomen grond dient te worden afgevoerd naar een door het bevoegd gezag erkende verwerker.
- De bruggen aan de Clusiustuin mogen niet worden aangetast.
- Het beschikbaar gestelde terrein dient bij oplevering in de oude staat teruggebracht te worden.
- Materiaal en materieel dient via de Nonnensteeg aangevoerd te worden.

5.3.2. Eisen met betrekking tot de omliggende wegen

- Maaiveldhoogte van de aansluiting op voetpaden zoals is aangegeven op tekening: VO Vlonderbrug aanzichten en VO Aanzichten Duikbrug

5.3.3. Eisen met betrekking tot de watergang

- De kadelijnen van de watergang moeten (visueel) intact blijven.
- De vrijgekomen grond dient te worden afgevoerd naar een door het bevoegd gezag erkende verwerker.

5.3.4. Eisen met betrekking tot de kabels en leidingen

- Er dienen voorzieningen te worden getroffen om schade aan de bestaande kabels en de leidingen te voorkomen conform de eisen gesteld door de betreffende kabels en leidingenbeheerders.
- De werkzaamheden dienen zo uitgevoerd te worden dat de functionaliteit van de kabels en de leidingen ten allen tijde gewaarborgd is.

6. VERGUNNINGEN

Omgevingsvergunning onderdeel aanlegvergunning
Omgevingsvergunning onderdeel bouwen
Watersvergunning, onderdeel Keur

7. FINANCIËEL

In de raming masterplan groene singels (MGS) behorende bij de structuurvisie staat deze verbinding genoemd als onderdeel (NNTB). Gezien de geringe financiële middelen is het tevens het streven om een zo goedkoop mogelijk oplossing te zoeken.

BRONNENLIJST

Bij de totstandkoming van dit document zijn onderstaande bronnen ter informatie gebruikt.

Literatuur:

- *Uitwerkingsvisie van de Structuurvisie Leiden 2025*, d.d. april 2011, Gemeente Leiden
- *Vastgesteld bestemmingsplan - Binnenstad II*, d.d. 16 januari 2007, Gemeente Leiden
- *Sondering: "Nieuwbouw in kas bij Hortus Botanicus a/h Rapenburg te Leiden"*, opdr.nr. 11-2011, sonderingnr. 1, d.d. 21-11-2011, Gemeente Leiden
- *Beleids- en Algemene regels – Inrichting Watersysteem Keur 2011*, Hoogheemraadschap Rijnland
- *Leggerkaart oppervlaktewater, blad 108, herziening 2011*, Hoogheemraadschap Rijnland
- *Keur Rijnland 2009*, d.d. 22-12-2009, Hoogheemraadschap Rijnland
- *Het Bouwbesluit inclusief de van toepassing zijnde Nota's van Toelichting*;
- *De Bouwverordening Leiden 1992*;
- *Voorschriften dienst Bouw- en Woningtoezicht Leiden*, Milieudienst West Holland, lokale nutsbedrijven e.d.
- *NEN-EN-normen 1990 t/m 1993, 6702, 6706, 6720, 6770 t/m 6774*.
- *Verkenkend Milieukundig Bodemonderzoek Botanisch Laboratorium, Nonnensteeg 1 en 3 te Leiden in opdracht van Architectenburo Vollmer B.V. Rapport 93.4540/TB*, d.d. december 1993.
- *Handboek Kwaliteit Openbare Ruimte, Deel I: Uitgangspunten, versie 1*, d.d. februari 2012
- *ASVV 2004, Aanbevelingen voor verkeersvoorzieningen binnen de bebouwde kom*, publicatie 720, ISBN: 90 6628 402 1, auteur: CROW, d.d. 01-04-2004

Software:

- *Het computerprogramma: Giskit viewer 2005*, Gemeente Leiden
- *De online database Kadaster t.b.v. de klic-melding*, Nederland

Internet:

- <http://maps.google.nl>
- www.cementonline.nl

Bijlage I: Vastgesteld bestemmingsplan - Binnenstad II

Bijlage II: Verkennend milieukundig bodemonderzoek Botanisch Lab

Bijlage III: Grondonderzoek Hortuskassen⁹

⁹ Bron: *Sondering "Nieuwbouw in kas bij Hortus Botanicus a/h Rapenburg te Leiden", opdr.nr. 11-2011, sonderingnr. 1, d.d. 21-11-2011, Gemeente Leiden*

Bijlage IV: Materialen die mogen worden gebruikt in oppervlaktewater

Naast niet uitlogende materialen, zoals beton, mogen ook de volgende materialen (en verder alle met FSC-keurmerk geleverde houtsoorten) worden toegepast in oppervlaktewateren aldus Hoogheemraadschap Rijnland:

- Robinia schotten en palen (Europees hardhout).
- onbehandelde eiken schotten en palen (Europees loofhout).
- Europees naaldhout, eventueel in combinatie met kunststof doek.
- Siberische lariks.
- Wilgentenen.
- beton met BSB-certificaat¹⁰.
- Enkamat A501.
- gerecycled plastic.
- staal met plastic coating.

De hierna genoemde materialen mogen slechts worden gebruikt als daarvoor een vergunning is verleend:

- gewolmaniseerd hout met arseen (al dan niet gecertificeerd).
- gewolmaniseerd hout zonder arseen (al dan niet gecertificeerd).
- geïmpregneerd hout (al dan niet gecertificeerd).
- gerecycled hout (al dan niet gecertificeerd).

De kans dat een dergelijke vergunning wordt verleend is gering omdat er voldoende alternatieven zijn; zie de opsomming bovenin deze bijlage.

Bron: Beleids- en Algemene Regels, versie 3.0, vastgesteld door D&H 10 mei resp. 2 augustus 2011, corsanummer 11.33228 (Document Hoogheemraadschap Rijnland)

¹⁰ Voor deze materialen geldt een meldingsplicht op grond van het Bouwstoffenbesluit.

Bijlage V: Bepalen maatgevende afvoer

Inleiding

Voor de poldergemalen gelden de volgende bemalingsnormen:

Agrarische gebieden: 10 m³/min/100 ha.

Stedelijke gebieden: 15 m³/min/100 ha.

Glastuinbouw, boomkwekerij en bollengebieden 15 m³/min/100 ha.

Plassengebieden: 8 m³/min/100 ha.

De totale boezemgemaalcapaciteit bedraagt momenteel 153 m³/s. Dit betekent dat voor heel Rijnland (100.000 ha) de totale bemalingscapaciteit ca. 10 m³/min/100 ha bedraagt. Als gevolg van de uitbreiding van gemaal Katwijk en de aanleg van bergingspolders zal de totale bemalingscapaciteit toenemen tot ca. 15 m³/min/100 ha.

Uitgangspunten berekenen maatgevende afvoer

1. Polders: Voor het bepalen van de maatgevende afvoer dient uitgegaan te worden van de opgestelde polderbemalingscapaciteit + 10% extra (opvangen mogelijke ontwikkelingen, marge om onzekerheden op te vangen).
2. Voor de boezem dient uitgegaan te worden van het type gebied dat er achter ligt + een toeslag van 10%. Stel het achterliggende gebied bestaat voor 50% uit agrarisch en 50% uit stedelijk gebied dan wordt de totale bemalingscapaciteit. $0,5 * 10 + 0,5 * 15 = 12,5 + 10 \% = 13,75$ m³/min/100 ha.
3. Uitgangspunt voor de berekening is dat de waterstand ter plaatse van het kunstwerk op het winterpeil zit. Op deze manier wordt bewerkstelligd dat ook bij relatief lage peilen het oppervlaktewater en/of de kunstwerken aan de afvoernormen voldoen.

Toetsingsmethodiek

Voor de toetsing van nieuw aan te leggen oppervlaktewateren en kunstwerken aan de kwantiteitsvoorwaarden dienen de volgende stappen te worden doorlopen:

Stap 1: Bepalen grenzen

Aan het betreffende oppervlaktewater cq. kunstwerk moet een bepaald gebied worden toegekend dat op het oppervlaktewater cq. kunstwerk tot afstroming komt. Dit gebied moet op basis van geografische informatie (hoogtekaart, topografische kaart) en gebiedskennis worden bepaald.

Stap 2: Bepalen maatgevende afvoer

Het in stap 1 bepaalde oppervlak dient te worden vermenigvuldigd met de opgestelde bemalingscapaciteit + 10%.

$$Q_m = A * Q_b$$

Waarin:

Q_m = Maatgevende afvoer in m³/min;

A = Tot afstroming komend oppervlak dat door het oppervlaktewater of het kunstwerk moet worden afgevoerd in ha.

Q_b = Bemalingscapaciteit.

Stap 3: Bepalen maatgevende waterdiepte

Bepaal het winterpeil.

Stap 4: Berekenen verval en maximale stroomsnelheid

Nu moet het betreffende oppervlaktewater cq. kunstwerk worden belast met de maatgevende afvoer. Tevens moet rekening worden gehouden met puntlozingen, zoals poldergemalen en RWZI's en kunstwerken in het oppervlaktewater. Hiervoor dient een hydraulische berekening te worden gemaakt. Deze berekening kan eenvoudig in bijvoorbeeld EXCEL worden uitgevoerd. Om het stromingsbeeld in complexe watersystemen te kunnen bepalen dient gebruik te worden gemaakt van een stromingsmodel zoals Sobek-CF. Uitkomst van de hydraulische berekening is een bepaalde stroomsnelheid en een bepaald verval.

Stap 5: Toetsen berekende waarden aan de criteria

Het berekende verval en de stroomsnelheid dienen vervolgens te worden getoetst aan de gestelde waterkwantiteitscriteria. Te weten een maximale stroomsnelheid van 20 cm/s en een maximaal verval van 5 cm (gemeten vanaf de dichtstbijzijnde primaire watergang tot en met het uiteinde van het peilvak).

Voorbeeld

Een fictief gebied met een oppervlakte van 100 ha watert af op een oppervlaktewater met een lengte van 400 m en een breedte van 6 m. Tijdens de winter dient de waterdiepte 0,65 m te bedragen. Halverwege het oppervlaktewater bevindt zich een lozingspunt van een poldergemaal. De capaciteit van het gemaal bedraagt capaciteit 13,6 m³/min (= 13,6 m³/min/100 ha). Inclusief 10% extra is dit 15 m³/min/100 ha.

De maatgevende afvoer bedraagt $100 \cdot 15 \text{ m}^3/\text{min}/100 \text{ ha} = 15 \text{ m}^3/\text{min} = 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$;

De maatgevende waterdiepte bedraagt 0,65 m.

De 0,25 m³/s wordt gelijkmatig verdeeld over de hele tak ($0,25 / 4 = 0,0625 \text{ m}^3/\text{s}$). Daarnaast wordt ook de lozing van het poldergemaal halverwege de tak meegenomen.

Parameter	Dimensies
Breedte	6
talud	3
Diepte	0.65
L1	100
L2	100
L3	100
L4	100
Q1 m ³ /s	0.3500
Q1 m ³ /s	0.2880
Q1 m ³ /s	0.1250
Q1 m ³ /s	0.0625
n	0.025
R	0.42
C	34.7
v1	0.13
v2	0.11
v3	0.05
v4	0.02
h1	0.01
h2	0.00
h3	0.00
h4	0.00
HTOTAAL	0.01

Uit de EXCEL berekening volgt dat het optredende verval van 0,01 m voldoet aan de norm van maximaal 0,05 m. Ook de maximale optredende stroomsnelheid van 0,13 m/s voldoet aan de norm van 0,20 m/s.

Bron: Beleids- en Algemene Regels, versie 3.0, vastgesteld door D&H 10 mei resp. 2 augustus 2011, corsanummer 11.33228 127 (document Hoogheemraadschap Rijnland)

Bijlage VI: Overzicht bestaande kabels en leidingen (tek. nr. IB 12051)

Bijlage VII: Uitgangspunten Materiaalgebruik Gemeente Leiden¹¹

2.2 Materialen

De materialen die we gebruiken zijn duurzaam in productie, gebruik en verwerking. Hierdoor leveren ze zo min mogelijk milieubelasting op. De materialen zijn natuurlijk en robuust, hebben een lange levensduur en voldoen aan het bouwstoffenbesluit. De keuze voor uitlopende materialen als zink, koper en lood, voor zover deze in contact komen met afstromend hemelwater en/of oppervlaktewater wordt ontmoedigd en indien toegepast van een coating voorzien. Alleen PVC waarvoor een aantoonbaar functionerend retour- of recyclingstelsel bestaat wordt toegepast. Het toepassen van zacht PVC wordt zodoende voorkomen.

Nieuwe materialen zijn geschikt voor hergebruik. Materialen die al voor het verschijnen van dit Handboek gebruikt werden, worden, waar dat kan en als ze nog aansluiten bij de uitgangspunten van dit Handboek, ook hergebruikt. Een steen- en materiaalwissellocatie maakt dat ook mogelijk in de praktijk. Wanneer voor hout wordt gekozen is dat voorzien van FSC-keurmerk, kosten voor de keuring van materialen komen voor rekening van de leverancier/ontwikkelaar. De eigenheid van hout blijft zichtbaar, deze verdwijnt niet onder een laag verf.

Het voorkurassortiment houdt rekening met de effecten van gebruik en de inwerking van het weer door een nuancering in kleur en textuur toe te staan die aansluit bij reeds gebruikte materialen.

De materialen moeten hun kwaliteit voor een lange periode behouden. Uitgangspunt is dat het materiaal mooi verouderd. Bijvoorbeeld goed gebakken materialen, cortenstaal

of natuursteen verouderen mooi, en zijn om die reden duurzaam. Sleet is dan niet erg, maar kan juist een extra kwaliteit opleveren. In de binnenstad gaat de historische uitstraling voor. Gekozen is voor één hoofdkleur die voor alle objecten wordt toegepast. Hierdoor kan het zo zijn dat in de binnenstad objecten wel worden gecoot.

Materialen moeten bovendien goed en betaalbaar te beheren, repareren en vervangen zijn. Poreuze materialen worden, tenzij voorzien van een coating, niet gebruikt omdat deze slecht schoon te maken zijn wanneer hier graffiti op gespoten wordt.

Bestrating

De bestrating heeft wellicht de grootste impact op de uitstraling van de openbare ruimte. Door dit onderdeel van de openbare ruimte consequent eenduidig in te richten wordt al een flinke slag gemaakt om de stad meer kwaliteit te geven.¹ We kiezen voor een duurzame en eenvoudige stadsvloer.

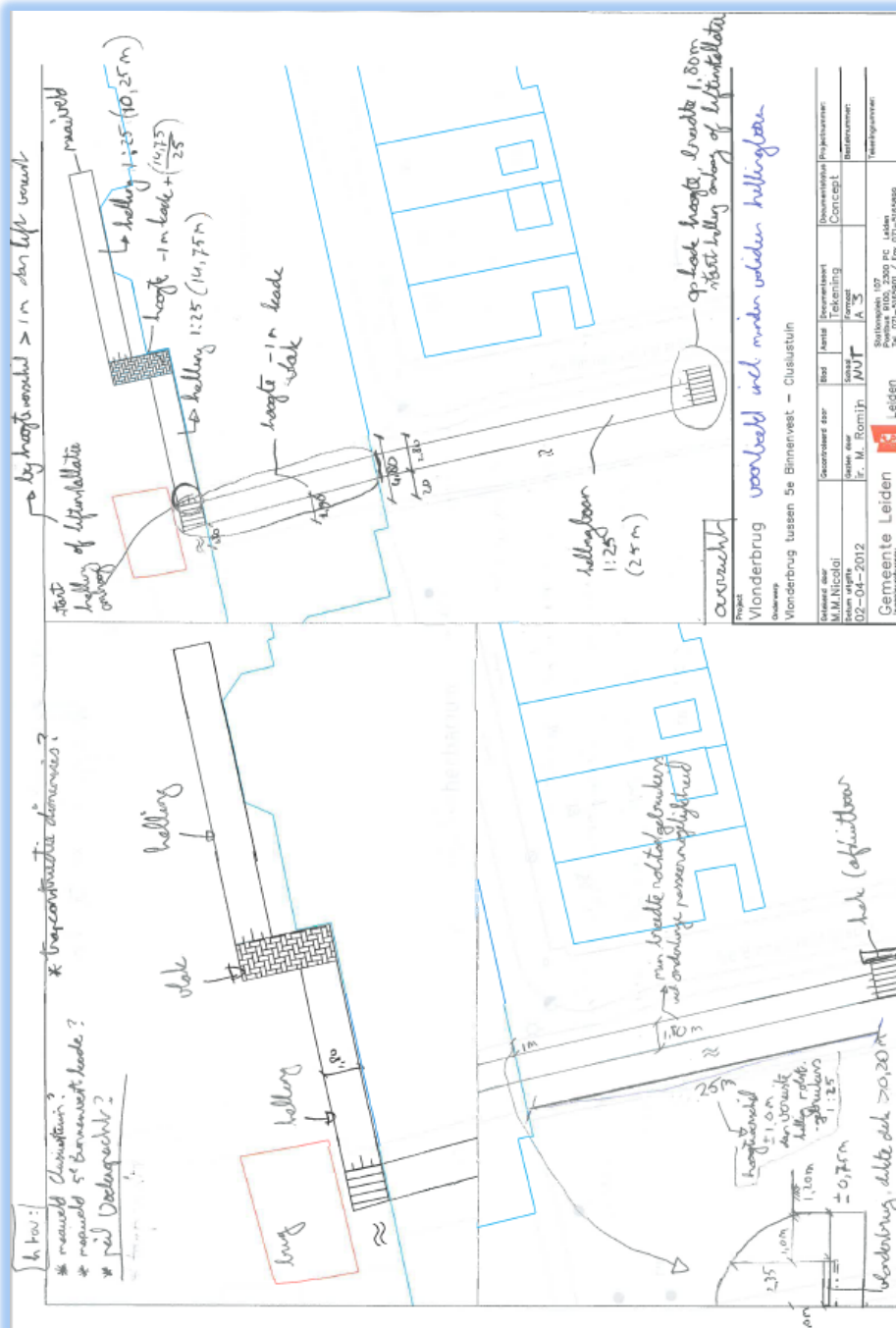
Vanwege de uitstraling, kleurrijkheid en duurzaamheid (hergebruiksmogelijkheid op de langere termijn) kiezen we voor gebakken materialen. In het grootste deel van de mantel gebuiken we daarnaast op de trottoirs grijze betontegels, vanwege hun tijdsloosheid en makkelijke vervangbaarheid. In de loop der jaren zijn er overigens verschillende variëteiten ontstaan van grijze betontegels. Bij (her)inrichting wordt menging van deze verschillende variëteiten zo veel mogelijk voorkomen: de nieuwe tegels moeten zoveel mogelijk aansluiten bij de kleur van de tegel die er al ligt. De nieuw te leggen tegels zijn duurzamer dan de soorten die tot nu toe werden gebruikt. Voor straatprofielen geldt dat twee materialen voldoende zijn.

- De selectiecriteria voor de toegepaste materialen zijn:
- duurzaam: niet milieuschadelijk bij productie, gebruik of verwerking;
 - tijdloos, dat wil zeggen niet trendgevoelig (met uitzondering van bepaalde objecten in de binnenstad);
 - passend bij de kwaliteit van de stad;
 - robuust;
 - kleurecht;
 - niet poreus;
 - goed schoon te houden;
 - goed her te gebruiken;
 - goed te repareren;
 - goed verkrijgbaar;
 - in principe geen toepassing van materialen als zink, koper en lood;
 - hout is voorzien van FSC-keurmerk,
 - bij beton is in de samenstelling puingruislast alsgrindvervanger toegepast;
 - ontstekingsmiddelen zijn milieuvriendelijk;
 - alleen kunststoffen waarvoor een aantoonbaar functionerend retour- of recyclingstelsel bestaat worden toegepast



¹ Dat deze gedachte bepaald niet nieuw is, is te lezen in 'De laagte ontleed: een historische analyse van het Leidse Straatbeeld' (gemeente Leiden, 2010). Een eenvoudige en degelijke straataanleg kenmerkte de Hollandse steden al vanaf de 16e en 17e eeuw. Goed aangelegde straten faciliteren de plaatselijke economie, maar vormen tegelijkertijd een visitekaartje voor de stad. Met name die van Leiden vielen op. In 1829 ontving stadsarchitect Van der Pauw de loutering dat nergens zulke 'fraaye straten' als in Leiden bestonden.

¹¹ Bron: Handboek Kwaliteit Openbare Ruimte, Deel I: Uitgangspunten, versie 1, d.d. februari 2012



- RAPPORT 2 -

Alternatieven- & Variantenstudie MCA

VERBINDING 5^e BINNENVESTGRACHT - CLUSIUSTUIN

Auteur:	Mike Nicolai
Datum van wijzigen:	20/04/2012
Versie:	Definitief
Gezien door:	
Goedkeuring:	

VOORWOORD

De Multi Criteria Analyse (MCA) is uitgevoerd door de auteur van dit document. Deze student is bezig met zijn afstudeerstage voor de opleiding Civiele Techniek en heeft dus in het vakgebied nog weinig ervaring. Op basis hiervan zou er geconcludeerd kunnen worden dat het hele MCA-proces niet van een dermate hoog en betrouwbaar niveau is, zodanig dat deze kan worden toegepast in de beroepspraktijk. Ware het niet dat de auteur de MCA heeft uitgevoerd met de assistentie van professionele ingenieurs. Deze ingenieurs beoordelen het totale proces (tijdens en achteraf) en sturen waar nodig bij, door middel van het aangeven van verbeterpunten. Hierdoor wordt het niveau van het document naar het gewenste beroepsniveau getild en kan het document als betrouwbaar worden geacht. Uiteraard heeft de student daarnaast getracht de MCA, op een zo objectief mogelijk manier te benaderen, wat de betrouwbaarheid ook ten goede komt.

Naast dit alles is de MCA een vaak toegepaste afwegingsmethode en zijn nut vaak in de praktijk gebleken. Dit draagt bij aan de betrouwbaarheid.

Inhoud

Voorwoord	68
1. Inleiding	70
2. Uitgangspunten	71
3. De Alternatieven.....	73
3.1. Alternatief Ia en Ib: Vlonderbrug	73
3.2. Alternatief II: de Loopgraafbrug	74
3.3. Alternatief III: de “Duik”brug	75
3.4. Alternatief IV: Vlotbrug	76
4. Keuzeprocess Alternatief - MCA.....	77
4.1. Algemeen	77
4.2. Stap 1: Probleemanalyse	78
4.3. Stap 2: Standaardisatie.....	91
4.4. Stap 3: Weging.....	99
4.5. Stap 4: Rangschikking	100
4.6. Evaluatie MCA-Proces	102
5. De Varianten	103
5.1. Variant A: Fundering op rechte palen	103
5.2. Variant B: Fundering op schuine palen.....	103
5.3. Variant C: Hangende fundering aan duiker/tunnel	104
6. Keuzeprocess Variant - Argumentatie.....	105
7. Definitieve Keuze	108
8. Bronnenlijst.....	109
Bijlagen	110
Bijlage I: Effectentabel	111
Bijlage II: Weegfactor tabel.....	112

1. INLEIDING

Na het vastleggen van alle eisen en wensen in het Programma van Eisen (afk. PvE) is het zaak om diezelfde eisen en wensen te vertalen naar een aantal mogelijke alternatieven (en in een later stadium varianten), ten behoeve van het oplossen van het probleem. Dit vormt de aanleiding voor het opstellen van dit document. De uiteindelijke oplossing van het probleem is het leveren van een tweetal ontwerpen van een verbinding, welke de kade van de 5^e Binnenvestgracht met de kade van de Clusiustuin verbindt (zie ook document: Werkplan).

Hierbij staat bij het ene ontwerp de uitkomsten van de Multi Criteria Analyse centraal (d.w.z. het ontwerp dat als meest geschikte ontwerp uit de Multi Criteria Analyse naar voren komt) en bij het andere ontwerp de aspecten; innovatie, duurzaamheid en esthetiek centraal.

Het ontwerp dat in dit document centraal staat is het ontwerp van een type verbinding welke zich het meest leent om toegepast te worden aan het einde van de 5^e Binnenvestgracht met de Clusiustuin, **gebaseerd op de uitkomsten van de Multi Criteria Analyse.**

Om tot een gedegen ontwerp te komen is een zorgvuldige alternatieven & variantenstudie onmisbaar. Er zullen rationele keuzes gemaakt moeten worden tussen de alternatieven & varianten om uiteindelijk tot één oplossing te komen. Om het keuzeprocess zoveel mogelijk te vereenvoudigen en inzichtelijk te maken is de alternatieven & variantenstudie opgebouwd uit een zestal fasen, te weten:

1. Ten eerste worden de eisen en wensen uit het PvE vertaald naar uitgangspunten waar elk alternatief en variant aan moet voldoen.
2. Ten tweede worden verschillende alternatieven, welke mogelijk zijn in het plangebied (uiteraard conform PvE en uitgangspunten), uitgelicht. Elk alternatief zal worden voorzien van een summiere algemene beschrijving en haar plus- en minpunten in relatie tot het plangebied.
3. Vervolgens wordt er gestart met het afwegen van de alternatieven door middel van het uitvoeren van een Multi Criteria Analyse (afk. MCA). In deze fase wordt tevens een definitieve keuze gemaakt uit alle alternatieven.
4. Het uiteindelijk genomineerde alternatief zal in deze fase worden uitgewerkt tot een aantal varianten. Elke variant zal worden voorzien van een korte beschrijving en haar plus- en minpunten in relatie tot het plangebied.
5. De volgende stap is het afwegen van alle varianten. In tegenstelling tot de afweging van de alternatieven, wordt er nu 'enkel' gebruik gemaakt van steekhoudende argumenten om tot een uiteindelijke keuze te komen voor een bepaalde variant.
6. Ten slotte wordt er afgesloten met een korte samenvatting van de uiteindelijk gekozen variant, op het winnende alternatief.

Het document is opgebouwd naar dezelfde fasering zoals hierboven beschreven staat. Dit tevens in corresponderende volgorde.

2. UITGANGSPUNTEN

In het Programma van Eisen zijn alle eisen en wensen van alle belanghebbende partijen geïnterpreteerd. De volgende stap is om het eisen- en wensenpakket te vertalen naar een lijst met uitgangspunten waaraan (het ontwerp van) elk alternatief en variant dient te voldoen en/of aan getoetst kan worden in de Multi Criteria Analyse. Dit wordt gedaan met als doel op de gedachtegang achter de keuzevorming te verduidelijken. De belangrijkste uitgangspunten in het kort;

Regelgeving

- Het te realiseren kunstwerk moet voldoen aan alle betrokken wetten, richtlijnen (van Hoogheemraadschap Rijnland) en (NEN-)normen, conform het Programma van Eisen.

Toegankelijkheid

- Het kunstwerk dient geschikt te worden gemaakt enkel voor voetgangers.
- Wanneer de ruimte dat toelaat, dient het ontwerp toegerust te worden op gebruik door minder validen.
- Het brugdek dient plat te zijn, ten behoeve van het loopcomfort.

Esthetiek

- Het kunstwerk moet in de sfeer van de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin passen en een hoogwaardige toevoeging zijn. Dat wil zeggen: passen in de omgeving, geen sprake van optische afdichting gracht, esthetiek staat centraal, behoud van hoogwaardige inrichting en sfeer van de Clusiustuin, ontwerp mag niet te opzichtig zijn, ontwerp strak en modern uitvoeren en de landhoofden mogen de aanwezige kadelijnen visueel niet onderbreken en/of aantasten.
- De kleur donkergroen (of iets soortgelijks) mag niet worden toegepast op het kunstwerk.
- Het ontwerp van het kunstwerk moet aansluiten op de uitkomsten van de ideeën-wedstrijd: *Idee voor identiteit en samenhang Singelpark*.
- De brug dient voorzien te zijn van subtiele verlichting (bijvoorbeeld in leuningwerk) in het traject onder het universiteitsgebouw.

Beheer en Onderhoud

- Positionering en mogelijkheid van tijdelijk mobiliseren brugdek afhankelijk van specifieke eisen Hoogheemraadschap van Rijnland. Uitkomst van het overleg brengt de volgende uitgangspunten met zich mee;
 - Het geniet de voorkeur om het brugdek van het kunstwerk aan de zijkant van de duiker te positioneren om de doorstroming van het water zo min mogelijk te belemmeren en onderhoud te vereenvoudigen.
 - Daarnaast moet de methode van onderhoud onderzocht worden, aan de hand van de beschikbare ruimte.
 - Ten slotte is het belangrijk dat zowel het onderhoud aan het kunstwerk en het natte onderhoud aan de gracht te allen tijden uitvoerbaar is.
- Zo veel mogelijk standaardelementen in brugdek toepassen.

Verontreinigingen

- Er dient rekening gehouden te worden met mogelijke kadastrale beperken (door vlekken verontreinigde grond) op het perceel van de Clusiustuin.

Dimensionering en Vormgeving

- Het gewenste profiel van vrije ruimte van het brugdek moet minimaal 1,20 m. zijn en de totale profielbreedte (incl. leuningen) minimaal 1,50 m.. Er moet gestreefd worden de doorloophoogte minimaal 2,50 m. aan te houden (Concessies bespreken met dhr. Boetekees).
- Het landhoofd in de Clusiustuin mag in de kade worden geconstrueerd in de vorm van een inkeping (zie tekening VO vlonderbrug en VO duikbrug).
- De aanlandingen dienen constructief flexibel te zijn om variaties in het waterpeil op te kunnen vangen, mits het een drijvende constructie betreft.

Financieel

- Gezien de geringe hoeveelheid financiële middelen, is het zaak de te maken kosten zo laag mogelijk te houden.

3. DE ALTERNATIEVEN

3.1. Alternatief Ia en Ib: Vlonderbrug

3.1.1. Algemeen

Dit type loopbrug/loopvlonder, toegepast in Den Bosch, loopt door de watergang in één vloeiende gekromde beweging. Het bijzondere aan de brug is het open ontwerp en de relatie wandelaar – water. Deze relatie uit zich in het feit dat de wandelaar zich als het ware over het water voelt lopen, vanwege het geringe hoogteverschil tussen waterpeil en brugdek. Verder kenmerkt de brug zich door haar ‘kale’ karakter. Deze brug kan daarnaast gefundeerd worden zowel vast (**alternatief Ia**), dus bijvoorbeeld op palen, als door middel van drijvende vlonders (**alternatief Ib**). De aanlandingen zijn flexibel uitgevoerd om bewegingen te kunnen opvangen.



3.1.2. Idee in relatie tot plangebied

Een dergelijke brug zou in Leiden tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin goed kunnen worden toegepast door een aantal van haar eigenschappen, te weten;

- Strak design (open karakter), weinig impact in omgeving.
- Geringe loophoogte ten opzichte van het water (belevingswaarde).
- Vlak, geen helling.
- Geringe breedte.
- Lage aanlegkosten.
- Makkelijk uitvoerbaar, mits gebruik prefab elementen (bewijs uitvoerbaarheid zie o.a. Den Bosch: “Loopvlonder onder Willemsbrug”).

Helaas kleven aan het toepassen van een dergelijke brug op projectlocatie ook negatieve aspecten/uitdagingen, zijnde;

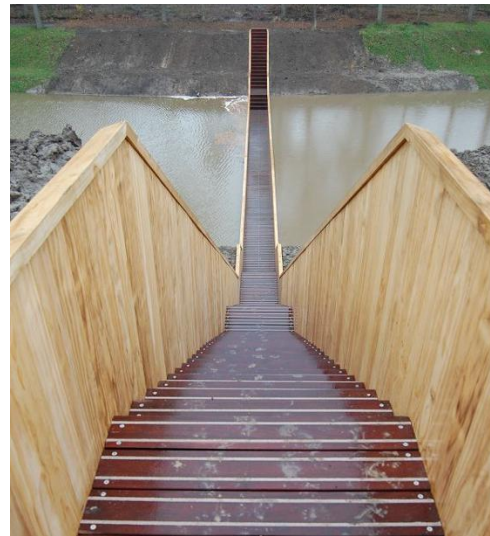
- Stroefheid loopdek belangrijk door evt. combinatie water, begroeiing en seizoenen.
- Onderhevig aan potentiële golfslag (variant Ib).
- Loophoogte, rekening houden met minimum vereiste loophoogte in tunnel/duiker om trajectbrug te kunnen bepalen.

3.2. Alternatief II: de Loopgraafbrug

3.2.1. Algemeen

Deze brug (ook wel bekend onder de naam 'Mozesbrug') te Halsteren (Noord Brabant) is een vrij recent ontwerp van Architectenbureau RO&AD en is tot op vandaag de dag, de enige in zijn soort.

Het principe van de voetgangersbrug werkt als volgt; De ondoorzichtige houten brug ligt als een sleuf in de gracht en vormt zich zo naar de contouren van het landschap. Doordat de grond en het water tot de rand van de brug staan, zien de bezoekers de brug van een afstandje niet liggen. Pas als ze dichterbij komen, opent het water zich door een smalle sleuf. Bezoekers betreden de brug zoals de Bijbelse Mozes door het water loopt. Het kunstwerk is uitgerust met de nodige voorzieningen. De brug heeft een vaste fundering (bijv. palen in de bodem).



De brug in Halsteren heeft een netto oppervlakte van 50 m² en is voor de bouwsom (excl. installaties) van €202.000,- gerealiseerd.

3.2.2. Idee in relatie tot plangebied

Een dergelijke brug zou in Leiden tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin goed kunnen worden toegepast door een aantal van haar eigenschappen, te weten;

- De zeer beperkte hoogtewerking ten opzichte van het waterpeil van de Doelengracht.
- Door de zeer beperkte hoogtewerking kan de brug tevens in een veel breder traject onder de duiker gepositioneerd worden, waardoor er eventueel ruimte overblijft voor doorvaart.
- Vlak, geen helling.
- Geringe breedte.
- Het wegvallen van de brug in het landschap.
- Toeristische aantrekkelijkheid.
- Eerder toegepast, dus werking principe is bewezen.

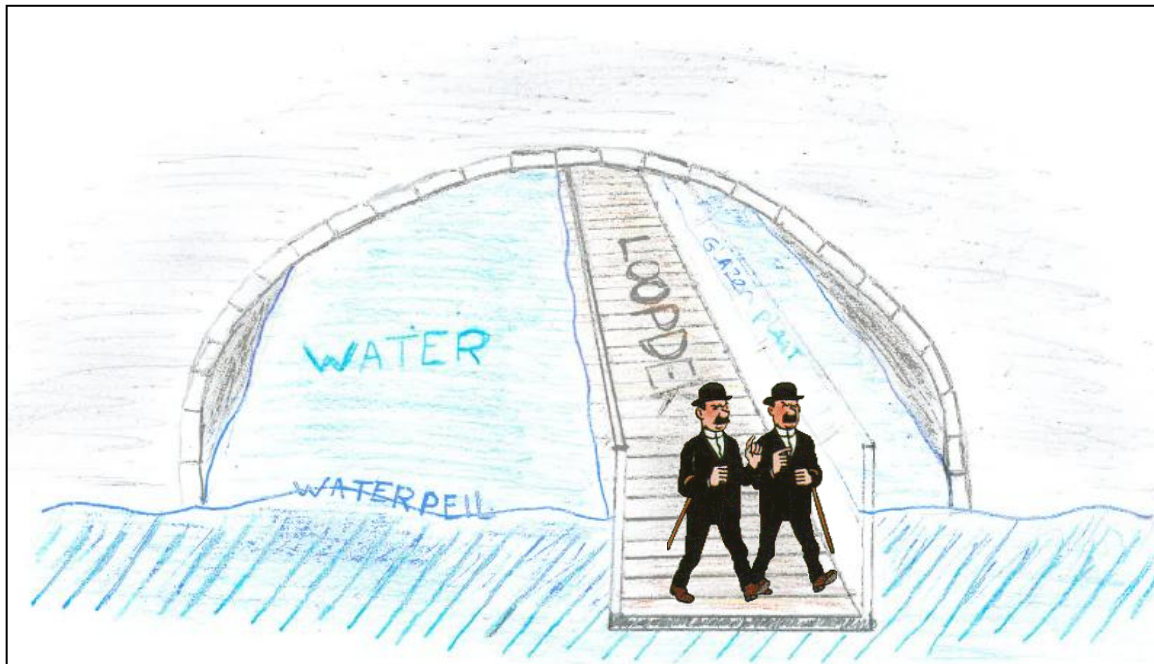
Helaas kleven aan het toepassen van een dergelijke brug op projectlocatie ook negatieve aspecten/uitdagingen, zijnde;

- Wateraantrekkend bij neerslag (goed afvoersysteem noodzakelijk, bijvoorbeeld in de vorm van een dubbele bodem).
- Onderhevig aan fluctuaties in waterpeil.
- Relatief hoge aanleg- en onderhoudskosten.
- Noodzakelijkheid nauwkeurigheid aanleg, hoge technische vaardigheid nodig.

3.3. Alternatief III: de “Duik”brug

3.3.1. Algemeen

De brug kent veel gelijkenis met variant II: de Loopgraafbrug, met als fundamentele verschil dat de zijwanden niet van hout zijn maar van een doorzichtig materiaal zoals glas. Men loopt dus nu ten opzichte van het waterpeil, half onder water en half boven water. Dit maakt de scheidingslijn tussen mens en water extra dun. Dit moet op zijn beurt het gevoel van de wandelaar prikkelen en van de korte oversteek onder het universiteitsgebouw door een hele belevenis maken. De bezoekers betreden de brug vanaf de kade door middel van een trapconstructie. Het kunstwerk is uitgerust met de nodige voorzieningen. De brug is voorzien van een vaste fundering (bijv. palen in de bodem).



3.3.2. Idee in relatie tot plangebied

Een dergelijke brug zou in Leiden tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin goed kunnen worden toegepast door een aantal van haar eigenschappen, te weten;

- De zeer beperkte hoogtewerking ten opzichte van het waterpeil van de Doelengracht.
- Door de zeer beperkte hoogtewerking kan de brug tevens in een veel breder traject onder de duiker gepositioneerd worden, waardoor er ruimte overblijft in het natte profiel voor eventuele doorvaart.
- Vlak, geen helling.
- Het wegvallen van de brug in het landschap.
- Extra toeristische aantrekkelijkheid door unieke ervaring.

Helaas kleven aan het toepassen van een dergelijke brug op projectlocatie ook negatieve aspecten/uitdagingen, zijnde;

- Wateraantrekkend bij neerslag (goed afvoersysteem noodzakelijk, bijvoorbeeld in de vorm van een dubbele bodem).
- Onderhevig aan fluctuaties in waterpeil.
- Extra gevoelig voor temperatuurschommelingen.
- Relatief hoge aanleg- en onderhoudskosten (schoonhouden glazen wand bijv.).
- Hoge technische vaardigheid nodig voor stabiliteit constructie.

3.4. Alternatief IV: Vlotbrug

3.4.1. Algemeen

Een vlotbrug is een van de soorten bruggen die men rekent tot de beweegbare bruggen. De beweging van de vlotbrug is echter bijzonder. Deze 'brug' kan, in tegenstelling tot traditionele brugontwerpen, niet open (en dicht). De brug kan zichzelf daarentegen wel verplaatsen van de ene oever naar de andere, door middel van het 'vlot'. Het 'vlot' is een drijvende constructie, welke door bijvoorbeeld de combinatie van een gespannen touw en spierkracht, verplaatst kan worden. Uit ervaring is gebleken dat de (jonge) wandelaar de vlotbrug als een welkome afwisseling tijdens een wandeltocht ervaart. De aanlandingen zijn voorzien van een vaste vorm van funderen (bijv. op palen). Het vlot is een drijvend geheel.



3.4.2. Idee in relatie tot plangebied

Een dergelijke brug zou in Leiden tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin goed kunnen worden toegepast door een aantal van haar eigenschappen, te weten;

- Geen afbreuk aan het karakter van de gracht, deze blijft zo goed als intact.
- Bij onderhoudswerkzaamheden of baggerwerkzaamheden, kan de brug worden losgekoppeld en tijdelijk worden verwijderd ten behoeve van de gewenste activiteit(en).
- Bevordert de relatie wandelaar-water.

Helaas kleven aan het toepassen van een dergelijke brug op de projectlocatie ook negatieve aspecten/uitdagingen, zijnde;

- Lange wachttijd bij drukte voor oversteek.
- Hinder van weersomstandigheden (schommelen door golfslag/wind).
- Gevoelig voor de leeftijd van de gebruiker van het kunstwerk.

4. KEUZEPROCES ALTERNATIEF - MCA

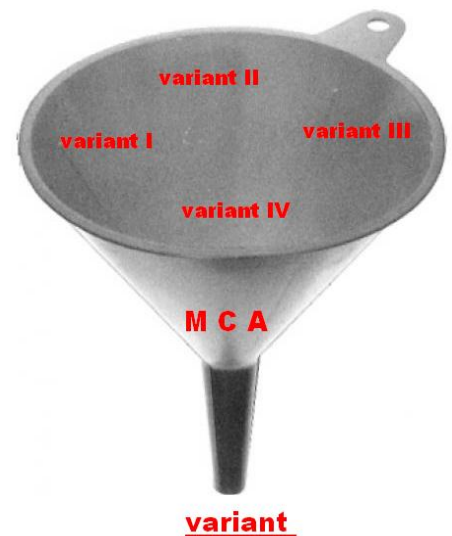
4.1. Algemeen¹²

Alle ingekomen alternatieven die in hoofdstuk twee behandeld zijn, worden onderworpen aan een zogenaamde Multi Criteria Analyse (MCA). De MCA is een wetenschappelijke evaluatiemethode om tussen diverse discrete (verschillende) alternatieven een rationele keuze te maken, welke uiteindelijk de meest gunstige oplossing vormt voor het op te lossen probleem. Met een MCA als instrument kunnen bijvoorbeeld scores op economische, ecologische en sociale criteria bij elkaar worden opgeteld, om een nieuw ontwerp uit verscheidene ontwerpen te filteren.

De doelen van een MCA zijn het ordenen van gegevens, het transparant maken van beslissingsprocessen en het ondersteunen van diegenen die moeten beslissen. Een MCA controleert daarentegen niet of een ontwerp aan alle eisen en/of wensen uit het programma van eisen (PvE) voldoet. Hier zal de gebruiker van de MCA zelf garant voor moeten staan, alvorens gebruik te maken van de MCA als gereedschap.

De MCA is opgebouwd uit een viertal te nemen stappen (in volgorde), te weten;

1. De **eerste** stap is de probleemanalyse. In deze stap worden de criteria geordend in groepen, worden de schalen vastgesteld en de scores per criterium voor alle alternatieven beschreven in een effectentabel. De effectentabel geeft een overzicht van alle sterke en zwakke punten van elk alternatief en laat soms ook zien dat een bepaald alternatief inefficiënt is. Dat laatste wil zeggen dat een bepaald alternatief slechter scoort op elk criterium dan een ander alternatief.
2. De **tweede** stap is standaardisatie. Hier worden alle criteria in een figuur op een nieuwe schaal afgebeeld, die tussen 0 en 1 loopt. Gewoonlijk wordt gekozen voor een lineaire standaardisatiefunctie die tussen de laagste en hoogste score loopt (intervalstandaardisatie). Bij de MCA geldt dat zowel bij kostencriteria als bij batencriteria de beste score de hoogste waarde of score krijgt. Dus om een lang verhaal kort te maken worden (simpel uitgedrukt) de waarden uit de effectentabel geconverteerd naar bruikbare scores voor de resultatentabel van stap 4.
3. De **derde** stap is weging. Meestal gebeurt de weging door een groep experts op het onderwerp dat wordt onderzocht, of door degenen die uiteindelijk een beslissing moeten maken. Zij doen dat meestal door middel van paargewijze vergelijking van elk criterium. Op deze manier ontstaat een controle op de consistentie van de uitkomsten. In dit geval wordt deze stap uitgevoerd door ondergetekende met de assistentie van experts (de experts, in dit geval mijn stagebegeleiders, beoordelen het totale proces en passen eventueel correcties toe).
4. De **vierde** en tevens laatste stap is de rangschikking. De gewichten uit stap drie worden vermenigvuldigd met de gestandaardiseerde scores uit stap 2 en daarna opgeteld. Het alternatief met de hoogste score wordt nummer 1 in de rangschikking, dat met de op één na hoogste score nummer 2, enzovoort. De opsteller(s) van dit document past vervolgens een gevoeligheidsanalyse toe en geeft zijn advies af. De beslissers moeten tenslotte beoordelen of nummer 1 ook het beste alternatief is, op basis van de MCA en eventuele criteria en/of argumentatie die niet zijn meegenomen in de MCA.



¹² Bron: literatuur; Handreiking voor de toepassing van afwegingsmethoden bij bodemsanering, zie de website http://www.groningen.nl/assets/pdf/040518_definitieve_handreiking.pdf

4.2. Stap 1: Probleemanalyse

In deze paragraaf worden alle criteria weergegeven, welke gehanteerd worden in de Multi Criteria Analyse (MCA). De criteria zijn opgesteld aan de hand van de uitgangspunten uit hoofdstuk 2 (indirect dus aan de hand van de gestelde eisen en wensen uit het Programma van Eisen). De criteria zijn onderverdeeld in vier gerelateerde groepen, zijnde esthetiek, gebruik, omgeving en kosten. Deze onderverdeling wordt gemaakt ten behoeve van het behoud van het overzicht en structuur. Alle criteria, groepsgewijs gecatalogiseerd:

- Esthetiek:
 - Kleur-, afwerking- en materiaalkeuze
 - Inpassing omgeving
 - Toeristische aantrekkelijkheid
- Gebruik:
 - Levensduur
 - Weerbestendigheid
 - Comfort
- Omgeving:
 - Toegankelijkheid
 - Uitvoering
 - Positionering
 - Omgevingsbelasting
 - Doorstroming
- Kosten:
 - Realisatiekosten
 - Onderhoud

Elk bovengenoemde criterium zal verder in deze paragraaf worden voorzien van een korte toelichting. Daarnaast wordt er per criterium aangegeven op welke manier de scores, om de standaardisatie op een juiste manier te kunnen uitvoeren, worden bepaald. Ten slotte wordt er in deze paragraaf per criterium, alternatiefsgewijs een verklaring gegeven van de resultaten van de effectentabel.

Daarnaast zal het misschien zijn opgevallen dat het criterium (sociale) veiligheid ontbreekt. Dit is niet zonder reden gebeurd. Gezien de huidige (strengere) wet- en regelgeving omtrent de veiligheid van kunstwerken, mag er van uit worden gegaan dat de veiligheid gedurende het gebruik en onderhoud van kunstwerken ten alle tijden gewaarborgd is. Het criterium veiligheid is daarom weggelaten.

N.B. Het is aan te raden om de effectentabel en standaardisatietabellen bij het lezen van deze paragraaf, erbij te houden. Dit zal de helderheid van het verhaal zeer ten goede komen. **(zie bijlage I voor de effectentabel en paragraaf 3.3 voor de standaardisatietabellen).**

4.2.1. Esthetiek

Kleur-, afwerking- en materiaalkeuze

De mate waarin een ontwerp van een kunstwerk beperkt is als het gaat om; het gebruik van kleursoorten op het kunstwerk, de manier van afwerken van het kunstwerk en tot slot de materiaalsoorten waarvan het kunstwerk opgebouwd kan worden. Het bereik voor het bepalen van de score van een variant ligt tussen beperkte en onbeperkte keuzes aan kleur, afwerking en materialen. Hierbij is het aspect (relatief) onbeperkt de hoogste score toegekend en het aspect beperkt vanzelfsprekend de laagste score.



Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Mits er aan de geldende normen, richtlijnen en wetten wordt voldaan, zijn de mogelijkheden in kleur-, afwerk- en materiaalkeuze onbeperkt. Onbeperkt is uiteraard relatief (in relatie met de andere alternatieven).
Alternatief Ib -	Het alternatief is gefundeerd door middel van drijvende vlonders, deze vlonders zijn materiaalgebonden om hun drijvende vermogen te kunnen garanderen. De keuzes in kleur-, materiaalgebruik en afwerking zijn dus zeer beperkt.
Alternatief II -	De brug wordt uitgevoerd in ondoorzichtig materiaal, dat waterdicht moet zijn. Vanzelfsprekend zijn hierdoor de keuzes in kleur-, materiaalgebruik en afwerking sterk begrensd.
Alternatief III -	De brug wordt uitgevoerd in een doorzichtig materiaal. Tevens moet de brug waterdicht zijn. Vanzelfsprekend zijn daardoor de keuzes in materiaalgebruik (alleen variatie in doorzichtige materialen mogelijk) en afwerking begrensd. Het doorzichtige materiaal en de het loopdek kunnen daarentegen wel voorzien worden van kleur, helaas zijn hierin de keuzes ook zeer beperkt (door gebruik doorzichtig materiaal en materiaalsoort bodem) .
Alternatief IV-	Het alternatief is gefundeerd door middel van een drijvend vlot. Dit vlot is materiaalgebonden om haar drijvende vermogen te kunnen garanderen. De aanlandingen zijn echter wel voorzien van een vaste fundering. De keuzes in kleur, materiaalgebruik en afwerking zijn dus beperkt.



Inpassing omgeving

Met inpassing in de omgeving wordt bedoeld of het ontwerp van het kunstwerk in het karakter van haar omgeving past. Zaken waar in dit geval aan gedacht moet worden is of het ontwerp rijmt met het karakter van de Hortus Botanicus, de Doelengracht en de monumentale panden in en rond het plangebied. Des te beter het kunstwerk in haar omgeving past, des te hoger de score.

Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Los van de af- en verdere uitwerking van het alternatief, past het ontwerp door haar eenvoud en openheid goed in het karakter van haar omgeving.
Alternatief Ib -	Idem alternatief Ia
Alternatief II -	Het ontwerp is aan de ene kant radicaal (maakt inbreuk op het karakter van de

	omgeving), maar aan de andere kant beperkt zichtbaar door de geringe hoogtewerking t.o.v. de waterlijn. Om deze twee redenen scoort het alternatief gemiddeld op dit criterium.
Alternatief III -	Idem alternatief II.
Alternatief IV-	Omdat dit alternatief enkel bestaat uit twee aanlandingspunten en een vlot, maakt het alternatief dus ook maar beperkt(er vergeleken met) inbreuk op het (historische) karakter van de gracht. Daarnaast voelt een gracht, net als een vlot historisch aan. Ten slotte is de Hortus Botanicus een attractie, net als het vlot. Drie redenen die ervoor zorgen dat het alternatief goed scoort.

Toeristische aantrekkelijkheid

Dit is de invloed of aantrekkingskracht die het kunstwerk zal gaan hebben op mensen om het kunstwerk, los van alle activiteiten en bouwwerken in de directe omgeving, te bezichtigen (bezoeken) en/of te gebruiken. Het gaat hier niet alleen om mensen uit Leiden en omgeving, maar ook daarbuiten.

Wanneer een kunstwerk een hoge aantrekkingswaarde heeft zal deze hoger scoren op dit criterium ten aanzien van een kunstwerk dat een lage aantrekkingswaarde heeft.



Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Een weinig vernieuwend ontwerp, toch is de belevenis om vlak boven het waterpeil door een duiker te lopen en vervolgens uit te komen bij de Hortus Botanicus, een unieke ervaring op zichzelf. De aantrekkelijkheid zal daarom als gemiddeld worden beschouwd en beoordeeld.
Alternatief Ib -	Idem alternatief Ia
Alternatief II -	Vanwege haar unieke ontwerp en de zeldzame ervaring om deels beneden het waterpeil te lopen, heeft het alternatief veel toeristische aantrekkingskracht. Daarnaast is de belevenis om door een duiker te lopen en vervolgens uit te komen bij de Hortus Botanicus, een unieke ervaring op zichzelf. Al met al zorgt dit ervoor dat het alternatief goed scoort op het criterium.
Alternatief III -	Vanwege haar unieke ontwerp en de zeldzame ervaring om op een open manier deels beneden het waterpeil te lopen, heeft het alternatief zeer veel toeristische aantrekkingskracht. Daarnaast is de belevenis om door een duiker te lopen en vervolgens uit te komen bij de Hortus Botanicus, een unieke ervaring op zichzelf. Al met al zorgt dit ervoor dat het alternatief zeer goed scoort op het criterium.
Alternatief IV-	Het ontwerp zal vooral bij de jongere wandelaar aanslaan door haar actieve aspect (spierkracht nodig om het vlot te verplaatsen). Helaas is de werking van het ontwerp onderhevig aan smaak en zal dus niet iedereen het kunnen waarderen om een fysieke inspanning te moeten leveren. De belevenis om door een duiker te lopen en vervolgens uit te komen bij de Hortus Botanicus, is echter een unieke ervaring op zichzelf. Kortom een gemiddelde score is gerechtvaardigd.

4.2.2. Gebruik

**Levensduur**

Normaliter de tijd in jaren dat het kunstwerk in technische zin meegaat na voltooiing (in de MCA wordt een score aan een alternatief, in relatie met de andere alternatieven, toegekend). De economische levensduur (rendabiliteit) is buiten beschouwing gelaten. Een lage score duidt op een korte levensduur ten opzichte van de andere kunstwerken en een hoge score lange(re) levensduur.

Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Het kunstwerk heeft een vaste basis als fundatie. De levensduur zal hier dus niet door worden bepaald (mits goed onderhouden). Tevens maakt het alternatief in vergelijking met de andere varianten relatief weinig contact met het water uit de gracht (het is echter nog niet duidelijk ivm de duikerhoogte of de onderkant van het loopdek in het water komt te liggen of net daarboven). Uitgaande van het feit dat het loopdek door de vaste fundering boven het waterniveau komt te liggen én watercontact een extra slijtageslag toebrengt aan een kunstwerk, is het alternatief in vergelijking met de anderen weinig gevoelig voor directe slijtage. Haar levensduur zal dus ook relatief lang zijn.
Alternatief Ib -	Het kunstwerk is door middel van drijvende vlonders gefundeerd. Het is dus belangrijk dat de vlonders hun functie (drijven) goed blijven vervullen. Omdat de vlonders op het water rusten zal het kunstwerk gevoelig zijn voor slijtage. Echter maakt het alternatief in vergelijking met andere varianten weinig contact met het water uit de gracht. De levensduur wordt daarom als gemiddeld beoordeeld.
Alternatief II -	Verreweg het grootste deel van het oppervlakte van het kunstwerk is beneden het waterpeil gesitueerd. Gezien het feit water (vervuiling daar gelaten) extra slijtage toebrengt aan een kunstwerk (in vergelijking met lucht) én het kunstwerk waterdicht moet zijn aan zij- en onderkant, zal de levensduur en dus ook de score op dit criterium van dit kunstwerk vergeleken met de andere kunstwerken lager zijn ongeacht de mate van onderhoud.
Alternatief III -	Idem alternatief II.
Alternatief IV-	Het kunstwerk bestaat uit twee aanlandingspunten (met vaste fundatie) en een drijvend vlot. Het is belangrijk dat het vlot haar functie (drijven) goed blijft vervullen. Omdat het vlot op het water rust, zal het kunstwerk gevoelig zijn voor slijtage. Echter maakt het alternatief in vergelijking met andere varianten weinig contact met het water uit de gracht. De levensduur wordt daarom als gemiddeld beoordeeld.

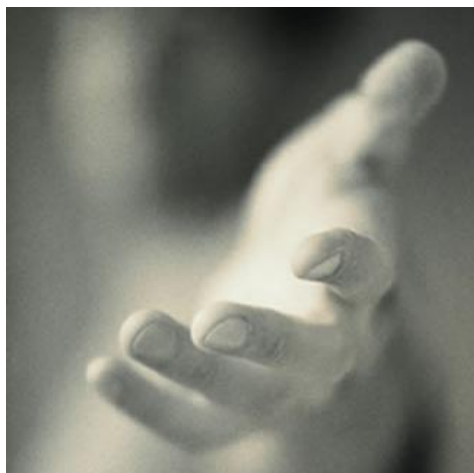
Weerbestendigheid

In hoeverre is het kunstwerk gevoelig voor weersomstandigheden. Dit uiteraard in het verlengde van alle normen en eisen, waar het kunstwerk in het kader van meteorologische omstandigheden sowieso aan moet voldoen conform programma van eisen (PvE). In dit geval staat het criterium weerbestendigheid voor de mate waarin het kunstwerk gevoelig is voor neerslag, golfslag (doordat de doelengracht beschut ligt en doorvaart verboden is, zal eventuele golfslag weinig om handen hebben), temperatuurschommelingen en dergelijke. Wanneer een kunstwerk gevoeliger is, vergeleken met andere kunstwerken, scoort eerstgenoemde laag op dit criterium.



Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Door de vaste fundering is het kunstwerk niet gevoelig voor golfslag (mits deze niet hoger is dan de hoogte van het loopdek t.o.v. het waterpeil). Alleen bij hevige storm zullen er problemen ontstaan omtrent golfslag. Stijging van het waterpeil van de gracht kan ook problematisch zijn. Neerslag wordt daarnaast direct afgevoerd door de openheid van de constructie. Het kunstwerk (en de wandelaar) loopt grotendeels onder de duiker door en zal daarom verder geen last hebben van neerslag. Omdat de brug tevens zeer kaal is aangekleed (weinig voorzieningen), zal vorst voor kleine problemen kunnen zorgen wat betreft gladheid. Op zichzelf is het kunstwerk dus enigszins gevoelig voor meteorologische omstandigheden. In relatie met de andere alternatieven is zij het minst gevoelig en scoort daarom het beste.
Alternatief Ib -	Omdat het kunstwerk drijft, is zij gevoelig voor golfslag (uiteraard wordt er voor gezorgd dat deze zo beperkt mogelijk is en binnen de normen blijft). Stijging van het waterpeil van de gracht is niet problematisch door het drijvende vermogen van het loopdek en de flexibiliteit van de aanlandingen. Neerslag wordt daarnaast direct afgevoerd door de openheid van de constructie. Het kunstwerk (en de wandelaar) loopt grotendeels onder de duiker door en zal daarom verder geen last hebben van neerslag. Omdat de brug tevens zeer kaal is aangekleed (weinig voorzieningen), zal vorst voor kleine problemen kunnen zorgen wat betreft gladheid. Op zichzelf is het kunstwerk dus wel gevoelig voor meteorologische omstandigheden. In relatie met de andere alternatieven scoort zij redelijk goed.
Alternatief II -	De vaste fundering van het kunstwerk zorgt ervoor dat zij niet heel gevoelig is voor golfslag (mits de golfslag niet hoger komt dan bovenkant opstaande zijwand). Bij hevige storm zullen er problemen ontstaan wat betreft golfslag. Stijging van het waterpeil van de gracht kan ook problemen opleveren. De afvoer van de neerslag moet zeer goed geregeld worden, omdat de constructie een natuurlijke aantrekkingskracht heeft op het water door haar verdiepte ligging. De gevoeligheid voor neerslag is dus groot. Het kunstwerk zelf is redelijk aangekleed met voorzieningen, wat zaken als gladheid goed kan bestrijden. Kortom de weerbestendigheid van dit kunstwerk is gering en daar zal in het verdere ontwerpproces veel aandacht aan geschonken moeten worden. De score van dit alternatief is dus slecht.
Alternatief III -	Idem alternatief II.
Alternatief IV-	Omdat het verbindende deel van het kunstwerk (het vlot) vrij drijft is het extra gevoelig voor golfslag (uiteraard wordt er voor gezorgd dat deze zo beperkt mogelijk is en binnen de normen blijft). Stijging van het waterpeil van de gracht is niet problematisch door het drijvende vermogen van het vlot en de onafhankelijkheid van de aanlandingen. Neerslag wordt daarnaast direct

afgevoerd door de openheid van de constructie. De gebruiker gaat eenmaal op het vlot vrijwel direct de duiker in en zal daarom maar beperkt last hebben van neerslag. Omdat het vlot tevens zeer kaal is aangekleed (weinig voorzieningen), zal vorst voor kleine problemen kunnen zorgen wat betreft gladheid. Op zichzelf is het kunstwerk dus gevoelig voor meteorologische omstandigheden. In relatie met de andere alternatieven scoort zij redelijk slecht door haar gevoeligheid voor golfslag en kale aankleding.



Comfort

Dit criterium behandelt de gebruiksvriendelijkheid van een kunstwerk. Een vraagstuk dat centraal staat is de vraag of het kunstwerk door haar gebruikers (voetgangers) als comfortabel/plezierig wordt ervaren. Middelen die een kunstwerk comfortabel kunnen maken zijn het toepassen van voorzieningen zoals leuningwerk, flauwe hellingen et cetera. Aspecten als het scheppen van voldoende ruimte zodat er geen hinder wordt ondervonden van passerende voetgangers en dergelijke, behoren ook tot dit criterium. Wanneer een kunstwerk nog niet gerealiseerd is, is het vanzelfsprekend lastig om een beeld te schetsen van de comfortabiliteit. De scores van dit criterium zullen daarom worden afgeleid uit de hoeveelheid en soort voorzieningen, ruimte, beweeglijkheid van de constructie en vergelijkbare kunstwerken. Een hoge mate van comfort zal resulteren in een hoge score, een lage mate logischerwijs in een lage score.

Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Het kunstwerk is smal en kent weinig voorzieningen. Tegenliggers kunnen daarom problematische situaties opleveren. Daarentegen is het kunstwerk zeer stabiel te noemen door haar vaste fundatie. Al met al een gemiddelde score waard.
Alternatief Ib -	Het kunstwerk is smal en kent weinig voorzieningen. Tegenliggers kunnen daarom problematische situaties opleveren. Daarnaast is de constructie gevoelig voor golfslag door haar drijvende fundering (door de beschutte ligging zal de hoogte hiervan echter wel meevallen). In vergelijking met alternatief Ia, scoort dit alternatief net iets slechter.
Alternatief II -	In het kunstwerk zijn meerdere voorzieningen verwerkt. De breedte is tevens aangepast aan twee passerende personen. Het kunstwerk is daarnaast onbeweeglijk door haar vaste fundering. Verder zorgen hoge zijwanden voor afscherming van de wind (en deels andere elementen). Neerslag en het waterpeil kunnen daarentegen wel zorgen voor een wat vochtige omgeving, dit lijkt echter niet bezwaarlijk. Kortom, een goede score is gepast.
Alternatief III -	Idem alternatief II
Alternatief IV-	De aanlandingen zijn voorzien van de nodige voorzieningen als leuningen. Het vlot daarentegen is, naast elementaire voorzieningen (conform regelgeving) kaal uitgevoerd. Het vlot is beweeglijk en de oversteek moet door middel van de eigen kracht van de gebruiker plaatsvinden, dit kan als oncomfortabel worden ervaren. Tevens kan er bij drukte een wachttijd ontstaan om gebruik te kunnen maken van het kunstwerk. Comfortabiliteit is dus ver te zoeken, genoeg reden voor het alternatief om slecht te scoren.

4.2.3. Omgeving

Toegankelijkheid

Met toegankelijkheid bedoelen we de mate van bereikbaarheid van het kunstwerk. Zaken die centraal staan bij dit criterium zijn de volgende;

- Kunnen alle soorten gebruikers het kunstwerk gebruiken (denk bijvoorbeeld aan minder validen of fietsers etc.).

LET OP: Het is nog onduidelijk of de afmetingen van het kunstwerk worden afgestemd op minder valide gebruikers, daarom wordt dit aspect niet in de score meegenomen.

- Kan men het kunstwerk gemakkelijk bereiken.
- Is het kunstwerk op een eenvoudige manier te betreden en te verlaten.

Is het kunstwerk toegankelijk, dan scoort deze hoog. Is dit niet het geval, dan scoort hij laag.



Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Het kunstwerk is onderdeel van de Singelplanroute en zal daarom cartografisch aangeduid worden als onderdeel van de route. Om deze reden wordt er van uitgegaan dat het kunstwerk goed te bereiken zal gaan zijn (ondanks dat delen van de Singelplanroute nog ontwikkeld moeten worden). Het kunstwerk is verder vanaf de kade goed te bereiken door middel van een trapconstructie. Dit alles zorgt voor een goede score op het criterium toegankelijkheid.
Alternatief Ib -	Idem alternatief Ib.
Alternatief II -	Het kunstwerk is onderdeel van de Singelplanroute en zal daarom cartografisch aangeduid worden als onderdeel van de route. Om deze reden wordt er van uitgegaan dat het kunstwerk goed te bereiken zal gaan zijn (ondanks dat delen van de Singelplanroute nog ontwikkeld moeten worden). Het kunstwerk is verder vanaf de kade te bereiken door middel van een trapconstructie. Er moet echter wel dieper worden afgedaald ten opzichte van de kade, vergeleken met alternatief Ia, Ib en IV. Om laatstgenoemde reden scoort het alternatief net iets slechter dan alternatief Ia en Ib.
Alternatief III -	Idem alternatief II.
Alternatief IV-	Het kunstwerk is onderdeel van de Singelplanroute en zal daarom cartografisch aangeduid worden als onderdeel van de route. Om deze reden wordt er van uitgegaan dat het kunstwerk goed te bereiken zal gaan zijn (ondanks dat delen van de Singelplanroute nog ontwikkeld moeten worden). Het kunstwerk is verder vanaf de kade te bereiken door middel van een trapconstructie. Tevens moet er vanaf een vaste aanlandingspunt worden overgestapt op het vlot. Het kan zijn dat het vlot niet goed is afgemeerd of zich bij het andere aanlandingspunt bevindt. Beiden verkleinen de toegankelijkheid. Dit alternatief presteert vergeleken met alle andere alternatieven het slechtste op dit criterium.



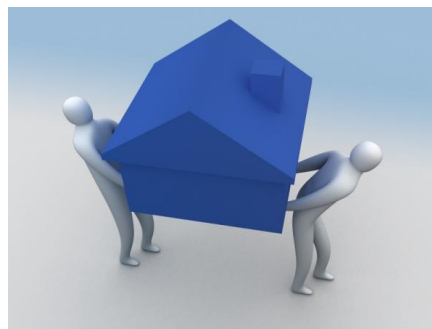
Uitvoerbaarheid

Kortweg het volgende; is het ontwerp van het kunstwerk op een gemakkelijke manier te implementeren in de omgeving. Anders gezegd, komt er veel kijken bij de uitvoer van het ontwerp of kan het kunstwerk gemakkelijk worden geconstrueerd en ingepast in haar omgeving. Een hoge score duidt op een gemakkelijk te realiseren ontwerp en bij een lage score is de realisatie lastig.

Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	De uitvoering van het brugdek/loopdek is lastig, omdat het noodzakelijk is om de constructie in de duiker aan te leggen. De fundering op palen is gezien de geringe duikerhoogte extra lastig, omdat heien dan zeer beperkt mogelijk is. Funderen aan het gebouw waar de duiker onderdeel van is, is ook een moeilijk verhaal omdat het gebouw een monument betreft. Daarnaast is de Doelengracht slechts 4,80 m. breed, waardoor de inzet van soort materieel beperkt wordt. Constructief zal er dus goed moeten worden nagedacht over de uitvoering van het kunstwerk. Het brugdek bestaat daarentegen uit prefab elementen, wat een soepele(re) uitvoering ten goede komt. Bij de aanlandingspunten zijn voldoende ruimte en opties aanwezig om de aanlandingspunten op een juiste manier, met een goede bereikbaarheid, te kunnen construeren. Het aanlandingspunt in de Clusiustuin zal waarschijnlijk iets lastiger zijn, door de aanwezigheid van een brug. Dit zal echter niets onoverkomelijks zijn. Al met al komt dit neer op een gemiddelde score.
Alternatief Ib -	Het brugdek zelf is door het gebruik van prefab elementen (vlonders), aan de ene kant goed uitvoerbaar. Aan de andere kant zorgt de aanwezigheid van de duiker ervoor, dat er moet worden gewerkt in een lastige omgeving (in een duiker, onder een gebouw). Daarnaast is de doelengracht slechts 4,80 m. breed, waardoor de inzet van soort materieel ook beperkt wordt. Bij de aanlandingspunten zijn voldoende ruimte en opties aanwezig om de aanlandingspunten op een goede manier, met een goede bereikbaarheid, te kunnen construeren. Het aanlandingspunt in de Clusiustuin zal waarschijnlijk iets lastiger zijn, door de aanwezigheid van een brug. Dit zal echter niets onoverkomelijks zijn. Kortom de brug is goed uit te voeren en verdient dus een goede score.
Alternatief II -	Het ontwerp is complex (waterdruk speelt een grote rol), de omgeving lastig (grotendeels in een duiker) en de aansluiting luistert nauw (ten behoeve van de waterdichtheid). Dit zijn problemen/uitdagingen die centraal staan bij de uitvoering van dit kunstwerk. Bij de aanlandingspunten zijn daarentegen voldoende ruimte en opties aanwezig om de aanlandingspunten op een juiste manier, met een goede bereikbaarheid, te kunnen construeren. Het aanlandingspunt in de Clusiustuin zal waarschijnlijk iets lastiger zijn, door de aanwezigheid van een brug. Dit zal echter niets onoverkomelijks zijn. De uitvoering zal dus een zware kluit blijken en daarom scoort het alternatief slecht.
Alternatief III -	Idem alternatief II.
Alternatief IV-	Bij de aanlandingspunten is voldoende ruimte aanwezig om de deze op een juiste manier , met een goede bereikbaarheid, te kunnen construeren. Er kan gewerkt worden vanaf het water of vanaf de kade. Het aanlandingspunt in de Clusiustuin zal waarschijnlijk iets lastiger zijn, door de aanwezigheid van een brug. Dit zal echter niets onoverkomelijks zijn. Het vlot kan daarnaast off site worden gemaakt en naar het plangebied worden getransporteerd en uitgeladen. De installatie van het vlot zal tevens goed uitvoerbaar blijken, door de beperkte omvang van de werkzaamheden. Om een lang verhaal kort te maken, het alternatief is zeer goed uitvoerbaar door haar eenvoud en scoort daarom vergeleken met de andere alternatieven zeer goed.

Positionering

Het criterium positionering houdt in wezen zoveel in als in hoeverre de beschikbare ruimte gereserveerd voor het kunstwerk, kan worden gebruikt. N.B. let op het verschil tussen kan en zal worden gebruikt. Wanneer een kunstwerk in een plangebied op meerdere manieren te positioneren is dan zal deze hoog scoren, vergeleken met een kunstwerk dat maar op één manier te positioneren is.



Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Door de geringe loophoogte in de duiker, zijn de opties om het alternatief te positioneren zeer beperkt. Tevens is het aanlandingspunt in de Clusiustuin onderhevig aan een reeds aanwezige brug, dit komt de positionering ook niet ten goede.
Alternatief Ib -	Idem alternatief Ia.
Alternatief II -	Omdat er in het kunstwerk beneden waterpeil gelopen kan worden, is de positionering enkel afhankelijk van de gesteldheid van de bodem van de gracht en eisen vanuit Hoogheemraadschap Rijnland. De mogelijkheden zijn echter wel beperkt door de aanlanding in de Clusiustuin. Zeer beperkt en onbeperkt dekken beiden niet de lading, vandaar de keuze op beperkt.
Alternatief III -	Idem alternatief II.
Alternatief IV-	Door de geringe hoogte van de duiker ten opzichte van het waterpeil, zijn de opties om het alternatief te positioneren beperkt. Het vlot kan echter variëren in positie door haar beweeglijkheid. Tevens is het aanlandingspunt in de Clusiustuin onderhevig aan een reeds aanwezige brug, dit komt de positionering ook niet ten goede. Het alternatief is, in relatie met de andere alternatieven, als beperkt beoordeeld.

Omgevingsbelasting

Tegenwoordig staat dit criterium hoog op de agenda bij het gros aan projecten. Het milieu is voor de mens een onmisbaar goed en dient zo min mogelijk te worden aangetast bij de realisatie van het kunstwerk en gedurende haar levensduur. Er moet echter niet alleen gedacht worden aan de natuurlijke omgeving, de belasting op de directe omwonenden (van het kunstwerk) speelt ook een rol. Des te meer de omgeving negatieve invloed ondervindt van de werkzaamheden omtrent het kunstwerk en/of als deze in gebruik is genomen, des te slechter scoort de voorziening op dit criterium. N.B. Alle alternatieven en varianten zullen worden gemaakt van duurzame gecertificeerde materialen (conform het Programma van Eisen) en zullen daarom niet bijdragen aan problemen omtrent de klimaatverandering.



Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Een deel van het oppervlaktewater wordt permanent afgeschermd van zonlicht door het kunstwerk. Dit zal buiten de duiker om, de nautische begroeiing niet ten goede komen. De constructie is wel zeer open, waardoor de blokkering van zonlicht enigszins beperkt wordt. In de duiker maakt het geen verschil omdat daar toch al zeer beperkt het zonlicht zijn weg weet te vinden. Door het gebruik van duurzame materialen (conform PvE) zal de kwaliteit van het oppervlakte water ook niet aangetast worden. De omwonenden zullen daarnaast in

vergelijking met de andere alternatieven beperkt hinder hebben van de aanleg en het gebruik van het kunstwerk. Dit laatste heeft voornamelijk de eenvoud van het kunstwerk als oorzaak. De hinder van het toenemende aantal voorbijgangers voor de bewoners zal ook gering zijn, omdat een groot deel van het plangebied al is bestempeld tot wandelroute en als dusdanig wordt beschouwd. Vergeleken met andere alternatieven komt dat alles neer op een gemiddelde score.

Alternatief Ib - Idem alternatief Ia.

Alternatief II - Een aanzienlijk deel van het oppervlaktewater wordt permanent afgeschermd van zonlicht door (de omvang van) het kunstwerk. Dit zal buiten de duiker om, de nautische begroeiing niet ten goede komen. De constructie heeft daarnaast maar een beperkte hoogtewerking boven het waterniveau. Hierdoor wordt de blokkering van zonlicht enigszins beperkt. Door het gebruik van duurzame materialen (conform PvE) zal de kwaliteit van het oppervlakte water ook niet aangetast worden. De omwonenden zullen daarentegen in vergelijking met de andere alternatieven hinder hebben van de aanleg en het gebruik van het kunstwerk. Dit laatste heeft voornamelijk de complexiteit van het kunstwerk als oorzaak. De hinder van het toenemende aantal voorbijgangers voor de bewoners zal ook gering zijn, omdat een groot deel van het plangebied al is bestempeld tot wandelroute en als dusdanig wordt beschouwd. De omgeving ondervindt dus alles meegenomen redelijk wat hinder van het alternatief, vergeleken met de andere alternatieven.

Alternatief III - Idem alternatief II, met als enige verschil dat het zonlicht door het gebruik van doorzichtig materiaal verder en beter kan doordringen in het water van de gracht. Dit komt weer ten goede van de nautische begroeiing.

Alternatief IV- Door de geringe omvang van het vlot en de aanlandingspunten zal de blokkering van het zonlicht zeer beperkt zijn. Door het gebruik van duurzame materialen (conform PvE) zal de kwaliteit van het oppervlakte water ook niet aangetast worden. De omwonenden zullen daarnaast in vergelijking met de andere alternatieven beperkt hinder hebben van de aanleg en het gebruik van het kunstwerk. Dit laatste heeft voornamelijk de eenvoud van het kunstwerk als oorzaak. De hinder van het toenemende aantal voorbijgangers voor de bewoners zal ook gering zijn, omdat een groot deel van het plangebied al is bestempeld tot wandelroute en als dusdanig wordt beschouwd. De impact op de omgeving is al met al dus laag.

Doorstroming

Het begrip doorstroming kan op meerdere manieren worden opgevat. Om miscommunicatie te voorkomen zal er nu een korte toelichting volgen, welke exacte betekenis aan het begrip doorstroming in dit document wordt gekoppeld. Het criterium doorstroming heeft betrekking op het stromen van water door een watergang. Een kunstwerk in de watergang kan deze waterstroom hinderen. Een belemmering van de waterdoorstroming is in het kader van onder andere bestaande veiligheidseisen omtrent water niet wenselijk. Andere voorname redenen hiervoor zijn; ten eerste de impact die een belemmering heeft op het watersysteem (waterberging, hoogte waterpeil e.d.) en ten tweede de kwaliteit van het water. Al met al zorgt een grote belemmering van de doorstroming van water voor een slechte score en geen tot een geringe belemmering voor een goede score op dit criterium.



Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Het is nog niet duidelijk op wat voor manier de vaste fundatie van dit kunstwerk wordt uitgevoerd (zo is het nog onduidelijk of de onderkant van het brugdek en haar fundering, het grachtwater zal gaan raken). Uitgaande van het meest ongunstige geval dat het samenspel van de fundering en het brugdek deels in de watergang worden aangelegd, dan zal de doorstroming van het water slechts heel beperkt aangetast worden. Dit komt ten eerste door het toepassen van de beperkte diepgang van het loopdek (mocht de onderkant laatstgenoemde beneden waterpeil worden aangelegd). Daarnaast zijn de dimensies van de fundering gering door de beperkte belasting op het brugdek. Het kunstwerk belemmert de doorstroming dus al met al, in relatie tot de andere kunstwerken, gemiddeld.
Alternatief Ib -	Het brugdek zal door middel van drijvende vlonders gefundeerd worden. De drijvende vlonders hebben een beperkte diepgang en afmetingen en zullen daardoor de doorstroming van het water in de Doelengracht slechts minimaal beïnvloeden. Het kunstwerk zorgt dus voor een geringe belemmering van de doorstroming en scoort daarom relatief goed.
Alternatief II -	Door het samenspel van een geringe waterdiepte van de Doelengracht, in combinatie met het feit dat het kunstwerk op de bodem zal worden neergelegd zal de impact op de doorstroming van het water plaatselijk aanzienlijk zijn. Op de plek waar het kunstwerk komt te liggen wordt de ruimte (breedte) voor de doorstroming van het water bijna gehalveerd. Het kunstwerk heeft dus kortom een grote impact op de doorstroming van het water en scoort daarom laag op dit criterium.
Alternatief III -	Idem alternatief II.
Alternatief IV -	De doorstroming van het water ondervindt, zo goed als geen hinder van de aanwezigheid van het vlot. Dit is te danken aan haar beperkte diepgang. De aanlandingen zijn door hun geringe omvang tevens niet van grote invloed op de doorstroming. Het kunstwerk zorgt voor een zeer geringe belemmering.

4.2.4. Kosten



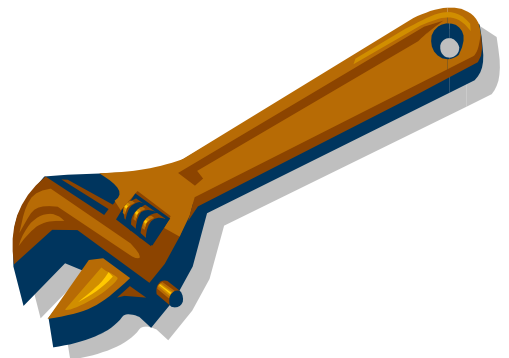
Realisatiekosten

De hoeveelheid financiële middelen die moeten worden aangesproken om het gehele projecttraject te kunnen doorlopen tot de in gebruik name van het kunstwerk. De beoordeling is gebaseerd op een schatting van realisatiekosten. Een hoge investering zorgt voor een lage score en visa versa.

Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	De aanschafprijs van het brugdek zelf zal relatief gezien niet hoog zijn, omdat er gebruik wordt gemaakt van prefab elementen en het ontwerp op eenvoud is gebaseerd. Daarnaast worden er enkel basale voorzieningen toegepast. De uitvoering zal echter wel de nodige kosten met zich mee brengen door de complexiteit ervan. Vergeleken met de andere alternatieven zullen de realisatiekosten daarom als gemiddeld worden geacht.
Alternatief Ib -	Idem alternatief Ia.
Alternatief II -	Door de complexiteit van het kunstwerk zelf en de hoeveelheid toegepaste materialen in het kunstwerk zullen de aanschafkosten, vergeleken met de andere alternatieven, hoog zijn. Daarnaast is de uitvoering ook zeer lastig. Dit komt niet ten goede aan de realisatiekosten. Kortom, vergeleken met de andere alternatieven zullen de realisatiekosten dus hoog zijn.
Alternatief III -	Idem alternatief II.
Alternatief IV-	Door de eenvoud van het principe en de geringe afmetingen van het totale kunstwerk zullen de aanschafkosten, in vergelijking, niet hoog zijn. Tevens is de uitvoering relatief eenvoudig. Kort samengevat, het alternatief trekt weinig financiële middelen om gerealiseerd te worden.

Onderhoud

Onder onderhoud verstaat men doorgaans; Het totaal aan (kosten die gemaakt moeten worden om) activiteiten welke als doel hebben het in 'een aanvaardbare conditie' houden of terugbrengen van in dit geval kunstwerken, teneinde de functionaliteit van het te onderhouden kunstwerk, te borgen. Andere centrale vraagstukken bij de afweging van dit criterium; Is het kunstwerk en/of haar directe omgeving (dus de Doelengracht) gemakkelijk te bereiken als het gaat om beheer- en onderhoudswerkzaamheden én hoe groot zal de benodigde frequentie zijn van onderhoudswerkzaamheden. Een onderhoudsgevoelig en/of lastig te bereiken kunstwerk zal derhalve lager scoren dan een onderhoudsarm en/of gemakkelijk te bereiken kunstwerk.



Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Het kunstwerk is op zichzelf niet gevoelig voor onderhoud, indien het loopdek zich geheel boven het waterpeil bevindt. Mocht het toch in direct contact komen te staan met het grachtwater, dan is de slijtage en dus ook de onderhoudsgevoeligheid groter. Daarnaast berust de vorm van het kunstwerk op eenvoud en is zij op basis van prefab elementen opgebouwd, waardoor de kosten van het onderhoud laag zullen zijn. Daarentegen is het kunstwerk lastig te bereiken voor onderhoudspersoneel, materiaal en materieel. Reden hiervoor

is de ligging van het kunstwerk (grotendeels in de duiker) en de eventuele geringe hoogte ten opzichte van het waterpeil. Tevens zorgt de vaste fundering ervoor dat het kunstwerk zeer lastig of zelfs niet te verplaatsen zal zijn, wanneer de watergang (Doelengracht) onderhouden dient te worden. Het natte onderhoud van de watergang zal dus problematisch kunnen worden. Het is belangrijk dat hier in het ontwerpproces de nodige aandacht aan wordt gegeven, zowel communicatief met het Hoogheemraadschap (verantwoordelijk voor onderhoud) als in het ontwerp zelf. In vergelijking met de andere alternatieven en op basis van bovenstaande argumenten scoort dit alternatief laag.

Alternatief Ib - Het loopdek van het kunstwerk staat altijd in direct contact met het grachtwater, waardoor de slijtageslag redelijk is en de frequentie van het onderhoud dus opgeschroefd zal gaan moeten worden, vergeleken met alternatief Ia. Tevens is het kunstwerk lastig te bereiken voor onderhoudspersoneel, materiaal en materieel, door de ligging van een groot deel van het kunstwerk in de duiker. Daarentegen berust de vorm van het kunstwerk op eenvoud en is zij op basis van prefab elementen opgebouwd, dit komt de kosten en de frequentie van het onderhoud ten goede. Omdat het loopdek van het kunstwerk gefundeerd is op drijvende vlonders, zijn er eventueel mogelijkheden om het loopdek te mobiliseren ten behoeve van het natte onderhoud. Samengevat is het onderhoud (in vergelijking met de andere alternatieven) aan de ene kant lastig, maar aan de andere kant goed te doen. Het kunstwerk is daarom als gemiddeld beoordeeld.

Alternatief II - Het kunstwerk ligt grotendeels beneden het waterpeil. Daarbij is het noodzakelijk dat de constructie waterdicht is en blijft. Om dit te kunnen garanderen zal er een hoge mate van hoogwaardig onderhoud nodig zijn. Daarnaast is het kunstwerk lastig te bereiken voor onderhoudspersoneel, materiaal en materieel, door de ligging van een groot deel van het kunstwerk in de duiker én beneden het waterpeil. Tevens zal het natte onderhoud aan de watergang (Doelengracht) door de diepgang en omvang van het kunstwerk zeer lastig blijken. Dit alles komt het criterium onderhoud verre van ten goede. De aanlandingspunten zullen het meest onderhoudsvriendelijk zijn. Conclusie, het kunstwerk scoort zeer slecht op dit criterium.

Alternatief III - Idem alternatief II.

Alternatief IV - Gezien de beperkte omvang van het totale kunstwerk en de mobiliteit van het vlot, zal het kunstwerk in relatie tot de andere alternatieven gemakkelijk te onderhouden zijn. Daarnaast is de watergang ook gemakkelijk te onderhouden, omdat het vlot tijdelijk gemobiliseerd kan gaan worden. Daarentegen, staat het vlot constant in contact met het water uit de Doelengracht waardoor de onderhoudsfrequentie enigszins kan gaan toenemen. Kortom, het kunstwerk zal gemakkelijk te onderhouden zijn, met een relatief lage frequentie.

4.3. Stap 2: Standaardisatie

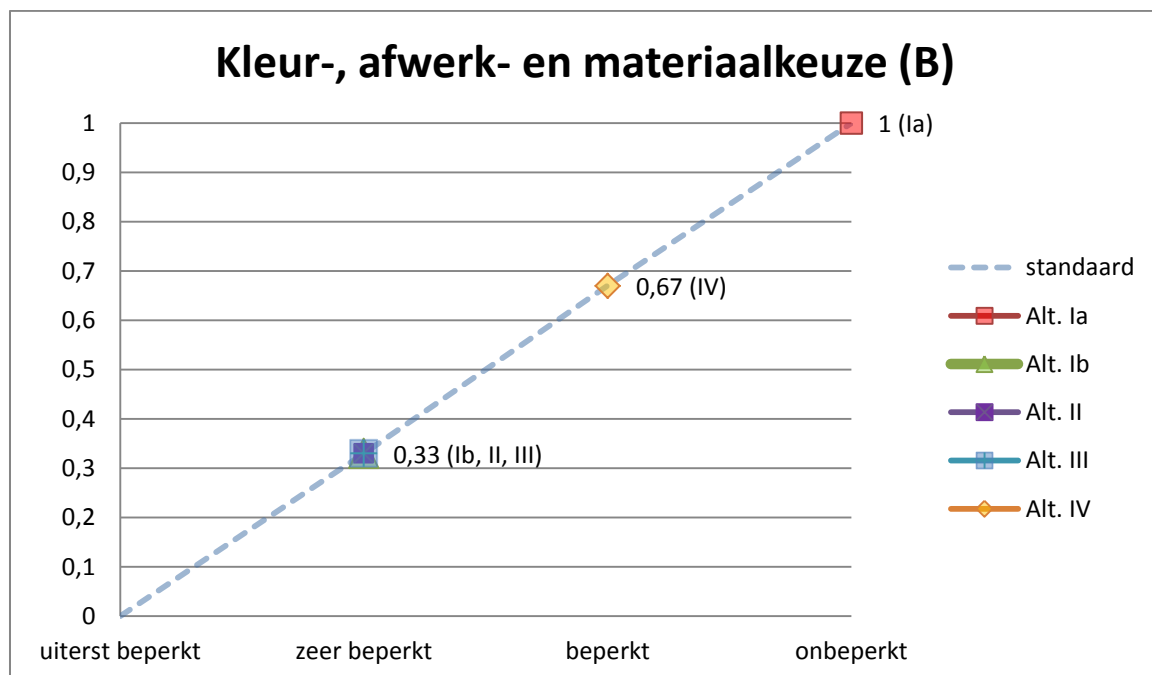
In deze paragraaf wordt elk criterium in een lijngrafiek op een nieuwe schaal afgebeeld, die tussen 0 en 1 loopt. Er is gekozen voor een lineaire standaardisatiefunctie die tussen de laagste en hoogste score loopt (intervalstandaardisatie).

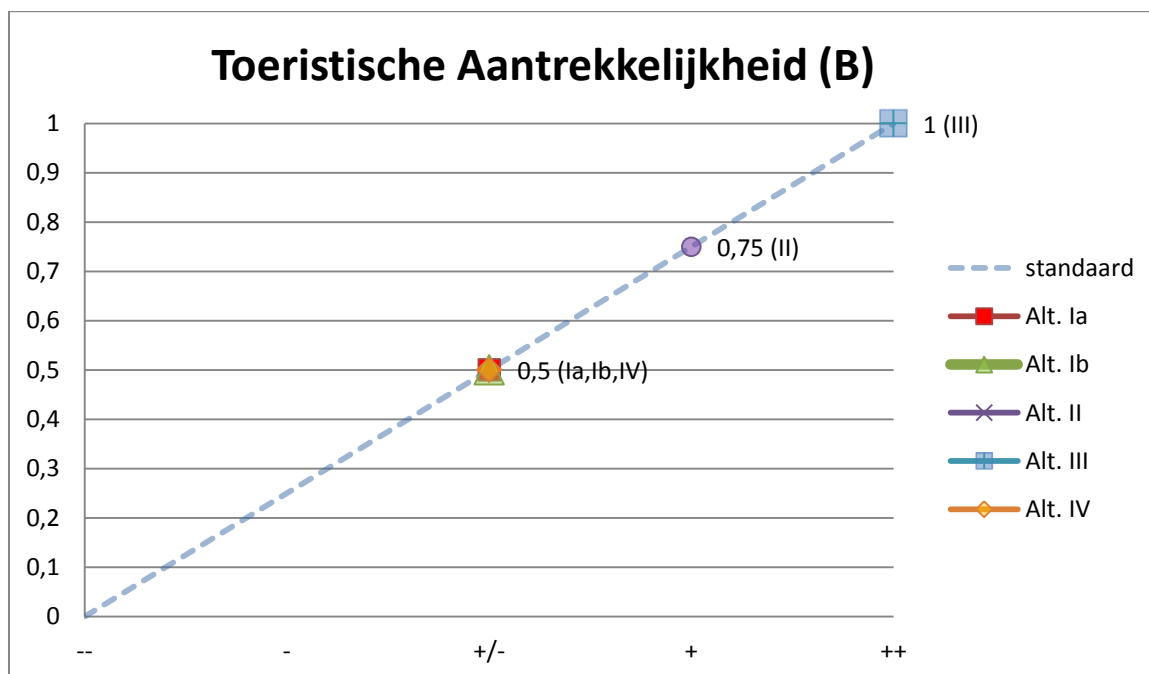
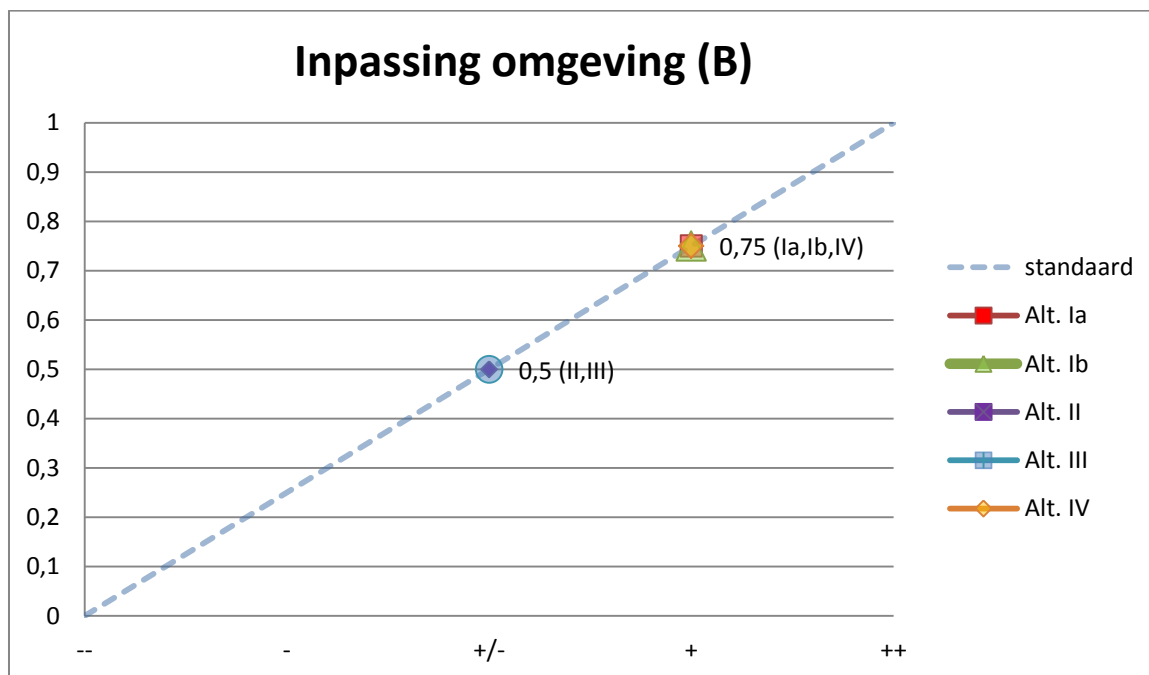
Bij de standaardisatie geldt dat zowel bij kostencriteria (afk. K) als bij batencriteria (afk. B) de beste score, de hoogste waarde krijgt en visa versa. Hierbij is het belangrijk op te merken dat bij een grafiek die gebaseerd is op baten, een hoge waarde wordt beloond met een hoge score. Bij een grafiek gebaseerd op kosten wordt een lage waarde juist beloond met een hoge score.

De verkregen waarden worden uiteindelijk gebruikt in de resultatentabel van stap 4. Dus kortom de waardes uit de effectentabel worden geconverteerd naar bruikbare scores voor de resultatentabel uit stap 4.

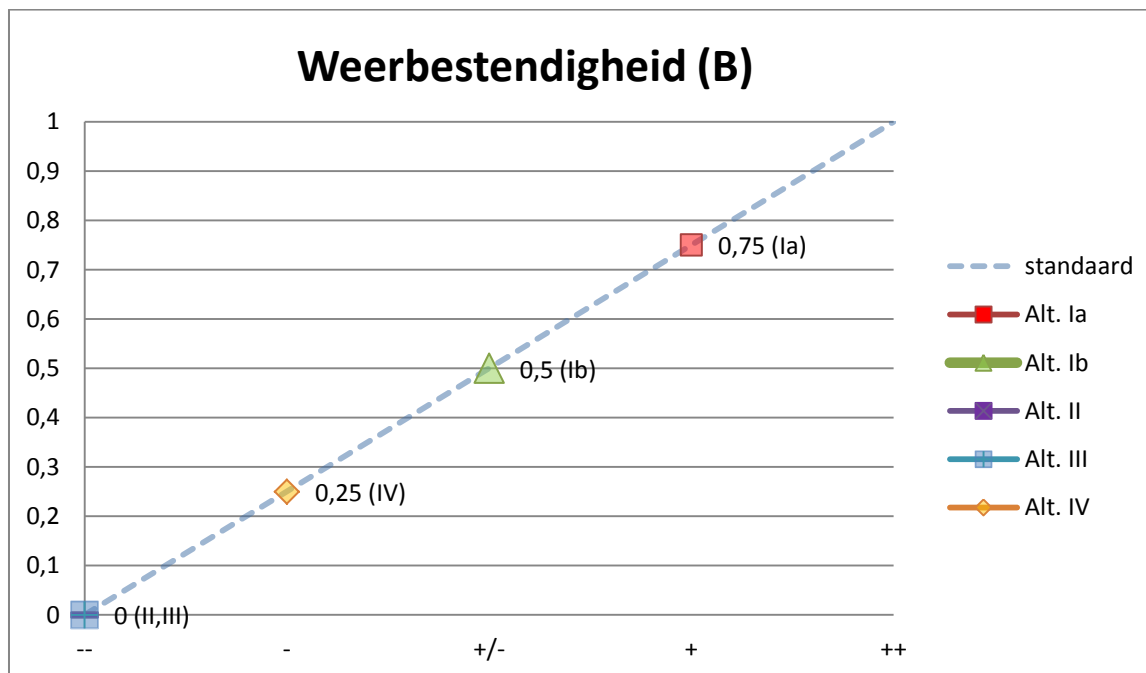
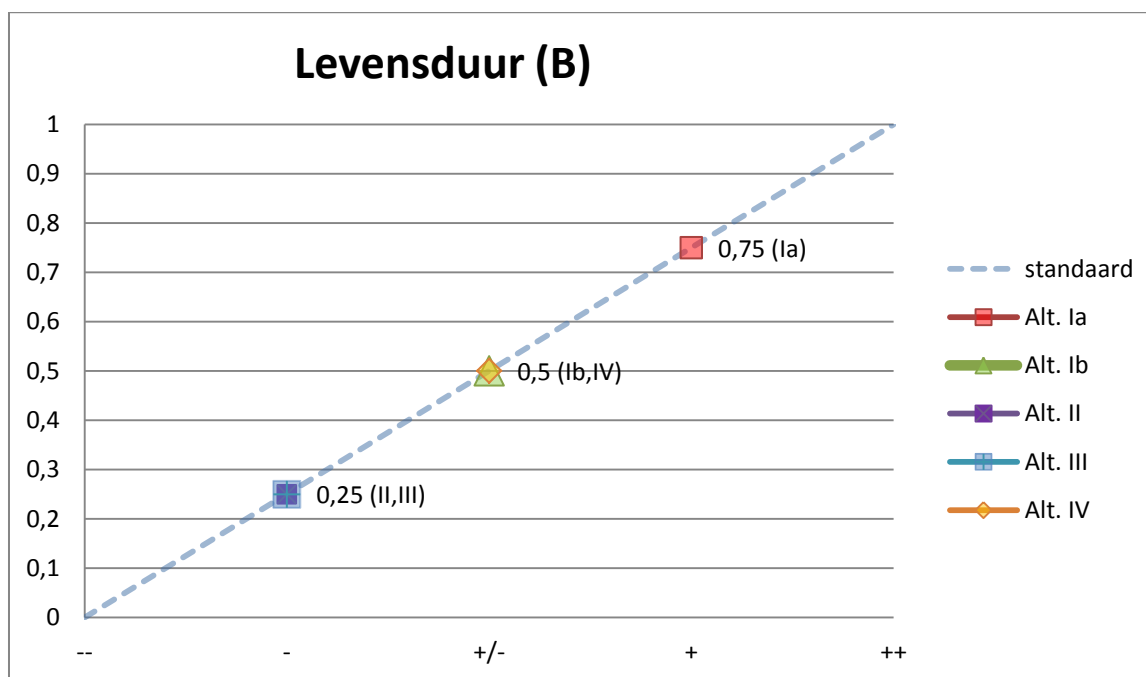
In de paragraaf wordt wederom een indeling gemaakt op basis van de vier groepen criteria; esthetiek, gebruik, omgeving en kosten.

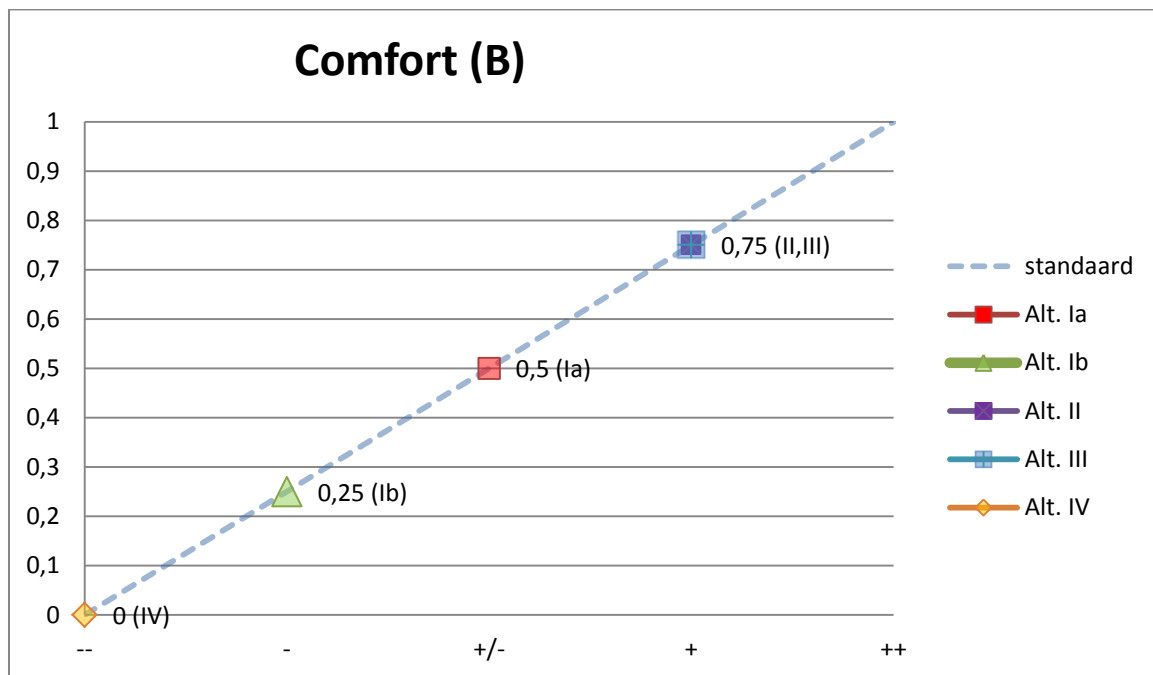
4.3.1. Esthetiek



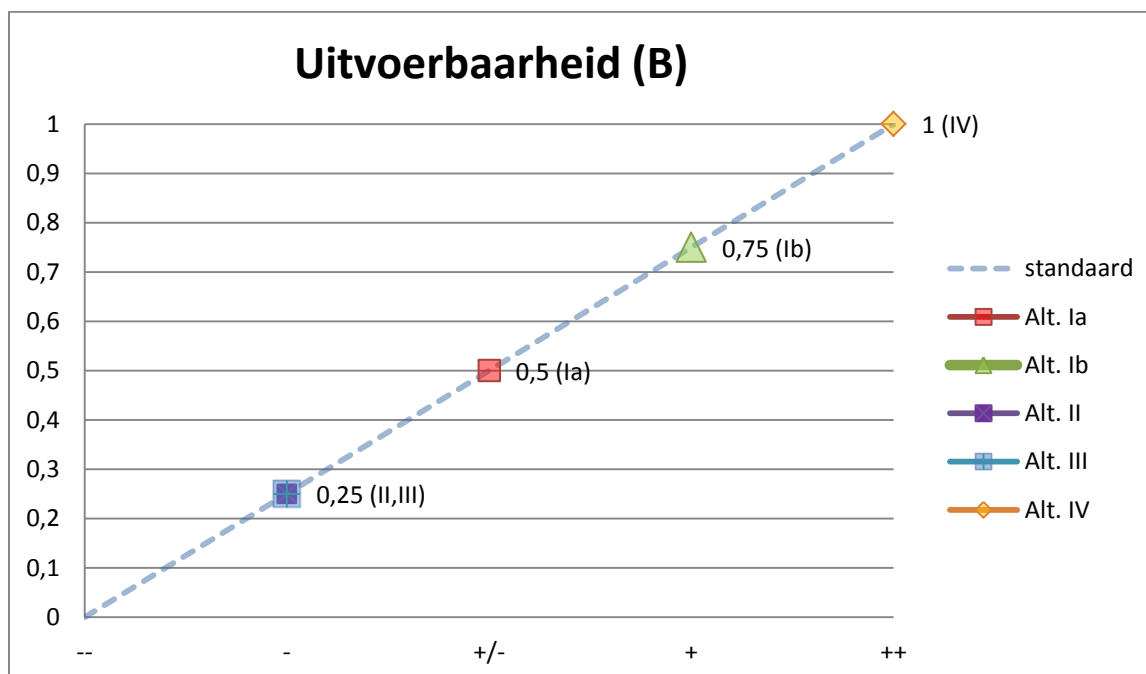
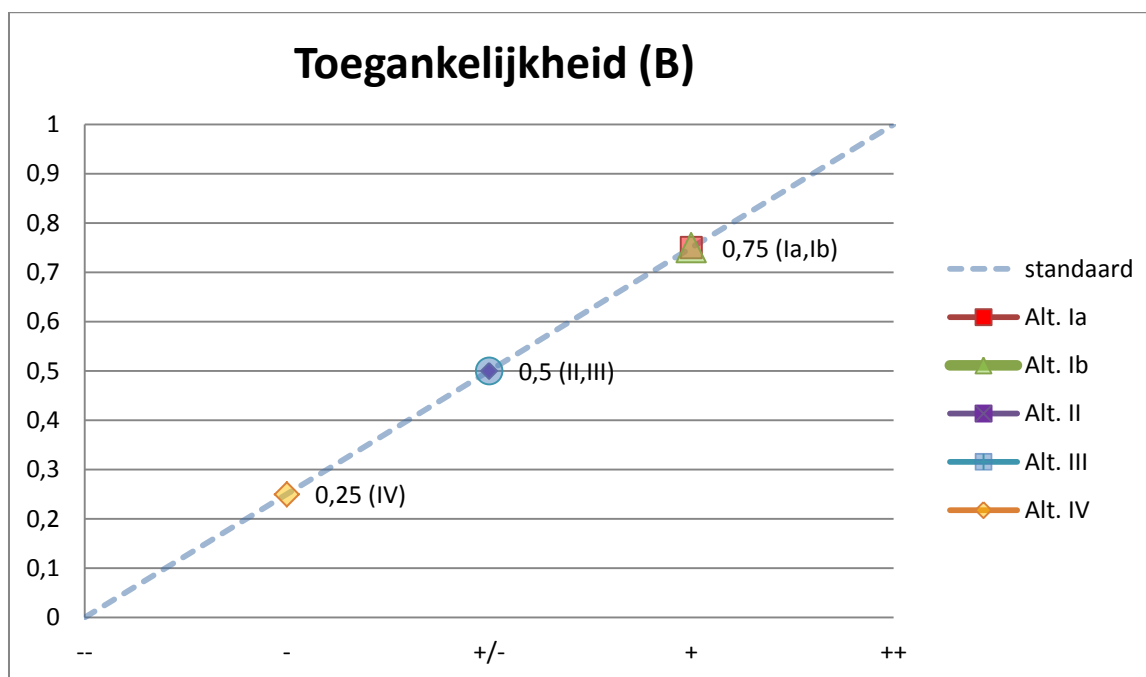


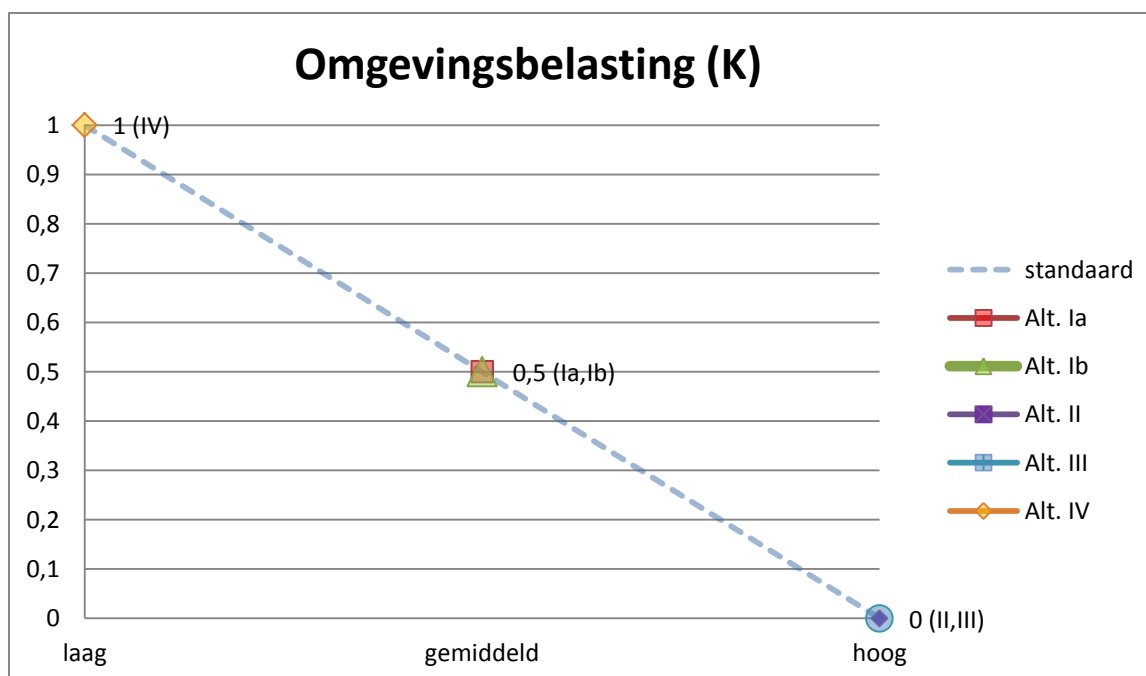
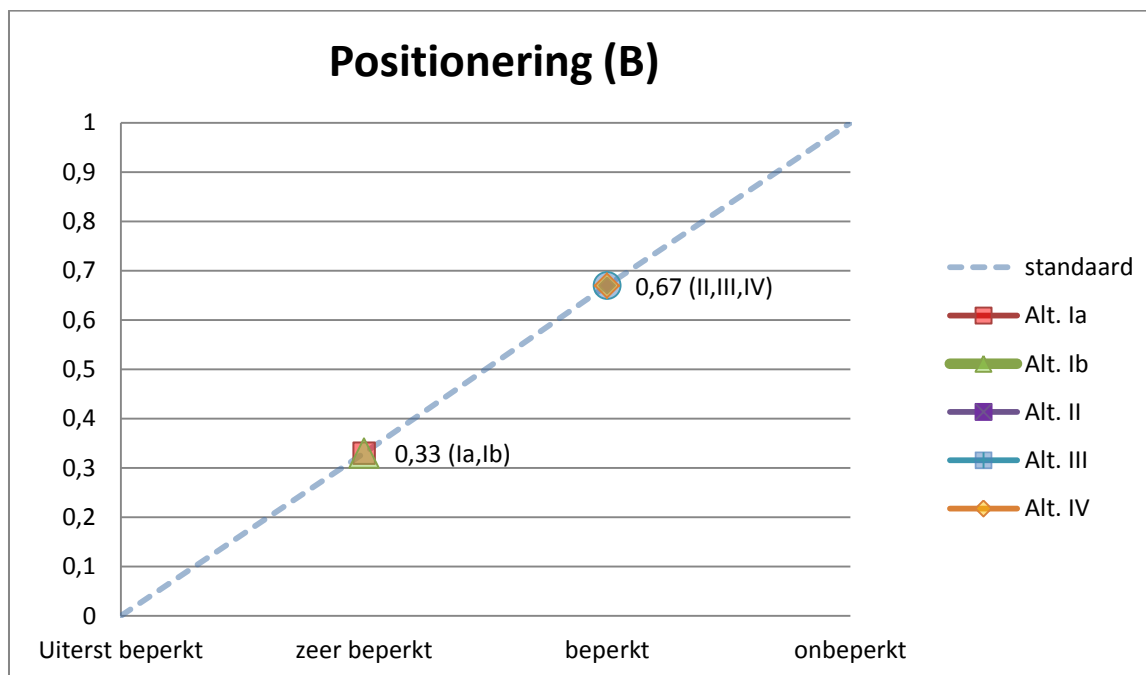
4.3.2. Gebruik

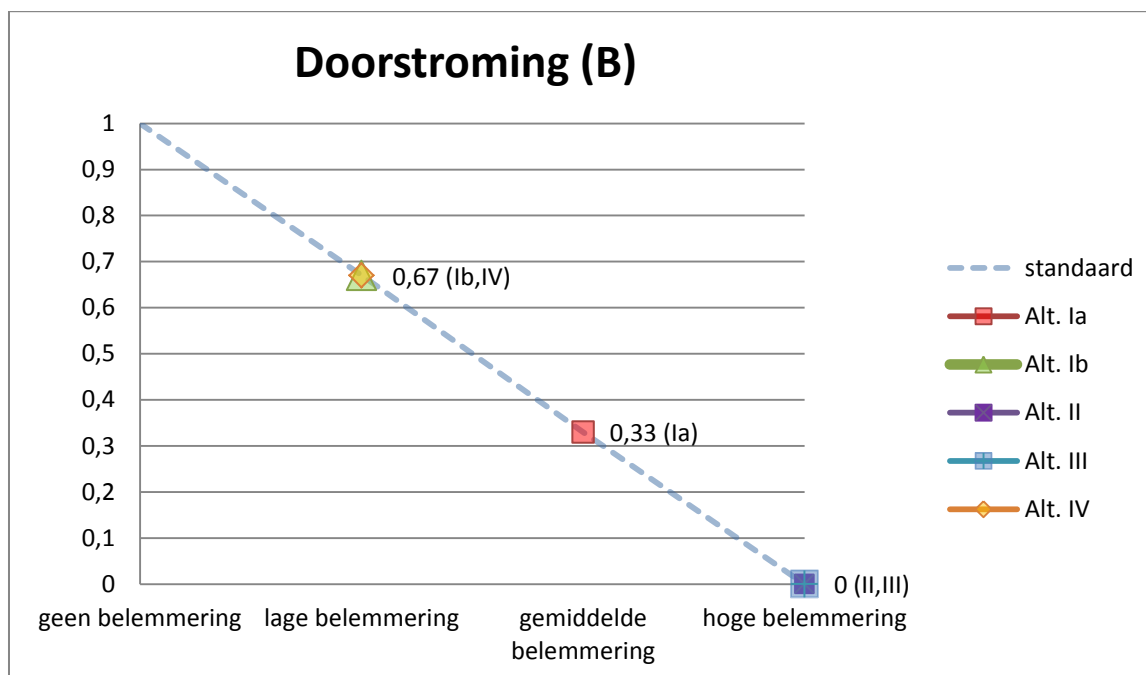




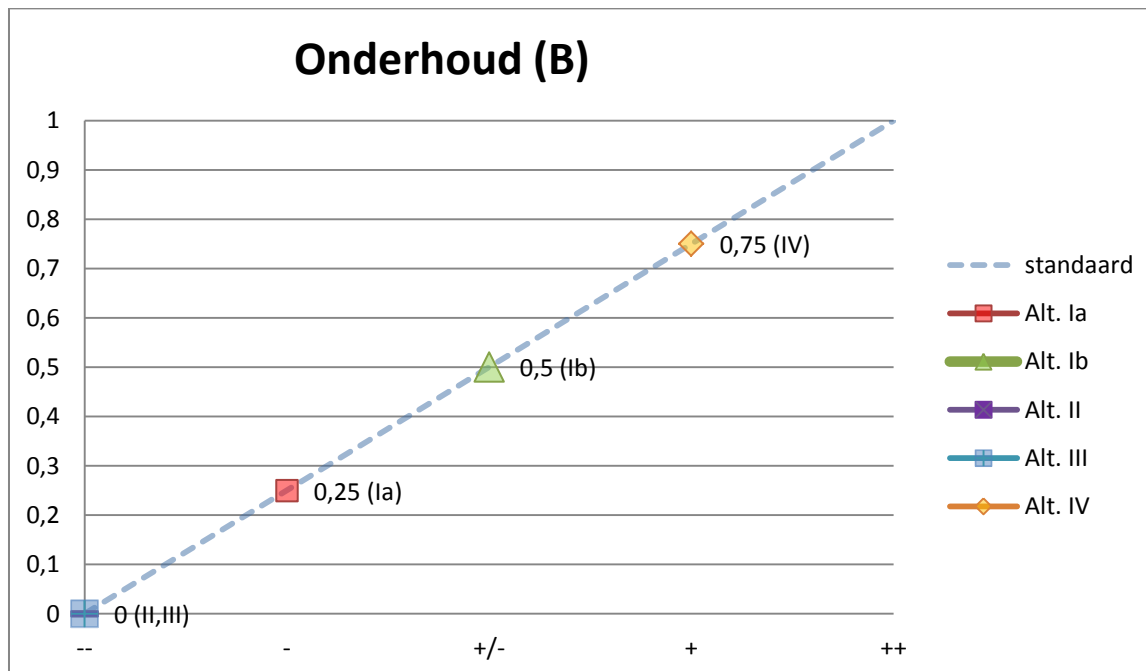
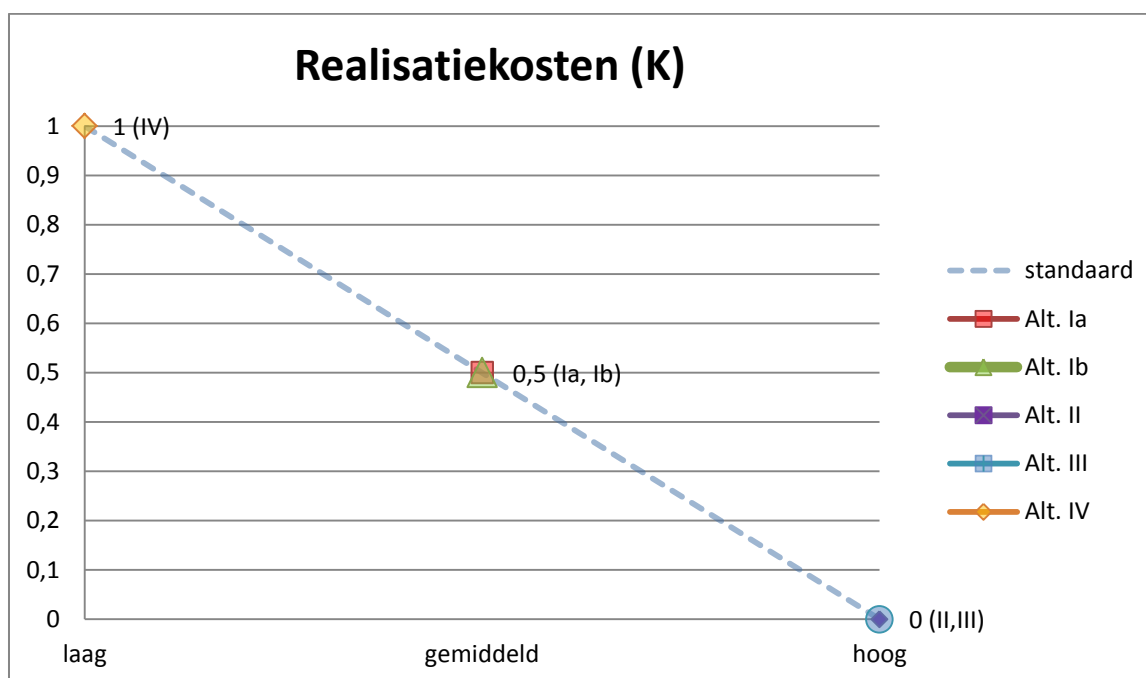
4.3.3. Omgeving







4.3.4. Kosten



4.4. Stap 3: Weging

De weging of weefactor bepaling gebeurt meestal door een groep experts op het onderwerp dat wordt onderzocht, of door degenen die uiteindelijk een beslissing moeten maken. Zij doen dat door middel van paargewijze vergelijking van elk criterium of per categorie(/groep). Op deze manier ontstaat een controle op de consistentie van de uitkomsten.

In dit geval wordt deze stap uitgevoerd door ondergetekende met de assistentie van experts (de experts, in dit geval mijn stagebegeleiders, beoordelen het totale proces en passen eventueel correcties toe). Er is zowel een weging opgesteld per criteriagroep, als per individueel criterium. Ter verhoging van de betrouwbaarheid van de MCA is gekozen voor de uitgebreide afweging per criteria.

De weging/ bepaling van de weefactoren is bijgevoegd als **bijlage II**

4.5. Stap 4: Rangschikking

De laatste stap van de MCA is de rangschikking. De gewichten uit stap drie worden vermenigvuldigd met de gestandaardiseerde scores uit stap 2 en daarna opgeteld. Het alternatief/ de variant met de hoogste score wordt nummer 1 in de rangschikking, dat met de op één na hoogste score nummer 2, enzovoort. Beslissers moeten tenslotte beoordelen of nummer 1 ook het beste alternatief/variant is, op basis van de MCA en eventuele criteria die niet werden meegenomen in de MCA.

4.5.1. Resultatentabel

Onderstaand figuur geeft een overzicht van de totaalscores van elk van de vijf alternatieven.

Criteria		K(osten)/B(aten)	Weegfactor	Alt. Ia	Alt. Ib	Alt. II	Alt. III	Alt. IV
Esthetiek	Kleur-, afwerk- en materiaalkeuze	B	1	1	0,33	0,33	0,33	0,67
	Inpassing omgeving	B	1,5	0,75	0,75	0,5	0,5	0,75
	Toeristische aantrekkelijkheid	B	1,5	0,5	0,5	0,75	1	0,5
Gebruik	Levensduur	B	1,5	0,75	0,5	0,25	0,25	0,5
	Weerbestendigheid	B	1,5	0,75	0,5	0	0	0,25
	Comfort	B	1,5	0,5	0,25	0,75	0,75	0
Omgeving	Toegankelijkheid	B	1,5	0,75	0,75	0,5	0,5	0,25
	Uitvoerbaarheid	B	1,5	0,5	0,75	0,25	0,25	1
	Positionering	B	1	0,33	0,33	0,67	0,67	0,67
	Omgevingsbelasting	K	2	0,5	0,5	0	0	1
	Doorstroming	B	2	0,33	0,67	0	0	0,67
Kosten	Realisatiekosten	K	2	0,5	0,5	0	0	1
	Onderhoud	B	2	0,25	0,5	0	0	0,75
Totaalscore				11,24	11	5,5	5,88	13,06

Een globale analyse van de resultatentabel leert dat volgens de MCA-methodiek:

- Alternatief IV: Vlotbrug, van alle vijf de alternatieven, de hoogste score heeft en dus conform de MCA het beste alternatief is.
- De op één na hoogste score is toebedeeld aan alternatief Ia: Vlonderbrug met vaste fundering, waardoor deze op de tweede plaats eindigt.
- De op twee na hoogste score is toebedeeld aan alternatief Ib: Vlonderbrug met drijvende fundering, waardoor deze op de derde plaats eindigt.
- Alternatief III: de Duikbrug, de op één na laagste score heeft, waardoor deze op de vierde plek eindigt.
- Alternatief II: de Loopgraafbrug, de laagste score heeft, waardoor deze op de vijfde en laatste plek eindigt.

4.5.2. Gevoeligheidsanalyse MCA

Uit de resultatentabel blijkt dat er tussen het winnende alternatief (vlotbrug) en de alternatieven die op de tweede en derde plaats zijn geëindigd (vlonderbrug Ia,Ib), qua eindscore maar een gering verschil zit. Dit terwijl het alternatief dat op de tweede en derde plaats zijn geëindigd, op precies hetzelfde aantal criteria het beste scoort als het winnende alternatief. Een verklaring hiervoor is de invloed van de weegfactoren. Een kleine aanpassing van deze factoren kan grote gevolgen hebben voor de uitkomst. Het is daarom van belang dat alle belanghebbenden het eens zijn met de weging uit stap 3 (paragraaf 3.4). Extra controle wordt aangeraden.

Daarnaast valt op te merken dat omdat het verschil in score gering is (resp. $13,06 - 11,24 = 1,82$ en $13,06 - 11 = 2,06$), de beslissers een eventuele keuze voor het toepassen van het alternatief dat op de tweede of derde plaats is geëindigd (mits goed beargumenteerd) kunnen verantwoorden.

4.5.3. Advies op basis van MCA & Gevoeligheidsanalyse

Op basis van de uitkomsten van de Multi Criteria Analyse en de Gevoeligheidsanalyse wordt geadviseerd te kiezen uit drie opties: alternatief IV: de Vlotbrug, alternatief Ia: Vlonderbrug met vaste fundering of alternatief Ib: Vlonderbrug met drijvende fundering.

4.5.4. Aanvullende Argumentatie Beslisser(s)

De heer **Marcel Belt** vertegenwoordigt in dit proces de rol van beslisser. Hij draagt de volgende aanvullende argumentatie aan ten behoeve van de keuze voor alternatief I(a of b):

1. In vergelijking met alternatief IV: de Vlotbrug vindt de heer Belt alternatief I: de Vlonderbrug fraaier qua uitstraling en robuuster qua uiterlijk.
2. Daarnaast acht de heer Belt alternatief I minder gevoelig voor vandalisme ten opzichte van alternatief IV.

Deze twee argumenten, in aanvulling tot de gevoeligheidsanalyse, doen de heer Belt er toe bewegen om zijn voorkeur te geven voor alternatief I: de Vlonderbrug.

Alternatief I kent derhalve twee vormen (alternatief Ia en alternatief Ib, zie hoofdstuk 3). Het verschil tussen deze alternatieven uit zich in de funderingswijze. Alternatief Ia berust op een vaste fundatie terwijl alternatief Ib op een drijvende fundering bouwt.

De heer Belt geeft zijn voorkeur aan alternatief Ia: Vlonderbrug met vaste fundering en draagt daarvoor de volgende argumenten aan:

1. Een vaste fundering brengt volgens de heer Belt een bepaald gevoel van veiligheid en vertrouwen met zich mee, dit in contrast met de drijvende fundering welke als instabiel of 'onprettig' kan worden ervaren. Hij berust zich puur op de gebruiker van het kunstwerk.
2. Omdat het dek van het kunstwerk vlak boven water wordt geconstrueerd maakt het volgens de heer Belt voor de belevingswaarde van het kunstwerk (het vlak boven het waterpeil lopen) weinig verschil of men op waterniveau (alt. Ib) of zeer vlak erboven (alt. Ia) loopt.
3. Het argument dat bij drastische peilstijgingen in de Doelengracht, die verband houden met de opvang van piekneerslag, het brugdek met vaste fundering (alt. Ia) wel onder water komt te staan en een brugdek met drijvende fundering niet (alt. Ib), is voor de heer Belt geen argument. Dit omdat een dergelijke peilstijging ten eerste zeer zelden voorkomt en ten tweede er niemand gebruik zal gaan maken van het kunstwerk door haar pure recreatieve functie.

4.5.5. Keuze

Op basis van het advies van de opsteller van dit document én de aanvullende argumentatie van de beslisser (zijnde de heer Belt) wordt gekozen voor het toepassen van **alternatief 1a: Vlonderbrug met vaste fundering.**



4.6. Evaluatie MCA-Proces

Een gedegen Multi Criteria Analyse kan niet zonder de evaluatie. In deze paragraaf wordt getracht het totale proces door te lichten, met daarbij de focus op een tweetal aspecten.

1. Aandachtspunten: Gedurende de uitvoering van de MCA zijn er aantal punten langs gekomen die extra aandacht vragen. Zo moeten alle vier de genomen stappen goed worden gecontroleerd op objectiviteit en professionaliteit. Tevens spelen de weegfactoren in stap 4: Rangschikking, een aanzienlijk rol. Een kleine aanpassing van deze factoren kan grote gevolgen hebben voor de uitkomst. Het is daarom van belang dat alle belanghebbenden het eens zijn met de weging uit stap 3. Extra controle wordt aangeraden.
2. Bijzonderheden: Na voltooiing van de MCA naar aanleiding van de alternatieven, kan er nog niet worden overgaan naar het ontwerp- en berekentraject. Zoals de naam van dit hoofdstuk (MCA-alternatieven) waarschijnlijk al doet vermoeden, is er tot nu toe enkel een alternatief geselecteerd. Dit alternatief zal nog moeten worden uitgewerkt naar verschillende varianten op het alternatief. Deze varianten worden op hun beurt weer afgewogen door middel van het uitvoeren van een tweede Multi Criteria Analyse óf een gedegen keuze op basis van gegronde argumentatie. Na afronding van dat proces kan er worden aangevangen met de verdere uitwerking van de gekozen variant van het alternatief.

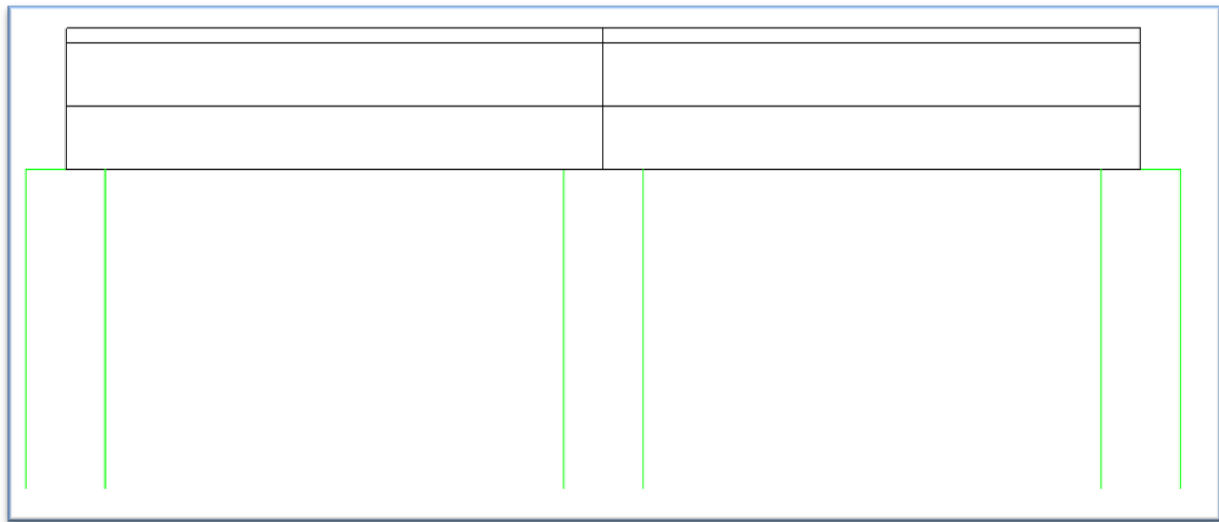
5. DE VARIANTEN

Elke variant is een uitwerking op alternatief 1a: Vlonderbrug met vaste fundering

Het verschil tussen de varianten kenmerkt zich door het toepassen van verscheidene technieken van funderen (van constructieonderdelen) van de vlonderbrug. Daarbij is het belangrijk om op te merken dat elke fundatietechniek een vaste fundering betreft.

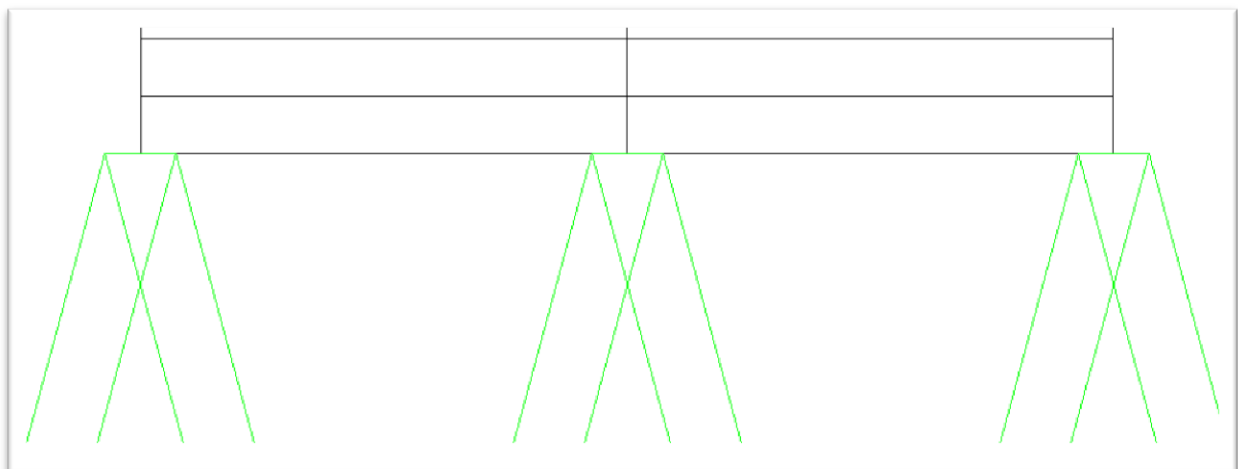
5.1. Variant A: Fundering op rechte palen

Simpel gezegd, worden in deze variant alle constructieonderdelen ondersteund danwel gefundeerd op rechte palen in de bodem. Met alle constructieonderdelen worden het brugdek en de aanlandingen bedoeld.



5.2. Variant B: Fundering op schuine palen

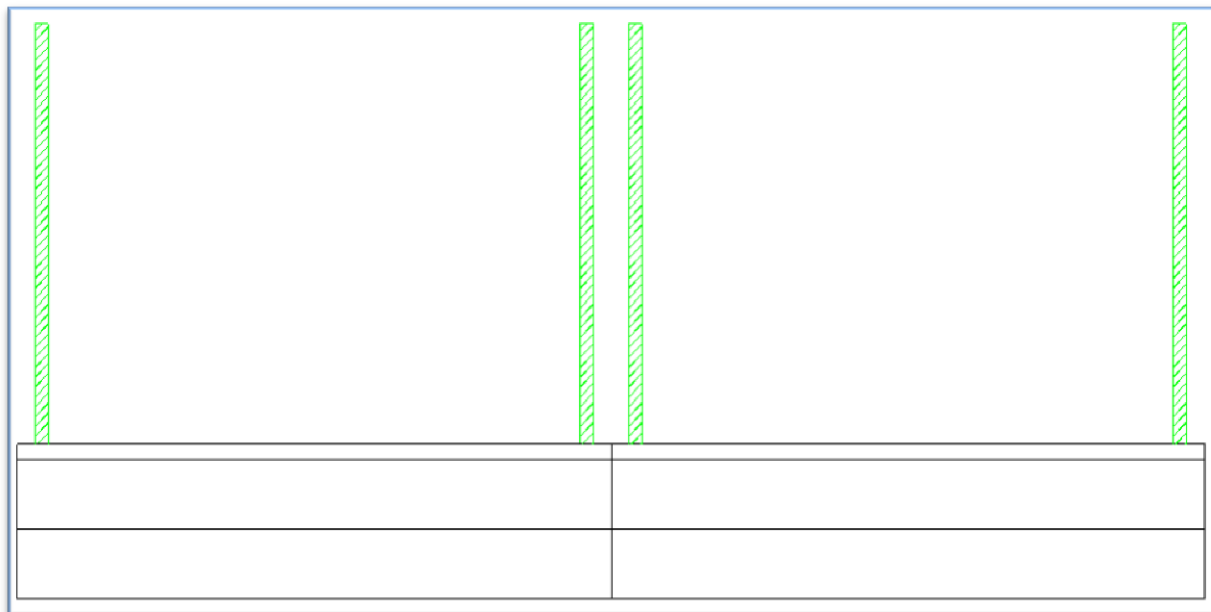
In het kort zeggende, worden in deze variant alle constructieonderdelen ondersteund danwel gefundeerd op schuine palen in de bodem. Met alle constructieonderdelen worden het brugdek en de aanlandingen bedoeld.



5.3. Variant C: Fundering hangend aan overkluizing

Kort samengevat wordt in deze variant;

- Het brugdek met kabels opgehangen aan het plafond van de overkluizende constructie.
- De overige constructieonderdelen worden gefundeerd op rechte palen in de bodem.



5.4. Variant D: (Overige) Combinatie funderingsmethoden

Deze variant betreft een combinatie van funderingsmethode conform variant A, B en/of C, waarbij als eis gesteld wordt dat deze combinatie anders is dan de combinatie uit variant C.

6. KEUZEPROCES VARIANT - ARGUMENTATIE

In tegenstelling tot de afweging tussen de verschillende alternatieven bestaat het keuzeproces tussen de discrete varianten niet uit het uitvoeren van een Multi Criteria Analyse. De MCA is een zeer uitgebreide wetenschappelijke methode om tot een gefundeerde rationele keuze te komen en vergt daarnaast veel tijd.

De keuze uit de verscheidene varianten zal gefundeerd worden puur op het principe van argumentatie. Dat wil zeggen er wordt een keuze gemaakt uit de verscheidene varianten op basis van argumenten. Deze manier van afwegen wordt verantwoord door:

- Ten eerste de ervaring uit de beroepspraktijk van de experts. De experts hebben een controlerende en ondersteunende taak wat betreft dit document.
- Ten tweede de tijdsbesparing die kan worden bereikt.
- Ten derde is de MCA in feite een te uitgebreide methode voor een keuze van deze omvang. Het wordt gezien als 'overdreven'.
- Ten vierde en ten slotte de invloed van de beslissers. Alle argumentatie die wordt aangedragen, kan door de beslissers ten alle tijden worden aangevuld en/of aangepast.

Er wordt getracht zo veel mogelijk structuur aan te brengen in het keuzeproces. Dit is ook van belang wanneer het keuzeproces wordt gebaseerd op argumentatie. Om deze reden zal er een onderverdeling worden gemaakt tussen de verschillende categorieën argumenten.

6.1. Argumentatie opsteller

Als opsteller van dit document pleit ik voor het toepassen van variant A: fundatie op rechte palen en draag daarvoor de volgende argumenten aan;

Variant A/B vergeleken met C

- Ten eerste blijkt dat variant C: Fundering aan overkluizing met kabels aan veel strengere eisen moet voldoen dan varianten A en B. De oorzaak hiervan is te vinden bij het feit dat men de brug wilt ophangen aan een rijksmonument (vestiging Universiteit Leiden). Als men iets dergelijks tracht, is de regelgeving zeer strak opgezet vanuit de wet. Dit brengt beperkingen met zich mee (zoals de maximale belasting aan de overkluizing of de ophanglocaties van de kabels die het brugdek ondersteunen. Variant A en B ontwijken dit probleem door het rijksmonument geenszins aan te tasten (Uitgezonderd van de verlichting). Variant C is wat mij betreft daarom uitgesloten.
- Ten tweede is het eenvoudiger om palen in de bodem aan te brengen, in vergelijking met kabels ophangen aan het plafond van de overkluizing. Dit pleit voor het toepassen van variant A of B, ten koste van variant C.

Variant A vergeleken met B

- Ten eerste is het onderhouden van de Doelengracht (nat onderhoud) een stuk lastiger als men schuine palen (variant B) toepast. Schuine palen leveren in vergelijking met rechte palen een grotere belemmering op, omdat zij meer ruimte innemen beneden het wateroppervlakte. Variant A (rechte palen) is vanuit beheer en onderhoudsopzicht dus wenselijker.
- Ten tweede is het aanbrengen van rechte palen gemakkelijker (en dus goedkoper) dan schuine palen in de bodem. Dit pleit wederom voor variant A.
- Ten derde blijkt het toepassen van (duurdere) schuine palen overbodig te zijn om horizontale krachten en momentwerkingen op te vangen. Rechte palen die onderling geschoord zijn, voldoen ruimschoots aan de betreffende stabiliteitseisen.

Variant A vergeleken met D

- Een combinatie van funderingsmethoden is overbodig omdat er conform de stabiliteitseisen kan worden volstaan met rechte palen (evt. geschoord).

6.2. Advies op basis van argumentatie

Op basis van de argumentatie van de beslisser wordt gekozen voor het toepassen van een combinatie van **Variant A: Fundering op rechte palen**. Een uitvoering in deze vorm blijkt al met al, uiteindelijk het meest positief in beeld te zijn gekomen puur op basis van de aangedragen argumenten. Samengevat is variant A vergeleken met de/een overige variant(en); goedkoper, eenvoudiger in de aanleg en leveren deze palen het minste overlast op als het gaat om het natte onderhoud aan de watergang. Dit alles terwijl wel een veilige en stabiele constructie kan worden gegarandeerd.

6.3. Aanvullende Argumentatie Beslisser(s)

(Geen)

3.4. Keuze

Op basis van het advies van de opsteller van dit document wordt gekozen voor het toepassen van **Variant A: Fundering op rechte palen**.

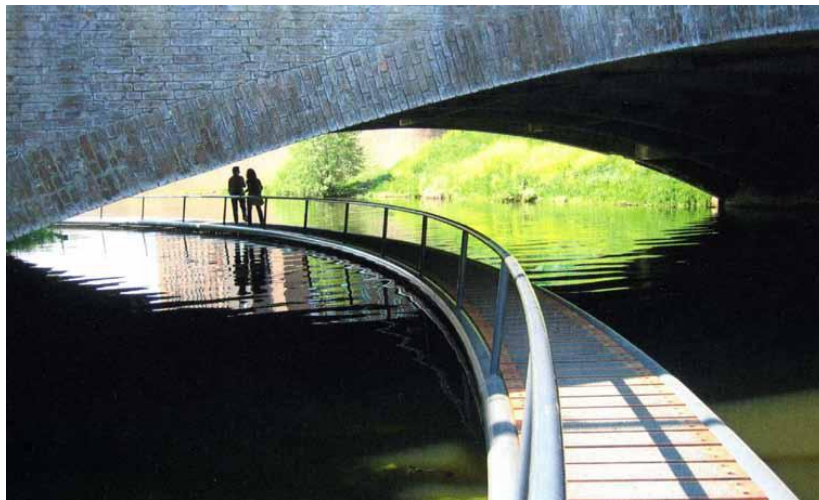
4. DEFINITIEVE KEUZE

In dit hoofdstuk wordt de uiteindelijke keuze van het **alternatief** en de daarbij horende **variant** bekend gemaakt en besproken. De **kern** van de achterliggende gedachte bij het keuzeproces wordt steeds gebaseerd op de uitkomsten van de **Multi Criteria Analyse** (afk. **MCA**). Met behulp van de MCA is een gefundeerde keuze gemaakt voor een type verbinding welke zich het meeste leent om toegepast te gaan worden als verbinding tussen de **5^e Binnenvestgracht en het openbare gebied van de Clusiustuin**.

De definitieve keuze is gevallen op **alternatief la: de Vlonderbrug met vaste fundering**. De keuze voor dit alternatief is tot stand gekomen na een zorgvuldige afweging door middel van het uitvoeren van de MCA met de onderbouwing van een gevoeligheidsanalyse, en aanvullende en steekhoudende argumentatie van de beslisser(s). Kort samengevat blijkt de definitieve keuze, ondanks dat het alternatief (l) **niet** als meest gunstig in de **resultatentabel** tot uiting kwam, op basis van **aanvullende argumenten** vanuit beleid en het Singelparkproject (afkomstig van de beslisser zijnde de heer Belt) de **beste keuze** te zijn aldus de beslissende partij (**de heer Belt**).

Nadat duidelijk werd dat alternatief la de boventoon zou voeren, zijn er een **viertal varianten** opgesteld. Deze varianten hebben als onderlinge **verschil** dat zij elk een **discrete vaste funderingstechniek** vertegenwoordigen om (onderdelen van) het kunstwerk te funderen. Na het afronden van het afwegingsproces op basis van **argumenten** blijkt het toepassen van **variant A: Fundering op rechte palen** de **best passende sleutel** tot de oplossing te zijn.

Op deze manier ontstaat uiteindelijk een gefundeerd ontwerp van een **vlonderbrug**, welke gefundeerd is op **rechte palen**.



5. BRONNENLIJST

Literatuur:

- *Online document: Handreiking voor de toepassing van afwegingsmethoden bij bodemsanering, door Milieudienst gem. Groningen (afdeling bodem) i.s.m. Royal Haskoning Groningen, d.d. mei 2004.*
- *Online document: Multicriteria-analyse (powerpoint bestand), door T. Heusinkveld, d.d. onbekend.*

Software:

- *Microsoft Excel 2007*
- *Computerontwerpprogramma AutoCAD 2009*

Internet:

- www.google.nl

Bijlage I: Effectentabel

Bijlage II: Weegfactor tabel

Alternatieven- & Variantenstudie EDI

VERBINDING 5^e BINNENVESTGRACHT - CLUSIUSTUIN

Auteur:	Mike Nicolai
Datum van wijzigen:	03/05/2012
Versie:	Definitief
Gezien door:	
Goedkeuring:	

VOORWOORD

De afweging is uitgevoerd door de auteur van dit document. De auteur en tevens student is bezig met zijn afstudeerstage voor de opleiding Civiele Techniek en heeft dus in het vakgebied nog weinig ervaring. Op basis hiervan zou er geconcludeerd kunnen worden dat het hele afwegingsproces niet van een dermate hoog en betrouwbaar niveau is, zodanig dat deze kan worden toegepast in de beroepspraktijk. Ware het niet dat de auteur de afweging heeft uitgevoerd met de assistentie van professionele ingenieurs. Deze ingenieurs beoordelen het totale proces (tijdens en achteraf) en sturen waar nodig bij, door middel van het aangeven van verbeterpunten. Hierdoor wordt het niveau van het document naar het gewenste beroepsniveau getild en kan het document als betrouwbaar worden geacht. Uiteraard heeft de student daarnaast getracht het keuzeprocess, op een zo objectief mogelijk manier te benaderen, wat de betrouwbaarheid ook ten goede komt.

Inhoud

Voorwoord	113
1. Inleiding	116
2. Uitgangspunten	117
2.1. Programma van Eisen.....	117
2.2. Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie (EDI).....	117
3. De Alternatieven.....	118
3.1. Alternatief Ia en Ib: Vlonderbrug	118
3.2. Alternatief II: de Loopgraafbrug	119
3.3. Alternatief III: de “Duik”brug	120
3.4. Alternatief IV: Vlotbrug	121
4. Keuzeprocess Alternatief – EDI.....	122
4.1. Algemeen	122
4.2. De Criteria	122
4.3. De Effectentabel.....	130
4.4. Aanvullende Argumentatie en Conclusies	132
4.5. Keuze & Advies	133
4.6. Evaluatie Keuzeprocess	133
5. De Varianten	134
5.1. Variant A: Duikbrug met glazen wanden	134
5.2. Variant B: Duikbrug met wanden van polycarbonaat (PC).....	137
5.3. Variant C: Duikbrug met PMMA wanden	139
6. Keuzeprocess Variant – Rangschikkingstabel & Argumentatie	141
6.1. Stap 1: Rangschikkingstabel.....	142
6.2. Stap 2: Analyse Rangschikkingstabel.....	143
6.3. Stap 3: Advies op basis van Scoretabel	144
6.4. Stap 4: Aanvullende Argumentatie Keuze	106
6.5. Keuze & Advies	107
6.6. Evaluatie Keuzeprocess	145
7. Definitieve Keuze	146
Bronnenlijst.....	147

1. INLEIDING

Na het vastleggen van alle eisen en wensen in het Programma van Eisen (afk. PvE) is het zaak om diezelfde eisen en wensen te vertalen naar een aantal mogelijke alternatieven (en in een later stadium varianten), ten behoeve van het oplossen van het probleem. Dit vormt de aanleiding voor het opstellen van dit document. De uiteindelijke oplossing van het probleem is het leveren van een tweetal ontwerpen van een verbinding, welke de kade van de 5^e Binnenvestgracht met de kade van de Clusiustuin verbindt (zie ook document: Werkplan).

Hierbij staat bij het ene ontwerp de uitkomsten van de Multi Criteria Analyse centraal (m.a.w. het ontwerp dat als meest geschikte ontwerp uit de Multi Criteria Analyse naar voren komt) en bij het andere ontwerp de aspecten; esthetiek, duurzaamheid en innovatie centraal.

Het ontwerp dat in dit document centraal staat is het ontwerp van een type verbinding welke zich het meest leent om toegepast te worden aan het einde van de 5^e Binnenvestgracht met de Clusiustuin, **gebaseerd op de aspecten; Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie (afk. EDI)**.

Om tot een gedegen ontwerp te komen is een zorgvuldige alternatieven & variantenstudie onmisbaar. Er zullen rationele keuzes gemaakt moeten worden tussen de alternatieven & varianten om uiteindelijk tot één oplossing te komen. Om het keuzeprocess zoveel mogelijk te vereenvoudigen en inzichtelijk te maken is de alternatieven & variantenstudie opgebouwd uit een zestal fasen, te weten:

7. Ten eerste worden de eisen en wensen uit het PvE vertaald naar uitgangspunten waar elk alternatief en variant aan moet voldoen. Uitgangspunten afgeleid uit het PvE, die betrekking hebben op beperkingen op het gebied van esthetiek, duurzaamheid en innovatie, zijn derhalve achterwege gelaten.
8. Ten tweede worden verschillende alternatieven, welke mogelijk zijn in het plangebied (uiteraard conform uitgangspunten), uitgelicht. Elk alternatief zal worden voorzien van een summiere algemene beschrijving en haar plus- en minpunten in relatie tot het plangebied.
9. Vervolgens wordt er gestart met het afwegen van de alternatieven door middel van een effectentabel en steekhoudende argumentatie (wel en niet op basis van de effectentabel). In deze fase wordt tevens een definitieve keuze gemaakt uit alle alternatieven.
10. Het uiteindelijk genomineerde alternatief zal in deze fase worden uitgewerkt tot een aantal varianten. Elke variant zal worden voorzien van een korte toelichting.
11. De volgende stap is het afwegen van alle varianten. In tegenstelling tot de afweging van de alternatieven, wordt er nu 'enkel' gebruik gemaakt van steekhoudende argumenten om tot een uiteindelijke keuze te komen voor een bepaalde variant.
12. Ten slotte wordt er afgesloten met een korte samenvatting van de uiteindelijk gekozen variant, op het winnende alternatief.

Het document is opgebouwd naar dezelfde fasering zoals hierboven beschreven staat. Dit tevens in corresponderende volgorde.

2. UITGANGSPUNTEN

In het Programma van Eisen zijn alle eisen en wensen van alle belanghebbende partijen geïnterpreteerd. Deze zijn vervolgens vertaald naar de uiteindelijke eisen/wensen waaraan het ontwerp van het kunstwerk dient te voldoen. De volgende stap is om het eisen- en wensenpakket te vertalen naar een lijst met uitgangspunten waaraan (het ontwerp van) elk alternatief en variant dient te voldoen en/of aan getoetst kan worden in de effectentabel. Uitgangspunten afgeleid uit het PvE, die betrekking hebben op beperkingen op het gebied van esthetiek, duurzaamheid en innovatie, zijn derhalve achterwege gelaten.

Naast uitgangspunten gebaseerd op het PvE, worden er tevens uitgangspunten gegeven die enkel betrekking hebben op de aspecten Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie (EDI).

Dus om een lang verhaal kort te maken wordt er net gedaan of bepaalde uitgangspunten (EDI-beperkend) niet van toepassing zijn in de ontwerpfase en wordt er puur een afweging gemaakt op de EDI-aspecten en de toelaatbare ruimte in het plangebied. De belangrijkste uitgangspunten in het kort;

2.1. Programma van Eisen

- Het te realiseren kunstwerk moet voldoen aan alle betrokken wetten, richtlijnen (van Hoogheemraadschap Rijnland) en (NEN-)normen, conform het Programma van Eisen.
- Het kunstwerk dient geschikt te worden gemaakt enkel voor voetgangers.
- Het kunstwerk moet in de sfeer van de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin passen en een hoogwaardige toevoeging zijn. Dat wil zeggen: passen in de omgeving, esthetiek staat centraal en behoud van hoogwaardige inrichting en sfeer van de Clusiustuin.
- Er dient rekening gehouden te worden met mogelijke kadastrale beperken (door vlekken verontreinigde grond) op het perceel van de Clusiustuin.
- Het kunstwerk moet binnen het profiel van de duiker passen.
- De aanlandingen dienen constructief flexibel te zijn om variaties in het waterpeil op te kunnen vangen, mits het een drijvende constructie betreft.

2.2. Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie (EDI)

- Het te realiseren kunstwerk moet op het gebied van esthetiek, hoog scoren. Hierbij wordt er gerefereerd naar de mate van aantrekkingskracht op het publiek.
- Het kunstwerk moet uitgevoerd worden op een duurzame manier. De omgeving moet gedurende de uitvoeringsfase van het ontwerp zo min mogelijk belast worden.
- Wanneer het kunstwerk is opgeleverd mag de directe en indirecte (natuurlijke) omgeving geen hinder ondervinden van de aanwezigheid van het kunstwerk. Dit opdat het kunstwerk enkel bijdraagt aan een betere toekomst. Dit uiteraard naast alle standaard normen en regelgeving met betrekking tot duurzaamheid, welke vastgelegd zijn in wetten, richtlijnen en regels.
- Het kunstwerk dient zo veel mogelijk innovatief te zijn. Dat wil zeggen dat een alternatief of variant de voorkeur geniet, wanneer deze uniek is of zelden eerder is uitgevoerd én daarnaast een goede vernieuwende oplossing vormt. Standaardoplossingen zijn niet gewenst.

3. DE ALTERNATIEVEN

LET OP: Alle alternatieven in dit hoofdstuk zijn overgenomen uit het document: Alternatieven & Variantenstudie – MCA. Alle alternatieven blijken binnen de opgelegde uitgangspunten te vallen.

3.1. Alternatief Ia en Ib: Vlonderbrug

3.1.1. Algemeen

Dit type loopbrug/loopvlonder, toegepast in Den Bosch, loopt door de watergang in één vloeiende gekromde beweging. Het bijzondere aan de brug is het open ontwerp en de relatie wandelaar – water. Deze relatie uit zich in het feit dat de wandelaar zich als het ware over het water voelt lopen, vanwege het geringe hoogteverschil tussen waterpeil en brugdek. Verder kenmerkt de brug zich door haar ‘kale’ karakter. Deze brug kan daarnaast gefundeerd worden zowel vast (**alternatief Ia**), dus bijvoorbeeld op palen, als door middel van drijvende vlonders (**alternatief Ib**). De aanlandingen zijn flexibel uitgevoerd om bewegingen te kunnen opvangen.



3.1.2. Idee in relatie tot plangebied

Een dergelijke brug zou in Leiden tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin goed kunnen worden toegepast door een aantal van haar eigenschappen, te weten;

- Strak design (open karakter), weinig impact in omgeving.
- Geringe loophoogte ten opzichte van het water (belevingswaarde).
- Vlak, geen helling.
- Geringe breedte.
- Lage aanlegkosten.
- Makkelijk uitvoerbaar, mits gebruik prefab elementen (bewijs uitvoerbaarheid zie o.a. Den Bosch: “Loopvlonder onder Willemsbrug”).

Helaas kleven aan het toepassen van een dergelijke brug op projectlocatie ook negatieve aspecten/uitdagingen, zijnde;

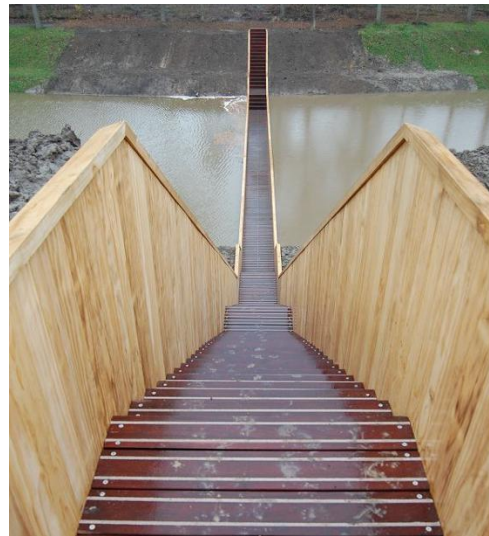
- Stroefheid loopdek belangrijk door evt. combinatie water, begroeiing en seizoenen.
- Onderhevig aan golfslag (variant Ib).
- Loophoogte, rekening houden met minimum vereiste loophoogte in tunnel/duiker om trajectbrug te kunnen bepalen.

3.2. Alternatief II: de Loopgraafbrug

3.2.1. Algemeen

Deze brug (ook wel bekend onder de naam 'Mozesbrug') te Halsteren (Noord Brabant) is een vrij recent ontwerp van Architectenbureau RO&AD en is tot op vandaag de dag, de enige in zijn soort.

Het principe van de voetgangersbrug werkt als volgt; De ondoorzichtige houten brug ligt als een sleuf in de gracht en vormt zich zo naar de contouren van het landschap. Doordat de grond en het water tot de rand van de brug staan, zien de bezoekers de brug van een afstandje niet liggen. Pas als ze dichterbij komen, opent het water zich door een smalle sleuf. Bezoekers betreden de brug zoals de Bijbelse Mozes door het water loopt. Het kunstwerk is uitgerust met de nodige voorzieningen. De brug heeft een vaste fundering (bijv. palen in de bodem).



De brug in Halsteren heeft een netto oppervlakte van 50 m² en is voor de bouwsom (excl. installaties) van €202.000,- gerealiseerd.

3.2.2. Idee in relatie tot plangebied

Een dergelijke brug zou in Leiden tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin goed kunnen worden toegepast door een aantal van haar eigenschappen, te weten;

- De zeer beperkte hoogtewerking ten opzichte van het waterpeil van de Doelengracht.
- Door de zeer beperkte hoogtewerking kan de brug tevens in een veel breder traject onder de duiker gepositioneerd worden, waardoor er eventueel ruimte overblijft voor doorvaart.
- Vlak, geen helling.
- Geringe breedte.
- Het wegvallen van de brug in het landschap.
- Toeristische aantrekkelijkheid.
- Eerder toegepast, dus werking principe is bewezen.

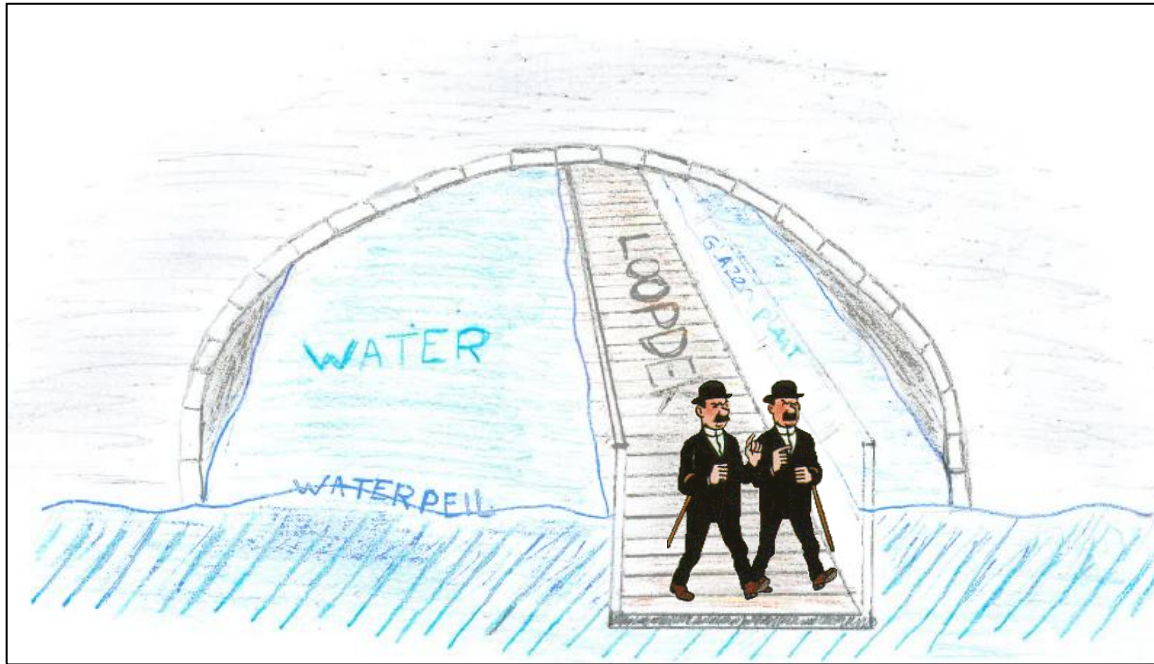
Helaas kleven aan het toepassen van een dergelijke brug op projectlocatie ook negatieve aspecten/uitdagingen, zijnde;

- Wateraantrekkend bij neerslag (goed afvoersysteem noodzakelijk, bijvoorbeeld in de vorm van een dubbele bodem).
- Onderhevig aan fluctuaties in waterpeil.
- Relatief hoge aanleg- en onderhoudskosten.
- Noodzakelijkheid nauwkeurigheid aanleg, hoge technische vaardigheid nodig.

3.3. Alternatief III: de “Duik”brug

3.3.1. Algemeen

De brug kent veel gelijkenis met variant II: de Loopgraafbrug, met als fundamentele verschil dat de zijwanden niet van hout zijn maar van een transparant materiaal zoals glas. Men loopt dus nu ten opzichte van het waterpeil, half onder water en half boven water. Dit maakt de scheidingslijn tussen mens en water extra dun. Dit moet op zijn beurt het gevoel van de wandelaar prikkelen en van de korte oversteek onder het universiteitsgebouw door een hele belevenis maken. De bezoekers betreden de brug vanaf de kade door middel van een trapconstructie. Het kunstwerk is uitgerust met de nodige voorzieningen. De brug is voorzien van een vaste fundering (bijv. palen in de bodem).



3.3.2. Idee in relatie tot plangebied

Een dergelijke brug zou in Leiden tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin goed kunnen worden toegepast door een aantal van haar eigenschappen, te weten;

- De zeer beperkte hoogtewerking ten opzichte van het waterpeil van de Doelengracht.
- Door de zeer beperkte hoogtewerking kan de brug tevens in een veel breder traject onder de duiker gepositioneerd worden, waardoor er ruimte overblijft in het natte profiel voor eventuele doorvaart.
- Vlak, geen helling.
- Het wegvallen van de brug in het landschap.
- Extra toeristische aantrekkelijkheid door unieke ervaring.

Helaas kleven aan het toepassen van een dergelijke brug op projectlocatie ook negatieve aspecten/uitdagingen, zijnde;

- Wateraantrekkend bij neerslag (goed afvoersysteem noodzakelijk, bijvoorbeeld in de vorm van een dubbele bodem).
- Onderhevig aan fluctuaties in waterpeil.
- Extra gevoelig voor temperatuurschommelingen.
- Relatief hoge aanleg- en onderhoudskosten (schoonhouden glazen wand bijv.).
- Hoge technische vaardigheid nodig voor stabiliteit constructie.

3.4. Alternatief IV: Vlotbrug

3.4.1. Algemeen

Een vlotbrug is een van de soorten bruggen die men rekent tot de beweegbare bruggen. De beweging van de vlotbrug is echter bijzonder. Deze 'brug' kan, in tegenstelling tot traditionele brugontwerpen, niet open (en dicht). De brug kan zichzelf daarentegen wel verplaatsen van de ene oever naar de andere, door middel van het 'vlot'. Het 'vlot' is een drijvende constructie, welke door bijvoorbeeld de combinatie van een gespannen touw en spierkracht, verplaatst kan worden. Uit ervaring is gebleken dat de (jonge) wandelaar de vlotbrug als een welkome afwisseling tijdens een wandeltocht ervaart. De aanlandingen zijn voorzien van een vaste vorm van funderen (bijv. op palen). Het vlot is een drijvend geheel.



3.4.2. Idee in relatie tot plangebied

Een dergelijke brug zou in Leiden tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin goed kunnen worden toegepast door een aantal van haar eigenschappen, te weten;

- Geen afbreuk aan het karakter van de gracht, deze blijft zo goed als intact.
- Bij onderhoudswerkzaamheden of baggerwerkzaamheden, kan de brug worden losgekoppeld en tijdelijk worden verwijderd ten behoeve van de gewenste activiteit(en).
- Bevordert de relatie wandelaar-water.

Helaas kleven aan het toepassen van een dergelijke brug op de projectlocatie ook negatieve aspecten/uitdagingen, zijnde;

- Lange wachttijd bij drukte voor oversteek.
- Hinder van weersomstandigheden (schommelen door golfslag/wind).
- Gevoelig voor de leeftijd van de gebruiker van het kunstwerk.

4. KEUZEPROCES ALTERNATIEF – EDI

4.1. Algemeen

De stap die nu genomen moet worden is het afwegen van de ingekomen alternatieven. Deze afweging vindt plaats aan de hand van een effectentabel en het leveren van steekhoudende argumenten.

De effectentabel geeft een overzicht van alle sterke en zwakke punten van elk alternatief en laat in sommige gevallen tevens zien dat een bepaald alternatief inefficiënt is. Dat laatste wil zeggen dat een bepaald alternatief slechter scoort op elk criterium dan een ander alternatief. De sterke en zwakke punten worden aangetoond door middel van een aantal criteria, die gerelateerd zijn aan de in hoofdstuk 2 gestelde uitgangspunten.

Op basis van de uitkomsten van de effectentabel worden er argumenten aangedragen (tevens is er ruimte om EDI gerelateerde argumenten aan te dragen die nog niet zijn meegenomen in het afwegingsproces tot zover) om tot een uiteindelijke keuze te komen. Deze betreffende keuze geldt als het advies van de opsteller van dit document.

Normaliter moeten beslissers tenslotte beoordelen of het geadviseerde alternatief, ook het beste alternatief in hun ogen is, op basis van eventuele criteria en/of argumentatie die niet zijn meegenomen in het keuzeproces. Maar omdat de opsteller van het document tevens de beslisser is, is deze laatste stap in het keuzeproces overbodig.

4.2. De Criteria

In deze paragraaf worden alle criteria weergegeven, welke gehanteerd worden in de effectentabel. De criteria zijn opgesteld aan de hand van de uitgangspunten uit hoofdstuk 2 (indirect dus aan de hand van de gestelde eisen en wensen uit het Programma van Eisen). De criteria zijn onderverdeeld in drie gerelateerde groepen, zijnde esthetiek, duurzaamheid en innovatie. Deze onderverdeling wordt gemaakt ten behoeve van het behoud van het overzicht en structuur. Alle criteria, groepsgewijs gecatalogiseerd:

- Esthetiek:
 - Inpassing omgeving
 - (Toeristische) Aantrekkelijkheid
- Duurzaamheid:
 - Omgevingsbelasting (tijdens uitvoering- en gebruiksfase)
 - Levensduur
 - Doorstroming
- Innovatie:
 - Authenticiteit
 - Technisch vernuft

Elk bovengenoemde criterium zal verder in deze paragraaf worden voorzien van een korte toelichting. Daarnaast wordt er per criterium aangegeven op welke manier de scores, om de standaardisatie op een juiste manier te kunnen uitvoeren, worden bepaald. Ten slotte wordt er in deze paragraaf per criterium, alternatiefgewijs (en in relatie tot mekaar) een verklaring gegeven van de resultaten van de effectentabel. Criteria die betrekking hebben op de EDI-gebieden, maar ontbreken in de effectentabel kunnen worden aangevuld in paragraaf 4.

N.B. Het is aan te raden om de effectentabel bij het lezen van deze paragraaf, erbij te houden. Dit zal de helderheid van het verhaal zeer ten goede komen.

(zie paragraaf 4.3 voor de effectentabel).

4.2.1. Esthetiek

Inpassing omgeving

Met inpassing in de omgeving wordt bedoeld of het ontwerp van het kunstwerk in het karakter van haar omgeving past. Zaken waar in dit geval aan gedacht moet worden is of het ontwerp rijmt met het karakter van de Hortus Botanicus, de Doelengracht en de monumentale panden in en rond het plangebied. Des te beter het kunstwerk in haar omgeving past, des te hoger de score.



Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Los van de af- en verdere uitwerking van het alternatief, past het ontwerp door haar eenvoud en openheid goed in het karakter van haar omgeving.
Alternatief Ib -	Idem alternatief Ia
Alternatief II -	Het ontwerp is aan de ene kant radicaal (maakt inbreuk op het karakter van de omgeving), maar aan de andere kant beperkt zichtbaar door de geringe hoogtewerking t.o.v. de waterlijn. Om deze twee redenen scoort het alternatief gemiddeld op dit criterium.
Alternatief III -	Idem alternatief II.
Alternatief IV-	Omdat dit alternatief enkel bestaat uit twee aanlandingspunten en een vlot, maakt het alternatief dus ook maar beperkt(er vergeleken met) inbreuk op het (historische) karakter van de gracht. Daarnaast voelt een gracht, net als een vlot historisch aan. Ten slotte is de Hortus Botanicus een attractie, net als het vlot. Drie redenen die ervoor zorgen dat het alternatief goed scoort.



(Toeristische) Aantrekkelijkheid

Dit is de invloed of aantrekkingskracht die het kunstwerk zal gaan hebben op mensen om het kunstwerk, los van alle activiteiten en bouwwerken in de directe omgeving, te bezichtigen (bezoeken) en/of te gebruiken. Het gaat hier niet alleen om mensen uit Leiden en omgeving, maar ook daarbuiten.

Wanneer een kunstwerk een hoge aantrekkingswaarde heeft zal deze hoger scoren op dit criterium ten aanzien van een kunstwerk dat een lage aantrekkingswaarde heeft.

Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Een weinig vernieuwend ontwerp, toch is de belevenis om vlak boven het waterpeil door een duiker te lopen en vervolgens uit te komen bij de Hortus Botanicus, een unieke ervaring op zichzelf. De aantrekkelijkheid zal daarom als gemiddeld worden beschouwd en beoordeeld.
Alternatief Ib -	Idem alternatief Ia
Alternatief II -	Vanwege haar unieke ontwerp en de zeldzame ervaring om deels beneden het waterpeil te lopen, heeft het alternatief veel toeristische aantrekkingskracht. Daarnaast is de belevenis om door een duiker te lopen en vervolgens uit te komen bij de Hortus Botanicus, een unieke ervaring op zichzelf. Al met al zorgt dit ervoor dat het alternatief goed scoort op het criterium.
Alternatief III -	Vanwege haar unieke ontwerp en de zeldzame ervaring om op een open manier

deels beneden het waterpeil te lopen, heeft het alternatief zeer veel toeristische aantrekkingskracht. Daarnaast is de belevenis om door een duiker te lopen en vervolgens uit te komen bij de Hortus Botanicus, een unieke ervaring op zichzelf. Al met al zorgt dit ervoor dat het alternatief zeer goed scoort op het criterium.

Alternatief IV- Het ontwerp zal vooral bij de jongere wandelaar aanslaan door haar actieve aspect (spierkracht nodig om het vlot te verplaatsen). Helaas is de werking van het ontwerp onderhevig aan smaak en zal dus niet iedereen het kunnen waarderen om een fysieke inspanning te moeten leveren. Daarnaast kunnen de schommelingen en bewegingen van het vlot een onveilig gevoel creëren. De belevenis om door een duiker te lopen en vervolgens uit te komen bij de Hortus Botanicus, is echter een unieke ervaring op zichzelf. Kortom een gemiddelde score is gerechtvaardigd.

4.2.2. Duurzaamheid

Omgevingsbelasting

Tegenwoordig staat dit criterium hoog op de agenda bij het gros aan projecten. Het milieu is voor de mens een onmisbaar goed en dient zo min mogelijk te worden aangetast bij de realisatie van het kunstwerk en gedurende haar levensduur. Een (relatief) materiaalintensief kunstwerk zal derhalve minder positief uitpakken voor het milieu dan een (relatief) materiaalarm kunstwerk. Er moet echter niet alleen gedacht worden aan de natuurlijke omgeving, de belasting op de directe omwonenden (van het kunstwerk) speelt ook een rol. Des te meer de omgeving negatieve invloed ondervindt van de werkzaamheden omtrent het kunstwerk en/of als deze in gebruik is genomen, des te slechter scoort de voorziening op dit criterium. N.B. Alle alternatieven en varianten zullen worden gemaakt van duurzame gecertificeerde materialen (conform het Programma van Eisen) en zullen daarom niet bijdragen aan problemen omtrent de klimaatverandering.



Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Een deel van het oppervlaktewater wordt permanent afgeschermd van zonlicht door het kunstwerk. Dit zal buiten de duiker om, de nautische begroeiing niet ten goede komen. De constructie is wel zeer open, waardoor de blokkering van zonlicht enigszins beperkt wordt. In de duiker maakt het geen verschil omdat daar toch al zeer beperkt het zonlicht zijn weg weet te vinden. Door het gebruik van duurzame materialen (conform PvE) zal de kwaliteit van het oppervlakte water ook niet aangetast worden. Tevens is het kunstwerk relatief materiaal arm. De omwonenden zullen daarnaast in vergelijking met de andere alternatieven beperkt hinder hebben van de aanleg en het gebruik van het kunstwerk. Dit laatste heeft voornamelijk de eenvoud van het kunstwerk als oorzaak. De hinder van het toenemende aantal voorbijgangers voor de bewoners zal ook gering zijn, omdat een groot deel van het plangebied al is bestempeld tot wandelroute en als dusdanig wordt beschouwd. Vergeleken met andere alternatieven komt dat alles neer op een gemiddelde score.
Alternatief Ib -	Idem alternatief Ia.
Alternatief II -	Een aanzienlijk deel van het oppervlaktewater wordt permanent afgeschermd van zonlicht door (de omvang van) het kunstwerk. Dit zal buiten de duiker om, de nautische begroeiing niet ten goede komen. De constructie heeft daarnaast maar een beperkte hoogtewerking boven het waterniveau. Hierdoor wordt de blokkering van zonlicht enigszins beperkt. Door het gebruik van duurzame materialen (conform PvE) zal de kwaliteit van het oppervlakte water ook niet aangetast worden. Daarentegen is het kunstwerk redelijk materiaal intensief. De omwonenden zullen daarnaast in vergelijking met de andere alternatieven hinder hebben van de aanleg en het gebruik van het kunstwerk. Dit laatste heeft voornamelijk de complexiteit van het kunstwerk als oorzaak. De hinder van het toenemende aantal voorbijgangers voor de bewoners zal ook gering zijn, omdat een groot deel van het plangebied al is bestempeld tot wandelroute en als dusdanig wordt beschouwd. De omgeving ondervindt dus alles meegenomen redelijk wat hinder van het alternatief, vergeleken met de andere alternatieven.
Alternatief III -	Idem alternatief II, met als enige verschil dat het zonlicht door het gebruik van transparant materiaal verder en beter kan doordringen in het water van de gracht. Dit komt weer ten goede van de nautische begroeiing.
Alternatief IV-	Door de geringe omvang van het vlot en de aanlandingspunten zal de blokkering van het zonlicht zeer beperkt zijn. Dit is te danken aan haar beperkte diepgang.

Door het gebruik van duurzame materialen (conform PvE) zal de kwaliteit van het oppervlakte water ook niet aangetast worden. Tevens is het kunstwerk zeer materiaal arm in vergelijking met de andere alternatieven. De omwonenden zullen daarnaast in vergelijking met de andere alternatieven beperkt hinder hebben van de aanleg en het gebruik van het kunstwerk. Dit laatste heeft voornamelijk de eenvoud van het kunstwerk als oorzaak. De hinder van het toenemende aantal voorbijgangers voor de bewoners zal ook gering zijn, omdat een groot deel van het plangebied al is bestempeld tot wandelroute en als dusdanig wordt beschouwd. De impact op de omgeving is al met al dus laag.



Levensduur

Normaliter de tijd in jaren dat het kunstwerk in technische zin meegaat na voltooiing (in de effectentabel wordt een score aan een alternatief, in relatie met de andere alternatieven, toegekend). De economische levensduur (rendabiliteit) is buiten beschouwing gelaten. Een lage score duidt op een korte levensduur ten opzichte van de andere kunstwerken en een hoge score lange(re) levensduur.

Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Het kunstwerk heeft een vaste basis als fundatie. De levensduur zal hier dus niet door worden bepaald (mits goed onderhouden). Tevens maakt het alternatief in vergelijking met de andere varianten relatief weinig contact met het water uit de gracht (het is echter nog niet duidelijk ivm de duikerhoogte of de onderkant van het loopdek in het water komt te liggen of net daarboven). Uitgaande van het feit dat het loopdek door de vaste fundering boven het waterniveau komt te liggen én watercontact een extra slijtageslag toebrengt aan een kunstwerk, is het alternatief in vergelijking met de anderen weinig gevoelig voor directe slijtage. Haar levensduur zal dus ook relatief lang zijn.
Alternatief Ib -	Het kunstwerk is door middel van drijvende vlonders gefundeerd. Het is dus belangrijk dat de vlonders hun functie (drijven) goed blijven vervullen. Omdat de vlonders op het water rusten zal het kunstwerk gevoelig zijn voor slijtage. Echter maakt het alternatief in vergelijking met andere varianten weinig contact met het water uit de gracht. De levensduur wordt daarom als gemiddeld beoordeeld.
Alternatief II -	Verreweg het grootste deel van het oppervlakte van het kunstwerk is beneden het waterpeil gesitueerd. Gezien het feit water (vervuiling daar gelaten) extra slijtage toebrengt aan een kunstwerk (in vergelijking met lucht) én het kunstwerk waterdicht moet zijn aan zij- en onderkant, zal de levensduur en dus ook de score op dit criterium van dit kunstwerk vergeleken met de andere kunstwerken lager zijn ongeacht de mate van onderhoud.
Alternatief III -	Idem alternatief II.
Alternatief IV -	Het kunstwerk bestaat uit twee aanlandingspunten (met vaste fundatie) en een drijvend vlot. Het is belangrijk dat het vlot haar functie (drijven) goed blijft vervullen. Omdat het vlot op het water rust, zal het kunstwerk gevoelig zijn voor slijtage (door het contact met het grachtwater en onbedoelde incidentele botsingen met de kade e.d.). Echter maakt het alternatief in vergelijking met andere varianten relatief weinig contact met het water uit de gracht. Stootranden kunnen daarnaast de schade bij botsingen verminderen. Het touw waarmee het vlot verplaatst kan worden is ten slotte een onderhoudsgevoelig aspect van het kunstwerk, derhalve zal er goed moeten worden beredeneerd, uit welk soort materiaal het touw zal bestaan om de ervan slijtage te beperken. De levensduur wordt om alle bovengenoemde redenen als gemiddeld beoordeeld.

Doorstroming

Het begrip doorstroming kan op meerdere manieren worden opgevat. Om miscommunicatie te voorkomen zal er nu een korte toelichting volgen, welke exacte betekenis aan het begrip doorstroming in dit document wordt gekoppeld. Het criterium doorstroming heeft betrekking op het stromen van water door een watergang. Een kunstwerk in de watergang kan deze waterstroom hinderen. Een belemmering van de waterdoorstroming is in het kader van onder andere bestaande veiligheidseisen omtrent water niet wenselijk. Andere voorname redenen hiervoor zijn; ten eerste de impact die een belemmering heeft op het watersysteem (waterberging, hoogte waterpeil e.d.) en ten tweede de kwaliteit van het water. Al met al zorgt een grote belemmering van de doorstroming van water voor een slechte score en geen tot een geringe belemmering voor een goede score op dit criterium.



Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Het is nog niet duidelijk op wat voor manier de vaste fundatie van dit kunstwerk wordt uitgevoerd (zo is het nog onduidelijk of de onderkant van het brugdek en haar fundering, het grachtwater zal gaan raken). Uitgaande van het meest ongunstige geval dat het samenspel van de fundering en het brugdek deels in de watergang worden aangelegd, dan zal de doorstroming van het water slechts heel beperkt aangetast worden. Dit komt ten eerste door het toepassen van de beperkte diepgang van het loopdek (mocht de onderkant laatstgenoemde beneden waterpeil worden aangelegd). Daarnaast zijn de dimensies van de fundering gering door de beperkte belasting op het brugdek. Het kunstwerk belemmert de doorstroming dus al met al, in relatie tot de andere kunstwerken, gemiddeld.
Alternatief Ib -	Het brugdek zal door middel van drijvende vlonders gefundeerd worden. De drijvende vlonders hebben een beperkte diepgang en afmetingen en zullen daardoor de doorstroming van het water in de Doelengracht slechts minimaal beïnvloeden. Het kunstwerk zorgt dus voor een geringe belemmering van de doorstroming en scoort daarom relatief goed.
Alternatief II -	Door het samenspel van een geringe waterdiepte van de Doelengracht, in combinatie met het feit dat het kunstwerk op de bodem zal worden neergelegd zal de impact op de doorstroming van het water plaatselijk aanzienlijk zijn. Op de plek waar het kunstwerk komt te liggen wordt de ruimte (breedte) voor de doorstroming van het water bijna gehalveerd. Het kunstwerk heeft dus kortom een grote impact op de doorstroming van het water en scoort daarom laag op dit criterium.
Alternatief III -	Idem alternatief II.
Alternatief IV -	De doorstroming van het water ondervindt, zo goed als geen hinder van de aanwezigheid van het vlot. Dit is te danken aan haar beperkte diepgang. De aanlandingen zijn door hun geringe omvang tevens niet van grote invloed op de doorstroming. Het kunstwerk zorgt voor een zeer geringe belemmering.

4.2.3. Innovatie



Authenticiteit

Kortweg wil authenticiteit zeggen, de mate waarin een alternatief haar eigen unieke vormgeving en principe kent. Dat wil zeggen dat een alternatief enig in zijn soort is of zelden eerder is uitgevoerd én daarnaast een vernieuwende oplossing vormt in haar soort. Des te unieker een alternatief des te hoger de score en des te meer een alternatief een standaardoplossing vormt des te lager de score.

Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Het ontwerp van dit alternatief betreft geen standaardoplossing. De strakke, moderne en ranke vormgeving van de brugverbinding komt men namelijk niet vaak tegen. En daarnaast is een dergelijke brug onder een duiker door nog zeldzamer. Het principe van het loopdek vlak boven het waterpeil met een vaste (of drijvende) fundering is daarentegen vele malen (succesvol) beproeft. Dit alles gezegd hebbende is de score van authenticiteit (in relatie tot de andere alternatieven) gemiddeld.
Alternatief Ib -	Idem alternatief Ia.
Alternatief II -	Het principe en ontwerp van dit alternatief is zover bekend slechts eenmaal eerder toegepast. Het heeft toen de naam Mozesbrug gekregen, vanwege het feit dat door de half-verzonken ligging bezoekers de brug betreden zoals de Bijbelse Mozes door het water liep. Een versie van een soortgelijke constructie onder een duiker is daarentegen uniek. Al met al lijkt een hoge score (in relatie tot de andere alternatieven) gerechtvaardigd.
Alternatief III -	Het ontwerp van dit alternatief is net zoals die van alternatief II, slechts eenmaal eerder toegepast in de vorm van de Mozesbrug. Het principe van een transparante wand is daarentegen uniek. Dit maakt de scheidingslijn tussen mens en water gevoelsmatig extra dun. Tevens is een versie van een soortgelijke constructie onder een duiker is uniek. Kortom (n relatie tot de andere alternatieven, lijkt een zeer hoge score verantwoord.
Alternatief IV-	Principe en ontwerp zijn in de praktijk vele malen toegepast, de enige factor dat het ontwerp enigszins uniek maakt is dat het traject door een duiker/tunnel loopt. Het alternatief scoort daarom om deze redenen laag, als men de andere alternatieven in acht neemt.

Technisch vernuft

In hoeverre heeft men creativiteit moeten aanspreken om tot het idee van het alternatief te komen. Binnen dit criterium spelen vindingrijkheid van de ontwerpende partij en het niveau van de techniek toegepast in de constructie een grote rol. Een constructie van een hoog technische niveau scoort hoog en een eenvoudige 'standaard' constructie scoort laag.



Alternatief	Verklaring Effectentabel
Alternatief Ia -	Een eenvoudige constructie door het gebruik van prefab elementen en scoort in relatie tot de andere alternatieven laag. De grootste uitdaging is het construeren van het kunstwerk in de duiker.
Alternatief Ib -	Idem alternatief Ia.
Alternatief II -	Dit kunstwerk is vernieuwend en vereist een hoog technisch niveau om gerealiseerd te worden. Het waterdicht en stabiel maken zijn hierbij (grote) uitdagingen. Het alternatief scoort om bovengenoemde redenen hoog.
Alternatief III -	Deze constructie is zeer vernieuwend (dit is zeker het geval als men de overige alternatieven in acht neemt). De keuze in materiaalsoorten is daarnaast zeer beperkt door de eis dat de wanden van de overbrugging doorzichtig moeten zijn. Een zeer hoge score (relatief) lijkt daarom verantwoord.
Alternatief IV-	Idem alternatief Ia. Met als uitzondering dat de eenvoud van deze constructie niet wordt veroorzaakt door het gebruik van prefab-elementen, maar door haar geringe omvang en de mogelijkheid om het overbruggende deel van het kunstwerk grotendeels elders te construeren.

4.3. De Effectentabel

Criteria		K(osten)/B(aten)	Eenheid	Alternatief Ia	Alternatief Ib	Alternatief II	Alternatief III	Alternatief IV
Esthetiek	Inpassing omgeving	B	-- / ++	+	+	+/-	+/-	+
	(Toeristische) aantrekkelijkheid	B	-- / ++	+/-	+/-	+	++	+/-
Duurzaamheid	Levensduur	B	-- / ++	+	+/-	-	-	+/-
	Omgevingsbelasting	K	hoog/ gemiddeld/ laag	gemiddeld	gemiddeld	hoog	hoog	laag
	Doorstroming	K	grote-/ gemiddelde-/	gemiddelde	lage	hoge	hoge	lage
Innovatie	Authenticiteit	B	-- / ++	+/-	+/-	+	++	-
	Technisch vernuft	B	-- / ++	-	-	+	++	--

4.3.1. Argumentatie op basis van effectentabel

Op basis van de (beargumenteerde) uitkomsten van de effectentabel (zie paragraaf 4.2 en 4.3) kan er nu worden begonnen met het aandragen van argumenten die gewichtig en steekhoudend zijn om tot een uiteindelijk advies te komen.

Per alternatief worden er argumenten aangedragen zowel waarom er wel gekozen moet worden voor het alternatief, als waarom er niet voor moet worden gekozen. Er wordt gestreefd ten alle tijden de objectiviteit te bewaren, opdat de argumentatie optimaal is.

Alternatief	Argument(en) voor	Argument(en) tegen
Ia	- Het argument scoort vergeleken met de andere alternatieven op elk criterium gemiddeld. - Soortgelijke kunstwerken zijn al eerder succesvol toegepast, dus het kunstwerk heeft zijn werking in tegenstelling tot sommige andere alternatieven bewezen.	Naast dat een gemiddelde score op elk criterium een positief argument kan zijn, zorgt het er ook voor dat er op alle vlakken ruimte voor verbetering is. Het kunstwerk getuigt niet van een groot voorbeeld op (één van) de EDI gebieden.
Ib	& 2. Idem alternatief Ia.	Vergeleken met alternatief Ia, scoort dit alternatief slechter op het criterium levensduur.
II	- Scoort hoog op de esthetiek- en innovatiecriteria. - Het principe is bewezen in de praktijk.	Scoort slecht op de duurzaamheid criteria.
III	- Het alternatief scoort het beste op de criteria rond esthetiek en innovatie. Daarmee is dit alternatief de beste scorende van de gegeven alternatieven. - Een vergelijkbaar principe is bewezen (zie alternatief II) in de praktijk.	- Scoort slecht op de duurzaamheid criteria. - Het principe dat in de praktijk is bewezen is vergelijkbaar, maar het gebruik in materiaalsoorten bij dit alternatief verschilt echter want deze is meer beperkt. Dus bruikbare, relevante ervaring en problemen die naar voren kwamen tijdens de uitvoering en gebruiksduur van een dergelijk kunstwerk, ontbreken

		enigszins.
IV	1. Er wordt op de criteria rond esthetiek en duurzaamheid redelijk gescoord.	1. De scores op het gebied van innovatie zijn in vergelijking de meest slechte.
	2. Het principe is dermate vaak toegepast dat de betrouwbaarheid en veiligheid van het kunstwerk makkelijk hard kunnen worden gemaakt.	

4.3.2. Conclusies

Nadat de voor- en tegenargumenten overzichtelijk zijn gemaakt in de tabel van subparagraaf 4.3.1. is het zaak conclusies te trekken ten behoeve van het maken van een keuze. Aan de hand van de geleverde argumenten kunnen de volgende conclusies worden getrokken (alle conclusies omtrent een alternatief worden getrokken ten opzichte van (één van) de andere alternatieven):

Alternatief Ia: De vlonderbrug met vaste fundering:

Het alternatief scoort over het algemeen gezien op alle aspecten gemiddeld en is daarom een veilige keuze op de gebieden esthetiek, duurzaamheid en innovatie.

Alternatief Ib: De vlonderbrug met drijvende fundering:

De keuze voor dit alternatief kan verantwoord worden op dezelfde manier als alternatief Ia. Dit alternatief scoort over het algemeen gezien op alle aspecten ook gemiddeld. Hierbij valt op te merken dat dit alternatief op het criterium levensduur, slechter scoort dan alternatief Ia. Al met al vormt dit alternatief een veilige, maar net iets mindere keuze dan alternatief Ia.

Alternatief II: De Loopgraafbrug:

Het alternatief scoort goed op de keuzegebieden esthetiek en innovatie, maar slecht op de criteriagroep duurzaamheid. De afweging die nu dus gemaakt zal moeten worden is, of de positieve kanten genoeg opwegen tegen de negatieve kanten van het alternatief om de keuze voor dit alternatief te kunnen verantwoorden. De keuze voor dit alternatief zal echter in alle gevallen een risico vormen, omdat er niet op alle criteriagroepen positief wordt gescoord. Er kan daarom achteraf alsnog bezwaar worden gemaakt door een betrokken partij, die misschien een andere mening deelt dan de persoon die de uiteindelijke keuze maakt.

Alternatief III: De Duikbrug:

Het alternatief scoort zeer goed (vergeleken met de andere alternatieven zelfs het beste) op de keuzegebieden esthetiek en innovatie, maar slecht op de criteriagroep duurzaamheid. De afweging die nu dus gemaakt zal moeten worden is, of de positieve kanten genoeg opwegen tegen de negatieve kanten van het alternatief om de keuze voor dit alternatief te kunnen verantwoorden. De keuze voor dit alternatief zal echter in alle gevallen een risico vormen, omdat er niet op alle criteriagroepen positief wordt gescoord. Er kan daarom achteraf alsnog bezwaar worden gemaakt door een betrokken partij, die misschien een andere mening deelt dan de persoon die de uiteindelijke keuze maakt.

Alternatief IV: De Vlotbrug:

Op twee vlakken scoort het alternatief redelijk, te weten esthetiek en duurzaamheid. Daarentegen scoort het criterium zeer slecht op het groeps criterium innovatie. Net zoals bij alternatief II en III zal er dus een afweging gemaakt moet worden of de positieve kanten genoeg opwegen tegen de negatieve kanten van het alternatief, om de keuze voor het alternatief te kunnen verantwoorden. De keuze voor dit alternatief zal echter in alle gevallen een risico vormen, omdat er niet op alle criteriagroepen positief wordt gescoord. Er kan daarom achteraf alsnog bezwaar worden gemaakt door een betrokken partij, die misschien een andere mening deelt dan de persoon die de uiteindelijke keuze maakt.

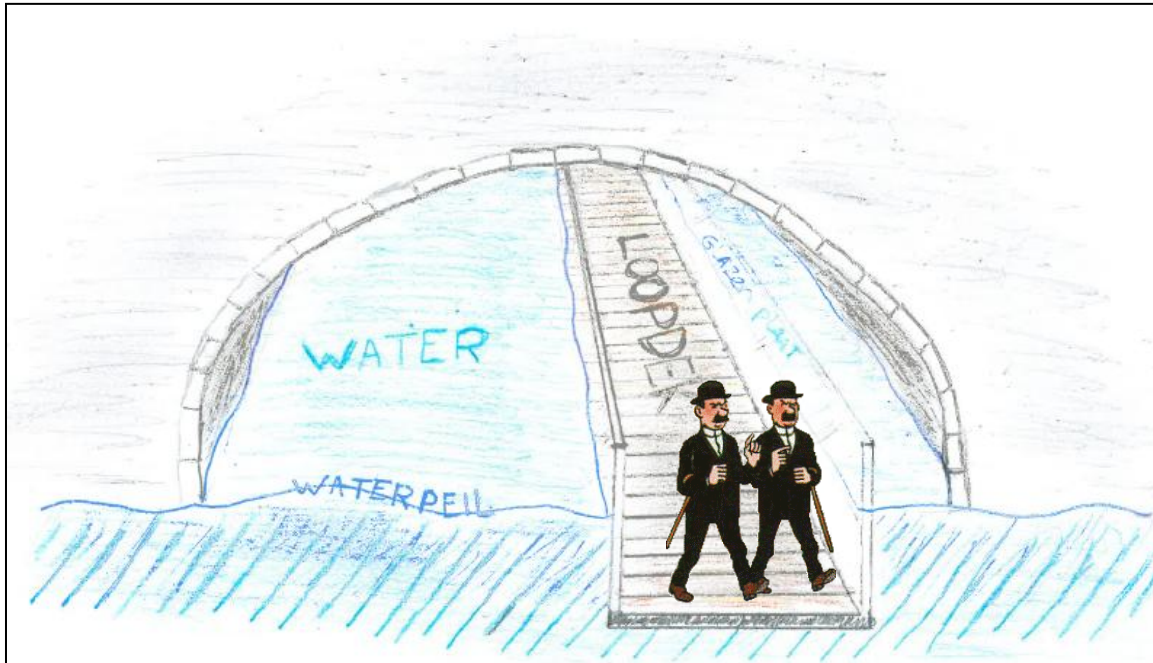
4.4. Aanvullende Argumentatie en Conclusies

Argumenten en conclusies welke in deze paragraaf worden aangedragen staan los van de argumenten die getrokken zijn, naar aanleiding van de effectentabel. De paragraaf biedt dus de ruimte om EDI gerelateerde argumenten aan te dragen die nog niet zijn meegenomen in het afwegingsproces tot zover. Een voorwaarde is echter wel dat de argumenten betrekking hebben op de aspecten Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie (EDI). Kortom de argumenten en daarbij horende conclusies zijn puur bedoeld ter aanvulling van de tot thans toe aangedragen argumenten. De aanvullende argumenten en conclusies worden hieronder gegeven:

Alternatief	Argument(en) voor	Argument(en) tegen
Ia	1. Van alle alternatieven, is dit alternatief het meest smaakneutraal als het gaat om de esthetiek van kunstwerken.	Geen inbreng
Ib	1. Van alle alternatieven, is dit alternatief het meest smaakneutraal als het gaat om de esthetiek van kunstwerken. 2. Natuurliefhebbers zullen de dunne scheidingslijn van mens en natuur kunnen waarderen door de geringe loophoogte en de openheid van het kunstwerk.	Geen inbreng
II	1. Natuurliefhebbers zullen de dunne scheidingslijn van mens en natuur kunnen waarderen door het gevoel alsof men onder water loopt.	1. Het kunstwerk is gevoelig voor verschil in smaak en belevenis. De ene persoon zal het kunstwerk meer kunnen waarderen, vergeleken met de andere.
III	1. Door het zeer open karakter van het kunstwerk en de mogelijkheid om deels beneden het waterpeil te lopen, terwijl men tegelijkertijd voor een deel kan bezichtigen wat er onder water gebeurt, wordt de grens tussen mens en natuur verkleind. Dit heeft kan weer als gevolg hebben dat het draagvlak en waardering voor de natuur worden vergroot, waardoor mensen zich meer gaan inzetten voor een beter milieu. Dit zal de groepsriteria duurzaamheid ten goede komen.	2. Het kunstwerk is licht gevoelig voor smaakkwesties. Omdat het kunstwerk doorzichtig is en daardoor beperkt zichtbaar, zal de invloed op smaak en belevenis zeer gering zijn.
IV	1. Kan als een leuke actieve afwisseling tijdens het wandelen ervaren worden.	1. Kan als hinderlijk worden ondervonden gedurende een wandeltocht.

4.5. Keuze & Advies

Op basis van het optellen van de uitkomsten van de effectentabel en alle argumentatie (bij effectentabel behorend en aanvullend) wordt gekozen voor **Alternatief III: de Duikbrug**. Dit alternatief blijkt al met al, ondanks een gering risico, uiteindelijk het meest positief in beeld te zijn gekomen. Het risico daarnaast is makkelijk in de hand te houden, door in een vroeg stadium zo veel mogelijk relevante en betrokken partijen te benaderen. Hier zal de beslisser garant voor moeten staan.



4.6. Evaluatie Keuzeprocess

Een gedegen keuzeproces kan niet zonder de evaluatie. In deze paragraaf wordt getracht het totale proces door te lichten, met daarbij de focus op een tweetal aspecten.

1. Aandachtspunten: Gedurende de uitvoering van de afweging zijn er aantal punten langs gekomen die extra aandacht vragen. Zo moeten ten eerste alle genomen stappen goed worden gecontroleerd op objectiviteit en professionaliteit. De beslisser zit tevens constant diep met zijn neus in het document, waardoor het gevaar dreigt dat ergens in het keuzeproces, het overzicht verloren kan gaan en er sprake kan zijn van tunnelvisie. Belangrijke argumenten kunnen hierdoor achterwege gelaten worden. Extra controle wordt daarom aangeraden.
2. Bijzonderheden: Na voltooiing van de afweging van de alternatieven, kan er nog niet worden overgaan naar het ontwerp- en berekentrajact. Zoals de naam van dit hoofdstuk (Keuzeproces Alternatief - EDI) waarschijnlijk al doet vermoeden, is er tot nu toe enkel een alternatief geselecteerd. Dit alternatief zal nog moeten worden uitgewerkt naar verschillende varianten op het alternatief. Deze varianten worden op hun beurt weer afgewogen door middel van het uitvoeren van een tweede Multi Criteria Analyse óf een gedegen keuze op basis van gegronde argumentatie. Na afronding van dat proces kan er pas worden aangevangen met de verdere uitwerking van de gekozen variant van het alternatief.

5. DE VARIANTEN

Elke variant is een uitwerking op alternatief III: de Duikbrug.

Het verschil tussen de varianten kenmerkt zich door het verschil in materiaalgebruik in de zijwanden van het brugdek.

5.1. Variant A: Duikbrug met glazen wanden

5.1.1. Algemeen

De variant is een uitwerking van de duikbrug. Het brugdek komt op de bodem van de gracht te liggen door de beperkte diepte van het grachtwater. De gedachtegang hierachter is het vergroten van de intrinsieke waarde. De wanden van het alom vertrouwde glas vergroten daarnaast de beleving van het gebruik van het kunstwerk. Glas staat niet bekend om haar constructieve toepassingen. Toch bestaan er meerdere mogelijkheden. Ter verduidelijking; Constructieve beglazing is een glasconstructie met een dragende functie. Via dragende bouw delen, zoals glazen wanden en/of kolommen, vloeren, balustrades en luifels, worden het gewicht en andere belastingen naar de basis van de bouwkundige constructie geleid. Omdat het brugdek op de bodem van de Doelengracht komt te liggen, zal het grachtwater een druk uitoefenen op de wanden. Deze moeten derhalve constructief stabiel zijn conform de geldende normen.

5.1.2. Eigenschappen materiaal zijwanden

Enkele eigenschappen (algemeen en constructief) van glas:

Soorten constructief/technisch glas		
Quarts glas, borosilicaat, pyrex, glaskeramiek, vensterglas, pottenglas, soda-lime glas		
Mechanische representatieve eigenschappen (Soda-lime glas)		
soortelijk gewicht	g/cm ³	2,5
Minimale treksterkte	N/mm ²	56
Drukvastheid	N/mm ²	100.000
rek tot breuk	%	
Buigsterkte	N/mm ²	100
Elasticiteitsmodulus	N/mm ²	7*10 ⁴
Kerfslagsterkte	kJ/m ²	
Slijtage	µm/km	
wrijvingscoëfficiënt tegen staal bij droogloop		
vocht opname bij RV 50 %	%	
vocht opname bij RV 100 %	%	
Thermische eigenschappen		
minimum gebruikstemperatuur	°C	
maximum gebruikstemperatuur continu	°C	450
Transformatietemperatuur	°C	570
lineaire uitzettingscoëfficiënt	mm/m°C	0,09

Algemene eigenschappen
- Glas is doorzichtig - Glas heeft een licht doorlatend vermogen - Glas is zeer beperkt impactbestendig en breekbaar (breekt tevens in scherpe stukken) - Glas is infrarood (zonnewarmte) doorlatend - Glas is weerbestendig - Glas is vlak, maar is zo nodig ook te buigen - Glas is vormvast bij hoge en lage temperaturen - Glas is krasvast - Glas wordt in zeer verschillende afmetingen geleverd. - Glas is te leveren in dikten van 0,4 tot 25 mm of meer - Glas is milieuvriendelijk - Glas is onbeperkt verkrijgbaar door haar grondstoffen - Glas is goedkoop - Glas heeft een hoge buig breeksterkte - Glas is bewerkbaar voor allerlei doeleinden
Constructieve eigenschappen
- Glas kan als constructief element toegepast worden door het thermisch te harden. Het is hierdoor in staat een belasting van 60 N/mm² te verdragen waardoor er fraaie transparante draagconstructies mogelijk worden. - Glas is net zo druksterk als beton, zo lang de krachten maar op een goede manier in het glasvlak worden geleid. De toepassing van glas als constructiemateriaal is erg interessant maar vereist een goede beheersing van de theorie en de praktijk. - De goede eigenschappen voor drukkracht van glas gaan samen met erg lage sterkte bij trekkracht. Daar komt bij dat glas bros is en zonder waarschuwing kan breken. Construeren met glas stelt daarom veel eisen aan het ontwerp.
Toepassingen
Honderden, een paar voorbeelden: veiligheidsglas, vensterglas, flessen, borden, aanrechtbladen, kunst, kassen, meubilair, balkonafscheidings, deuren, glasvezel kabel, spiegelglas
Bewerkingen Technisch Glas
Het is mogelijk om een materiaal te maken dat zowel glasachtige als rubberachtige delen bevat, waardoor men het beste van twee werelden kan verkrijgen. Dat wil zeggen zowel de hardheid van glas als de taaheid van rubber. Een goed voorbeeld hiervan is HIPS (High Impact PolyStyreen). Andere bewerkingen zijn; (on-)gehard glas, gelaagd glas, gescreend glas, gebogen glas, isolatie glas, gespannen glas e.a.
Kleuren
transparant, op aanvraag in kleur
Diverse Handelsnamen
Saint Gobain (constructief glas), Steinfort, giga-glas

5.1.3. Regelgeving

Bouwen met glas is derhalve onderhevig aan strenge regelgeving. Deze zijn vastgelegd in twee NEN-normen, te weten:

NEN 2608: Vlakglas voor gebouwen – eisen en bepalingmethode

NEN heeft de herziene norm [NEN 2608](#) 'Vlakglas voor gebouwen – Eisen en bepalingmethode' gepubliceerd. De norm geeft de eisen en bepalingmethode van het draagvermogen en vervormingen van overwegend statisch belast vlakglas, bestaande uit enkel glas, gelaagd glas of isolatieglas volgens de Eurocode NEN-EN 1990.

Met de nieuwe publicatie van [NEN 2608](#) komen zowel NEN 2608 deel 1 als deel 2 te vervallen. De norm omvat één rekenmethodiek waarmee het vlakglas bestaande uit enkel glas, gelaagd glas of isolatieglas, belast door punt-, lijn- of vlaklast loodrecht op de oppervlakte kan worden gecontroleerd. De gegeven rekenwaarden van sterkte-eigenschappen en de eisen aan de manier van falen zijn in overeenstemming met de eisen aan betrouwbaarheid van constructies volgens de Eurocode NEN-EN 1990.



NEN 2608:2011 wordt genoemd in de ministeriele regeling bij het Bouwbesluit 2012. Dat betekent dat bij de inwerkingtreding van het nieuwe Bouwbesluit voor het maken van constructieve berekeningen wordt verwezen naar NEN 2608.

NEN 3569: Minimale veiligheid

Nieuw zijn de eisen ten aanzien de minimale veiligheid ten gevolge van het doorvallen en vallend glas. Door onder andere eisen te stellen aan het breukgedrag en de minimale sterkte na glasbreuk wordt het risico op lichamelijk letsel beperkt. Eisen ten aanzien van het beperken van lichamelijk letsel in een niet constructieve toepassing zijn opgenomen in de herziene versie van NEN 3569. Vanwege deze nauwe samenhang tussen NEN 3569 en NEN 2608 zijn beide ontwerpnormen gelijktijdig voor commentaar gepubliceerd.

5.1.4. Voorbeeld van constructief glas toegepast in de praktijk uitgelicht

De glazen koepel van de Selimiye Moskee in Haarlem is een primeur in het gebruik van constructief glas. Het is de eerste zelfdragende glazen koepelconstructie zonder zichtbare staalconstructie. De vijfkantige rozetten fixeren de hoekpunten van de glaspanelen en zijn verbonden met trekstaven in de voegen waarmee de totale constructie wordt voorgespannen. Met deze voorspanning wordt voorkomen dat er trekkrachten kunnen optreden.

5.2. Variant B: Duikbrug met wanden van polycarbonaat (PC)

5.2.1. Algemeen

De variant is een uitwerking van de duikbrug. Het brugdek komt op de bodem van de gracht te liggen door de beperkte diepte van het grachtwater. De gedachtegang hierachter is het vergroten van de intrinsieke waarde. Door de zijwanden van het brugdek daarnaast uit te voeren in het doorzichtige polycarbonaat, wordt het gevoel van de wandelaar extra geprikkeld omdat men droog blijft terwijl men toch zichtbaar beneden het waterpeil loopt. Omdat het brugdek op de bodem van de Doelengracht komt te liggen, zal het grachtwater een druk uitoefenen op de wanden. Deze moeten derhalve constructief stabiel zijn conform de geldende normen. Polycarbonaat (afk. PC) is een stevig, hard en doorzichtig kunststof. In tegenstelling tot andere kunststoffen kan PC hoge temperaturen aan. Het is een makkelijk te fabriceren en bewerken kunststof en wordt daarom veel gebruik in een groot bereik aan toepassingen.

5.2.2. Eigenschappen materiaal zijwanden

De eigenschappen van PC:

Mechanische eigenschappen		
soortelijk gewicht	g/cm ³	1,20
Treksterkte	N/mm ²	68,7
Drukvastheid	N/mm ²	78,5
rek tot breuk	%	110
Buigsterkte	N/mm ²	68,7
Elasticiteitsmodulus	N/mm ²	2256
Kerfslagsterkte	kJ/m ²	>30
Slijtage	µm/km	21
wrijvingscoëfficiënt tegen staal bij droogloop		0,55
vochtopname bij RV 50 %	%	0,20
vochtopname bij RV 100 %	%	0,30
Thermische eigenschappen		
minimum gebruikstemperatuur	°C	-30
maximum gebruikstemperatuur continu	°C	120
maximum gebruikstemperatuur kortstondig	°C	135
lineaire uitzettingscoëfficiënt	mm/m°C	0,07
Algemene eigenschappen		
PC is nagenoeg onbreekbaar en heeft een zeer hoge slagvastheid. De mechanische eigenschappen zijn goed. Het materiaal heeft een goede weersbestendigheid en is zelfdovend. PC is transparant en wordt als veiligheidsglas veel toegepast. In verband met de onbreekbaarheid wordt PC regelmatig toegepast, of zelfs verplicht gesteld, voor veiligheidsskappen. Verder is toepassing in de levensmiddelenindustrie toegestaan. Het is makkelijk in gebruik en wordt daarom veel gebruikt voor een groot gebied aan toepassingen.		
Specifieke eigenschappen		
* vrijwel onbreekbaar * hoge lichtdoorlaatbaarheid (ca. 85%) * koud buigbaar		

- * ook bij lage temperaturen (tot -35 °C) blijven de eigenschappen behouden
- * relatief licht als het gaat om gewicht
- * laat slechts zeer beperkt UV-straling door
- * werkt isolerend

Toepassingen

afschermkappen, deksels, liftdeurramen, lichtkappen, vitrines, afweerschilden, inbraakwerende beglazing, veiligheidsbeglazing, dakconstructies (voetbalstadions en winkelcentra), kassenbouw, overkappingen

Kleuren

transparant, op aanvraag in kleur

Diverse Handelsnamen

Lexan, Makrolon, Axxis, Sustonat, Superglas e.a.

5.2.3. Regelgeving

Bouwen met polycarbonaat is onderhevig aan Nederlandse en Europese regelgeving. Deze zijn vastgelegd NEN-normen omtrent het gebruik van kunststoffen, te weten:

NEN-EN-ISO 527:1996

Kunststoffen - Bepaling van de trekeigenschappen

NEN-EN-ISO 6603:1997

Kunststoffen – Bepaling van het gedrag van harde kunststoffen bij meerassige stootbelasting

Overige niet genoemde wetgeving en/of normen

5.2.4. Voorbeeld van PC toegepast in de praktijk uitgelicht

Bij boomkwekerij L.M. van Nierop in Hazerswoude-Dorp staat, voor zover bekend, de eerste cabrioletkas in Nederland die bedekt is met polycarbonaat (PC).

Nieuw is de toepassing van PC niet. Zijwanden van kassen werden voorheen ook al bekleed met PC-platen vanwege energiebesparing, doordat de platen meestal dubbelwandig zijn. Het nadeel toen was dat er algen en water tussen de wanden kwamen en het materiaal vergeelde. Deze problemen zijn inmiddels verholpen.

Het grote voordeel is dat PC beter isoleert en dus meer energie bespaart dan glas. Door de isolerende werking van de PC-platen heeft de kweker geen schermdoek, maar ook geen heteluchtkachels nodig. Van Nierop: "Als het buiten 6 graden Celsius vriest, blijft het binnen vorstvrij".

Een kasdek of kasgevel van PC komt in aanmerking voor de Energie-Investeringaftrek (EIA). Via deze regeling is een bepaald percentage van de investeringskosten van energiezuinige bedrijfsmiddelen aftrekbaar¹³.



¹³ Zie het online document: *De Boomkwekerij, editie 11, door Arno Engels, d.d. 17 maart 2006*

5.3. Variant C: Duikbrug met PMMA wanden

5.3.1. Algemeen

De variant betreft een uitwerking van de duikbrug. Het brugdek komt op de bodem van de gracht te liggen door de beperkte diepte van het grachtwater. De gedachtegang hierachter is het vergroten van de intrinsieke waarde. Door de zijwanden van het brugdek daarnaast uit te voeren in het doorzichtige polymethylmethacrylaat (kortweg PMMA), wordt het gevoel van de wandelaar extra geprikkeld omdat men droog blijft terwijl men toch zichtbaar beneden het waterpeil loopt. Omdat het brugdek op de bodem van de Doelengracht komt te liggen, zal het grachtwater een druk uitoefenen op de wanden. Deze moeten derhalve constructief stabiel zijn conform de geldende normen. Polymethylmethacrylaat is een stevig, hard en doorzichtig kunststof. Deze transparante kunststof is beter bekend onder de handelsnamen Perspex en Plexiglas.

5.3.2. Eigenschappen materiaal zijwanden

De eigenschappen van PMMA:

Mechanische eigenschappen PMMA (gegoten)		
soortelijk gewicht	g/cm ³	1,18
Treksterkte	N/mm ²	73,6
Drukvastheid	N/mm ²	117,7
rek tot breuk	%	3,5
Buigsterkte	N/mm ²	117,7
Elasticiteitsmodulus	N/mm ²	3188
kerfslagsterkte	kJ/m ²	3
Slijtage	µm/km	4,5
wrijvingscoëfficiënt tegen staal bij droogloop		0,50
vochtopname bij RV 50 %	%	0,30
vochtopname bij RV 100 %	%	0,40
Thermische eigenschappen		
minimum gebruikstemperatuur	°C	-35
maximum gebruikstemperatuur continu	°C	70
maximum gebruikstemperatuur kortstondig	°C	85
lineaire uitzettingscoëfficiënt	mm/m°C	0,06
Algemene eigenschappen		
PMMA wordt gebruikt in toepassingen waar de grote gewichtsbesparing tov glas een groot voordeel biedt en ook waar grote transparantie gewenst is, zoals in grote aquaria, 's Wereld grootste aquaria hebben vensters van verscheidene meters breed en hoog en een dikte tot 30 cm gemaakt uit PMMA. Ze kunnen ook in stukken gemaakt worden en nagenoeg onzichtbaar verlijmd voor assemblage. Verder is PMMA een veelgebruikt materiaal voor transparante geluidscheren. PMMA wordt nooit gebruikt voor veiligheidstoepassingen, het is immers niet impactbestendig (wel beter dan glas) en het breekt in scherpe stukken. Bovendien is het zeer brandbaar dus kan het nooit gebruikt worden bij personentransport. Daarvoor wordt het onbreekbare, hoge temperaturen bestendige en zelfdovende polycarbonaat gebruikt, dat ook wel veel duurder is.		
Specifieke eigenschappen		
* uitstekende optische eigenschappen * hoge lichtdoorlaatbaarheid (ca. 94%) * toepasbaar in de voedingsmiddelenindustrie * goede chemische bestendigheid * goed helder te verlijmen		

* redelijk slagvast
Toepassingen
Vervanging glas in: stoffkappen, deksels, liftdeurramen, lichtkappen, vitrines, geluidschermen, kijkglazen, reclaimedoeleinden, grote aquaria
Kleuren
transparant, wit, zwart, opaal en diverse andere kleuren (doorzichtig en ondoorzichtig)
Diverse Handelsnamen
Perspex, Plexiglas, Paraglas, Casocryl, Vedril, Ispaglas, Vitroflex, Altuiglas

5.3.3. Regelgeving

Bouwen met polycarbonaat is onderhevig aan Nederlandse en Europese regelgeving. Deze zijn vastgelegd NEN-normen omtrent het gebruik van kunststoffen, te weten:

NEN-EN-ISO 527:1996

Kunststoffen - Bepaling van de trekeigenschappen

NEN-EN-ISO 6603:1997

Kunststoffen – Bepaling van het gedrag van harde kunststoffen bij meerassige stootbelasting

Overige niet genoemde wetgeving en/of normen

5.3.4. Voorbeeld van PMMA toegepast in de praktijk uitgelicht

Eén voorbeeld van een toepassing van de kunststof PMMA in de praktijk is het 10 meter diepe Monterey Bay Aquarium. Dit aquarium is gelegen in de plaats Monterey, in de Amerikaanse staat California. Het aquarium daar heeft een doorzichtige wand van plexiglas, die op sommige plekken wel 33 cm dik is. Deze dikte is nodig om de enorme waterdruk te kunnen weerstaan die op het glas drukt.



6. KEUZEPROCES VARIANT – RANGSCHIKKINGSTABEL & ARGUMENTATIE

Een rationele keuze uit de verscheidene varianten zal gefundeerd worden puur op het principe van argumentatie en het opstellen van een rangschikkingstabel. Dat wil zeggen er wordt een keuze gemaakt uit de verscheidene varianten op basis van argumenten en een rangschikking tussen de varianten. Deze manier van afwegen wordt verantwoord door:

- Ten eerste de ervaring uit de beroepspraktijk van de experts. De experts hebben een controlerende en ondersteunende taak wat betreft dit document.
- Ten tweede de tijdsbesparing die kan worden bereikt.
- Ten derde is de MCA in feite een te uitgebreide methode voor een keuze van deze omvang. Het wordt gezien als 'overdreven'.
- Ten vierde en ten slotte de invloed van de beslissers. Alle argumentatie die wordt aangedragen, kan door de beslissers ten alle tijden worden aangevuld en/of aangepast.

Er wordt getracht zo veel mogelijk structuur aan te brengen in het keuzeproces. Dit is ook van belang wanneer het keuzeproces wordt gebaseerd op argumentatie. Het keuzeproces wordt onderverdeeld in een aantal stappen en zal als volgt verlopen:

- Stap 1. Op basis van de eigenschappen van de drie verschillende varianten, worden de varianten tegen elkaar uitgezet in een rangschikkingstabel (en tegelijkertijd scoretabel). Hierbij wordt net als bij het keuzeproces bij de alternatievenstudie, de nadruk gelegd op de eigenschappen Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie (en gerelateerde en afgeleide eigenschappen).
- Stap 2. De uitkomsten van de tabel worden geanalyseerd.
- Stap 3. Enkel op basis van de tabel wordt er een advies gegeven, welke variant(en) te gebruiken.
- Stap 4. In deze stap worden er aanvullende en relevante argumenten aangedragen door de opsteller van dit document en de uiteindelijke beslisser binnen het keuzeproces. (in dit geval wordt de rol van opsteller en beslisser vervuld door één en dezelfde persoon). Hierbij wordt de voorwaarde gesteld dat de argumenten niet dubbelop zijn als men de tabel in gedachten houdt. Een andere voorwaarde is dat de argumenten steekhoudend zijn.
- Stap 5. Deze stap is bedoeld om een uiteindelijke keuze te maken welke variant te gebruiken.
- Stap 6. De laatste stap en tevens belangrijke stap is het evalueren van het keuzeproces (op validiteit).

6.1. Stap 1: Rangschikkingstabel

In deze eerste stap worden alle drie de varianten op basis van hun specifieke eigenschappen beoordeeld en tegen elkaar uitgezet en geordend. De variant die op een eigenschap het meest positief scoort, ten opzichte van de andere varianten, staat op plaats (en scoort een) 1. De variant die op een eigenschap zowel niet het meest positief als het meest negatief scoort van alle drie de varianten, staat op plaats (en scoort een) 2. En de variant die, vergeleken met de andere varianten het meest negatief scoort, staat op plaats (en scoort een) 3. Deze manier van normaliseren heeft als effect dat er een overzicht ontstaat van hoe de varianten ten opzichte van elkaar staan en scoren, wat het keuzeproces op zijn beurt weer vereenvoudigt. Alle eigenschappen zijn gerelateerd aan de aspecten Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie (EDI).

Eigenschap	Variant A: Glas	Variant B: PC	Variant C: PMMA
Isolatie	3	1	2
Hittebestendigheid	2	1	3
Weerbestendigheid	1	2	2
Chemische gevoeligheid	3	2	1
Mate van zelfdoving	2	1	3
Gewicht	3	2	1
Doorlatendheid (straling)	1	2	3
Breekbaarheid	3	1	2
Weerstand tegen vervormingen	3	2	1
Krasbestendigheid	1	3	2
Impactbestendigheid	3	1	2
Bewerkbaarheid	3	1	2
Milieuvriendelijkheid	1	2	2
Levensduur	1	3	2
Mate van innovatie wat betreft constructieve toepassing	3	1	1
Prijs	1	3	2
TOTAAL	34	28	31

6.2. Stap 2: Analyse Rangschikkingstabel

Als men de totaalscore beschouwt (in het verlengde van de manier van scores toekennen), betekent de laagste score dat een variant gemiddeld gezien de meest(e) positieve eigenschappen heeft en tegelijkertijd gemiddeld het hoogst in rangorde staat. Dit tegenover de hoogste score, die gemiddeld gezien dus de minst(e) positieve eigenschappen heeft. Bij dit alles valt op te merken, dat wanneer een variant het meest slecht scoort op een eigenschap, enkel geconstateerd kan worden dat de variant in vergelijking met de andere varianten de eigenschap in een minder positieve mate beheerst. Het wil dus niet zeggen dat de variant de eigenschap totaal niet op een positieve manier beheerst. Er is gekozen voor juist deze manier van weging, omdat het niet belangrijk is of een variant een eigenschap totaal niet heeft. Maar meer of een variant positiever scoort in vergelijking met de andere varianten (rangordening), omdat er sowieso een keuze moet worden gemaakt uit de beschikbare varianten. Net als bij het keuzeproces van de alternatieven. Hieronder wordt er per variant een analyse gegeven van haar waardering, volgend uit de tabel:

Variant A: De variant (het gebruik van glas in de zijwanden van het brugdek) scoort gemiddeld gezien het meest negatief op alle eigenschappen ten opzichte van de andere varianten (score 34). Hierbij is de mate van het contrast in scores tussen de verschillende eigenschappen opvallend.

Variant B: Het is eenvoudig op te merken dat variant B (het gebruik van PC in de zijwanden van het brugdek), over het algemeen gezien het meest positief scoort op alle eigenschappen (totaal score van 28). Deze variant scoort dan ook op de meeste eigenschappen het meest positief (staat op rangorde plaats 1).

Variant C: Deze uitwerking van het alternatief (het gebruik van PMMA in de zijwanden van het brugdek) scoort, in vergelijking met de andere varianten, gemiddeld positief (32). Dit heeft als logische oorzaak dat de variant bij de meeste eigenschappen gemiddeld heeft gescoord en in rangorde staat.

6.3. Stap 3: Advies op basis van Scoretabel

Op basis van de scoretabel en haar analyse wordt geadviseerd variant B: Duikbrug met wanden van polycarbonaat (PC) te kiezen, omdat deze variant gemiddeld gezien het meest positief scoort.

6.4. Stap 4: Aanvullende Argumentatie Keuze

Ondanks dat het advies op basis van de scoretabel pleit voor variant B, pleit ik als beslisser voor het toepassen van een combinatie van variant C met variant B. De combinatie bestaat uit een dubbele zijwand, waarbij de buitenwand (waterkant) uit het materiaal van variant C bestaat en de binnenwand (loop-kant) uit het materiaal van variant B. Ik draag hiervoor de volgende argumentatie aan;

- Ten eerste omdat op deze manier de goede eigenschappen van PMMA, met de goede eigenschappen van PC worden gecombineerd.
- Ten tweede is het scoreverschil tussen variant B en C gering (B: 28, C:32). Beide zijn dus toepasbaar. Daarnaast zijn beide varianten als beste geclassificeerd (plaats 1 en 2) in dit onderzoek.
- Ten derde is de toepassing van PMMA (variant C) in relatie met water (grote aquaria) al vaak bewezen, in tegenstelling tot PC (variant B) waarbij een toepassing met water voor zover bekend niet eerder is toegepast. Door juist het PMMA aan de buitenzijde te plaatsen en het PC aan de binnenzijde wordt het probleem van een gebrek aan ervaring met PC in direct contact met water vermeden.
- Ten vierde wordt er door het unieke ontwerp van de constructie van het brugdek al een relatief groot risico in technische zin genomen, omdat de ervaring op dit gebied nog maar zeer beperkt is. Veiligheidshalve zijn het niet impactbestendige en niet zelf blussende, maar constructief sterke PMMA (variant C) aan de buitenzijde en het toepassen van het onbreekbare, zelf blussende PC (variant B) aan de binnenzijde goede keuzes.
- Ten vijfde is er wellicht in de toekomst de mogelijkheid van de doorvaart van scheepvaart (kleine pleziervaartuigen) in de Doelengracht. Het materiaal gebruikt in variant C (PMMA) is constructief sterker dan het materiaal van variant B. Er zal derhalve een dunnere zijwand benodigd zijn om een stabiele en veilige constructie te kunnen garanderen. Het materiaal gebruikt in variant B (PC) hoeft er 'slechts' voor te zorgen dat bij een impact (van bijvoorbeeld scheepvaart of aan de binnenzijde door een object), eventuele scherven van PMMA de wandelaars niet kunnen bereiken. De binnenwand van PC hoeft dus geen primaire waterdruk tegen te houden en heeft slechts een ondersteunende functie.
N.B. Toch valt te overwegen om de zijwand van PC dermate dik te maken zodat deze toch een waterkerende functie kan hebben, mocht de zijwand van PMMA (door wat voor oorzaak dan ook) het mogen begeven.
- Ten zesde is variant A naar mijn mening uitgesloten, omdat wellicht in de toekomst de mogelijkheid van scheepvaart in de Doelengracht bestaat en glas veel impactgevoeliger is dan de overige twee materialen uit de varianten. Daarnaast zijn de (veiligheids-)eisen die aan de constructie met glas gesteld worden veel zwaarder dan die van de overige varianten (zie paragraaf 5.1.).

6.5. Keuze & Advies

Op basis van het advies van de scoretabel en alle aanvullende argumentatie wordt gekozen voor het toepassen van een combinatie van **Variant B: Duikbrug met PC-wanden** met **Variant C: Duikbrug met PMMA-wanden**. Een uitvoering in deze vorm blijkt al met al, ondanks een gering risico, uiteindelijk het meest positief in beeld te zijn gekomen. De gerelateerde risico's (stabiliteit, impactbestendigheid, veiligheid voor wandelaar) door het kiezen van een brug in deze vorm zijn daarnaast makkelijk in de hand te houden, door het toepassen van het constructieve materiaal PMMA aan de buitenzijde en het veilige materiaal PC aan de binnenzijde.

6.6. Evaluatie Keuzeproces

Een gedegen keuzeproces kan niet zonder de evaluatie. In deze paragraaf wordt getracht het totale proces door te lichten, met daarbij de focus op een tweetal aspecten.

1. Aandachtspunten: Gedurende de uitvoering van de afweging zijn er aantal punten langs gekomen die extra aandacht vragen. Zo moeten ten eerste alle genomen stappen goed worden gecontroleerd op objectiviteit en professionaliteit. De beslisser zit tevens constant diep met zijn neus in het document, waardoor het gevaar dreigt dat ergens in het keuzeproces, het overzicht verloren kan gaan en er sprake kan zijn van tunnelvisie. Belangrijke argumenten kunnen hierdoor achterwege gelaten worden. Extra controle wordt daarom aangeraden.
2. Bijzonderheden: De opsteller van dit document en de beslisser zijn één en dezelfde persoon. De beoordelende partijen zijn;
Mijn begeleiders vanuit de gemeente Leiden, te weten: dhr. M. Romijn en dhr. M. Belt.
Mijn begeleiders vanuit de Haagse Hoge School, zijnde dhr. W. Bharos en dhr. R. Weersink.
Ten slotte is het uiteindelijke advies niet gebaseerd op de keuze van één variant, maar op de keuze van een combinatie van twee varianten.

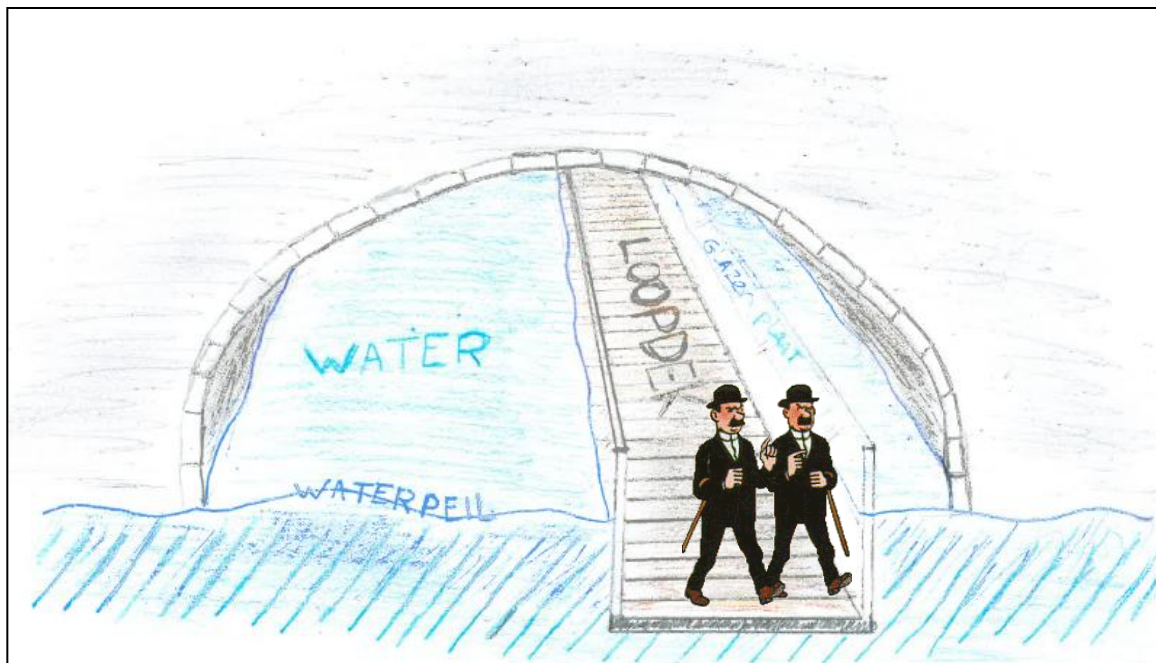
7. DEFINITIEVE KEUZE

In dit hoofdstuk wordt de uiteindelijke keuze van **alternatief** en de daarbij horende **variant** bekend gemaakt en besproken. De **kern** van de achterliggende gedachte bij het keuzeprocess waren steeds gebaseerd op de aspecten **Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie (afk. EDI)**. Daarmee is er een gefundeerde keuze gemaakt van een type verbinding welke zich het meest leent om toegepast te worden aan het einde van de **5^e Binnenvestgracht met de Clusiustuin**.

De definitieve keuze is gevallen op **alternatief III: Duikbrug**. De keuze voor dit alternatief is tot stand gekomen na een zorgvuldige afweging door middel van het uitvoeren van een effectentabel met de onderbouwing van steekhoudende gerelateerde argumenten (zie hoofdstuk 4 voor de uitwerking). Kort samengevat blijkt de keuze, ondanks dat het alternatief **niet** als meest gunstig in de **effectentabel** tot uiting kwam, op basis van **aanvullende argumenten** (gerelateerd aan de EDI aspecten) de **beste keuze** te zijn aldus de **beslissende partij**.

Nadat duidelijk werd dat **alternatief III** de boventoon zou voeren, zijn er een **drietal varianten** op gesteld. Deze varianten hebben als onderlinge **verschil** dat de **zijwanden** van het brugdek van de **Duikbrug** in elke afzonderlijke variant in een ander **soort materiaal** zijn uitgevoerd. Na het zorgvuldig afronden van de afweging op basis van **rangschikking** en **argumentatie** (zie hoofdstuk 6) blijkt een combinatie van **Variant B: Duikbrug met PC-wanden met Variant C: Duikbrug met PMMA-wanden** de **best passende sleutel** tot de oplossing te zijn.

Op deze manier ontstaat uiteindelijk het gefundeerde ontwerp van een Duikbrug met **doorzichtige dubbellaags zijwanden**, waarbij de binnenwanden uit **polycarbonaat** en de buitenwanden van **PMMA** bestaan.



BRONNENLIJST

Bij de totstandkoming van dit document zijn onderstaande bronnen ter informatie of illustratie gebruikt.

Literatuur:

- *Online document: Polycarbonaat resins en toepassingen*, door drs. B. Groothuis, dr. T. Hoeks, dr. J. King jr. (GE plastics bv), d.d. maart 1998.
- *Online magazine: De Boomkwekerij*, editie 11, door Arno Engels, d.d. 17 maart 2006
- *Online document: Onvatbaar - constructieve bijlage glas*, door Stan Mathijssen, d.d. 25 april 2008.
- *Online document: Leerboek Materiaalkunde voor technici, hoofdstuk 10 Kunststoffen en hun toepassingen*
- *Document: Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk

Software:

- /

Internet:

- www.nen.nl
- www.electrisol.nl
- www.wikipedia.nl
- www.bouwwereld.nl
- www.louwers.nl
- www.reefsecrets.org

- Rapport 4 -

Ontwerp Vlonderbrug

5^e BINNENVESTGRACHT - CLUSIUSTUIN

Auteur:	Mike Nicolai
Datum van wijzigen:	10/05/2012
Versie:	Definitief
Gezien door:	
Goedkeuring:	

Inhoud

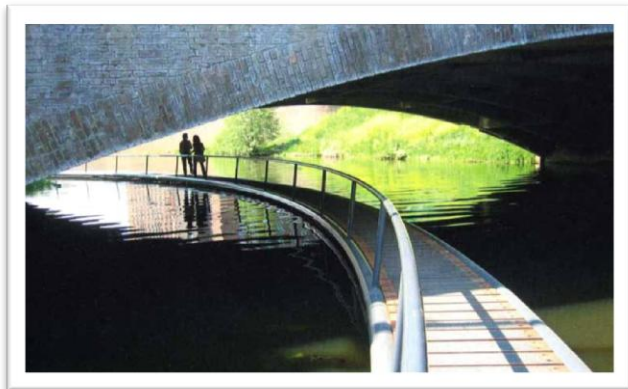
1. Projectomschrijving	150
2. Ontwerp Constructie	151
2.1. Randvoorwaarden constructieberekening	151
2.2. Overzicht projectlocatie	152
2.3. Aanzichten kunstwerk	153
3. Berekeningen Leuningwerk	156
3.1. Maatgevend Leuningwerk	156
3.2. Eigenschappen	156
3.3. Belastingen Horizontaal Leuningwerk	157
3.4. Belastingen Verticaal Leuningwerk	158
3.5. Detaillering verbinding horizontaal – verticaal leuningwerk	159
3.6. Detaillering verbinding (verticaal) leuningwerk met langsligger	161
4. Berekeningen dekdelen	165
4.1. Eigenschappen	165
4.2. Belastingen	165
4.3. Controle	165
4.4. Detaillering verbinding dekdelen met langsligger	166
4.5. Conclusie	167
5. Berekeningen aanlandingen	168
5.1. Maatgevende Langsligger	168
5.2. Maatgevende Dwarsdrager	170
5.3. Detaillering verbinding langsligger met dwarsligger	172
5.4. Detaillering verbinding dwarsligger met funderingspaal	175
6. Berekeningen brugdek	178
6.1. Maatgevende Langsligger	178
6.2. Maatgevende Dwarsdrager	180
6.3. Detaillering verbinding langsligger met dwarsligger	182
7. Funderingsberekening	183
7.1. Randvoorwaarden Funderingsberekening	183
7.2. Toelaatbare belasting op paalfundering	183
7.3. Belasting op paalfundering	186
7.4. Controle draagkracht fundering	186
8. Aanbevelingen tav de Uitvoering	187
9. Toetsing Ontwerp aan Programma van Eisen	188
Bijlagen	188
Bijlage I: Sondering 1, Rapenburg te Leiden	190
Bijlage II: Tekening VO vlonderbrug d.d. 19-04-2012	191
Bijlage III: Tekening Vlonderbrug, maximaal belaste paal	192

1. PROJECTOMSCHRIJVING

Vanuit de Structuurvisie Leidse Singels (2025) is een lijst met projecten opgesteld in het kader van het Masterplan Groene Singels. Eén van de deelprojecten is het realiseren van een verbinding voor voetgangers tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin in de vorm van een loopvlonder over de Doelengracht. Uitgangspunt is de structuurvisie d.d. april 2011 met bijbehorende plankaart: *“Vanaf de Sterrewachtlaan is het mogelijk om direct naar de 5e Binnenvestgracht door te lopen. Dit wordt ruimtelijk nog eens benadrukt door het verbinden van het water van de 5^e Binnenvestgracht met de singelgracht. Al lopende langs de 5e Binnenvestgracht is de sfeer van de Hortus ook vanaf de buitenzijde beleefbaar. Met het water van de Doelengracht mee onder de gebouwen van de Universiteit door loopt de route via een ranke vlonderbrug naar het voorgebied van de Hortus botanicus. De vlonderbrug is één van de iconen van de singelroute. Langs de Clusiustuin op het voorterrein en de mooi besloten gelegen horecagelegenheid van de Hortus loopt de route verder naar de Doelengracht. De vindbaarheid van de route en de zichtbaarheid en aantrekkelijkheid van de Hortus zijn sterk vergroot”¹⁴.*

Het doel van dit rapport is om inzicht te geven in het ontwerp en de constructie- en funderingsberekeningen van de loopvlonder. De loopvlonder bestaat uit een tweetal onderdelen, te weten de aanlandingen en het brugdek. In de berekeningen is een onderscheid gemaakt tussen deze twee verschillende constructie-onderdelen. Zowel de aanlandingen als het brugdek bestaan uit hardhouten langs- en dwarsliggers (de dekdelen zijn tevens van hardhout). Het leuningwerk is volledig van staal. De aanlandingen en het brugdek worden gefundeerd op stalen buis palen.

Leeswijzer; In hoofdstuk 2 worden het ontwerp van de Vlonderbrug behandeld. Hoofdstuk 3 t/m 6 behandelt de constructieberekeningen en hoofdstuk 7 de funderingsberekeningen. Hoofdstuk 8 geeft tot slot een korte lijst van aanbevelingen met betrekking tot de uitvoeringsmethode.



Figuur 1: Een impressie van het kunstwerk onder het gebouw van de Universiteit door.

¹⁴ Bron: Gemeente Leiden: Structuurvisie 2025 d.d. april 2011

2. ONTWERP CONSTRUCTIE

2.1. Randvoorwaarden Constructieberekening

Bij de berekeningen zijn de volgende randvoorwaarden en uitgangspunten gehanteerd:

- Tekening VO vlonderbrug d.d. 19-04-2012 (zie bijlage II)
- Het kunstwerk is geschaald op veiligheidsklasse 3.
- Belastingen / vervormingen conform: NEN 6702, 6706, 6720, 6723, 6743, 6760
- Literatuur: *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk
- Hout; dwars- en langsliggers sterkteklasse D50 en dekdelen sterkteklasse D30, duurzaamheid klasse 1 en veiligheidsklasse 3.
Conform NEN 6760 zijn de volgende eisen gesteld als het gaat om de maximaal aanvaarde buig- en schuifsterkte van de materialen;

	Hout sterkteklasse D30	Hout sterkteklasse D50
Buigsterkte $f_{m;o;rep}$	30 [N/mm ²]	50 [N/mm ²]
Buigsterkte $f_{m;u;d}^{15}$	$(30/1,2) * 0,75 * 0,9 = 16,9$ [N/mm ²]	$(50/1,2) * 0,75 * 0,9 = 28,1$ [N/mm ²]
Schuifsterkte $f_{v;o;rep}$	3,0 [N/mm ²]	4,6 [N/mm ²]
Schuifsterkte $f_{v;u;d}^{16}$	$(3,0/1,2) * 0,75 * 0,9 = 1,69$ [N/mm ²]	$(4,6/1,2) * 0,75 * 0,9 = 2,59$ [N/mm ²]
Max. verplaatsing δ_{midden}	1/250 * L (engte)	1/250 * L

- RVS-Staal; leuningwerk sterkteklasse S275, volumiek gewicht 9,99 [kg/m],
 $A_{doorsnede} = 1273$ [mm²].

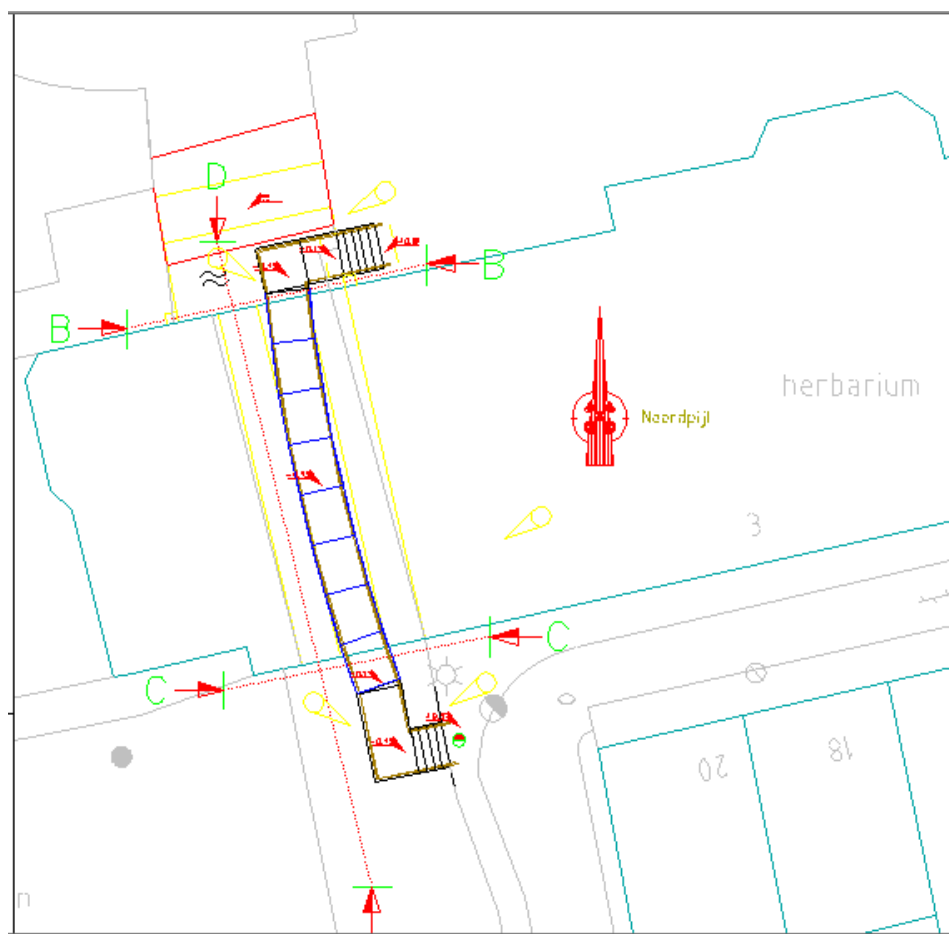
Conform NEN 6760 zijn de volgende eisen gesteld als het gaat om de maximaal aanvaarde buig- en schuifsterkte van de materialen;

	RVS staal sterkteklasse S275
Vloegrens $f_{vloei;u;d}$	275 [N/mm ²]
Max. spanning materiaal $\sigma_{max;rep}$	430 [N/mm ²]
Veiligheidsfactor	1.2 [-]
Max. aanvaarde druk/trek $f_{tr;dr;u;d}$	$430 / 1.2 = 358,3$ [N/mm ²]
Max. aanvaarde schuifspanning $f_{t;u;d}$	$(275/\sqrt{3}) 158,8$ [N/mm ²]
Max. verplaatsing δ_{midden}	1/250 * L

- Bevaarbaarheid langs kunstwerk is zeer onwaarschijnlijk door de huidige situatie van het plangebied en haar omgeving. De bijzondere belasting (belasting als gevolg van aanvaringen) wordt niet meegenomen in de berekeningen.
- De geconcentreerde belasting is niet van toepassing op het kunstwerk, omdat deze niet te betreden is voor (dienst)voertuigen en fietsen.
- Belasting als gevolg van het aanbrengen van een anti-slip en slijtlaag wordt verwaarloosd, omdat deze belasting dermate klein is ten opzichte van het overige gewicht dat men hem als te verwaarlozen kan beschouwen.
- Balken waarbij er sprake is van zogenaamde 'oversten', hoeven alleen te worden berekend op de belasting tussen de oplegpunten in. De oversten mogen buiten beschouwing worden gelaten.
- Bij elke oplegging is er ruimte gereserveerd voor het uitzetten van de materialen (de zogenaamde uitsparing).
- Maatgevende belastingcombinatie: permanent + gelijkmatig verdeelde belasting + (windbelasting + belasting a.g.v. temperatuurschommelingen).

¹⁵, ⁴ Om tot $f_{m;u;d}$ en $f_{v;u;d}$ te komen, worden de factoren voor langdurige belasting en vochtige omstandigheden toegepast aldus de berekening in deze twee rijen.

2.2. Overzicht projectlocatie



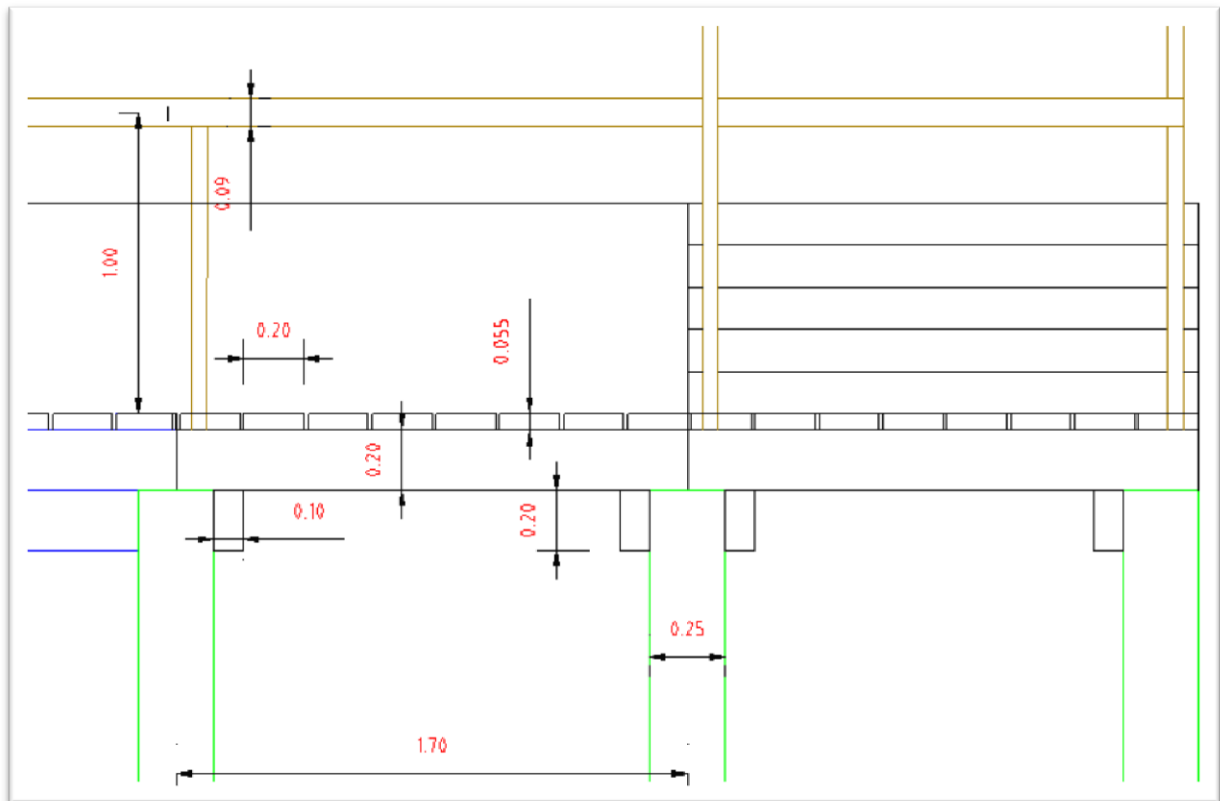
Figuur 2 & 3: Het kunstwerk in relatie tot haar directe omgeving.

2.3. Aanzichten kunstwerk

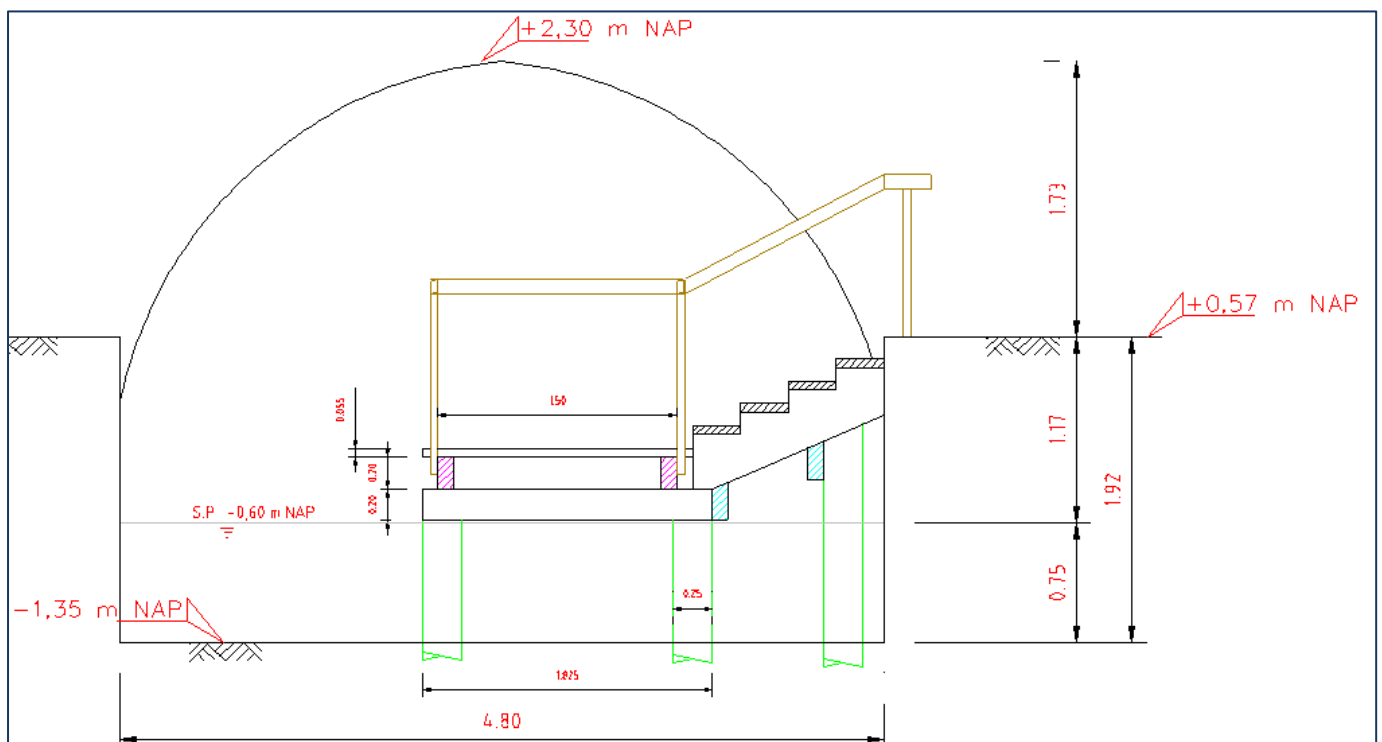
2.3.1. Zijaanzicht van het totale kunstwerk

(zie bijlage I)

2.3.2. Aanzichten maatgevend aanlandingselement

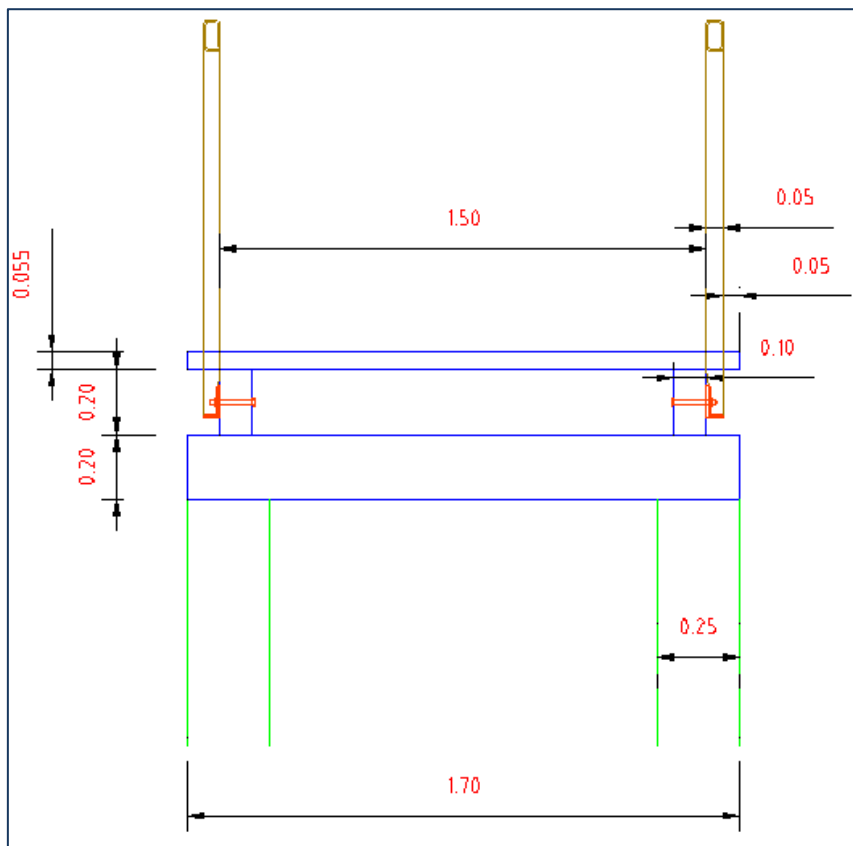


Figuur 4: Het vooraanzicht van het maatgevende aanlandingselement

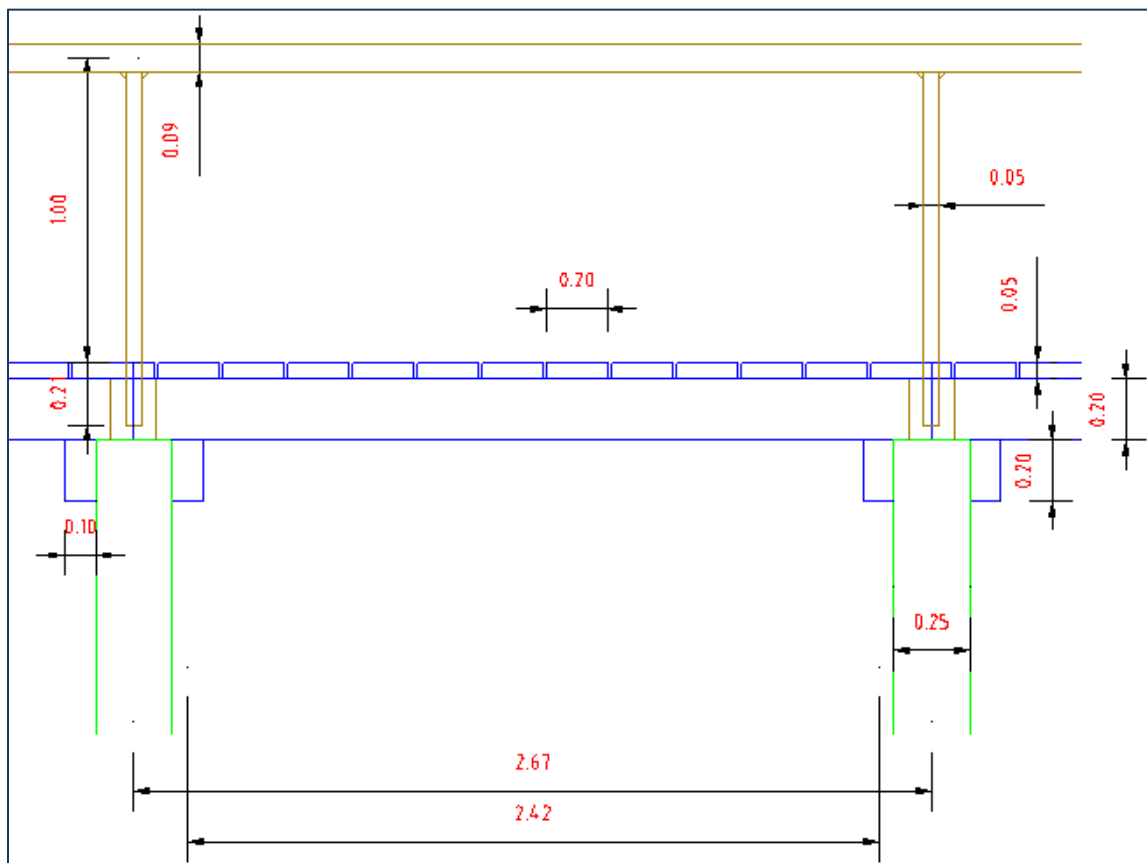


Figuur 5: Het zij aanzicht van het maatgevende aanlandingselement

2.3.3. Aanzichten maatgevend brugdekelement



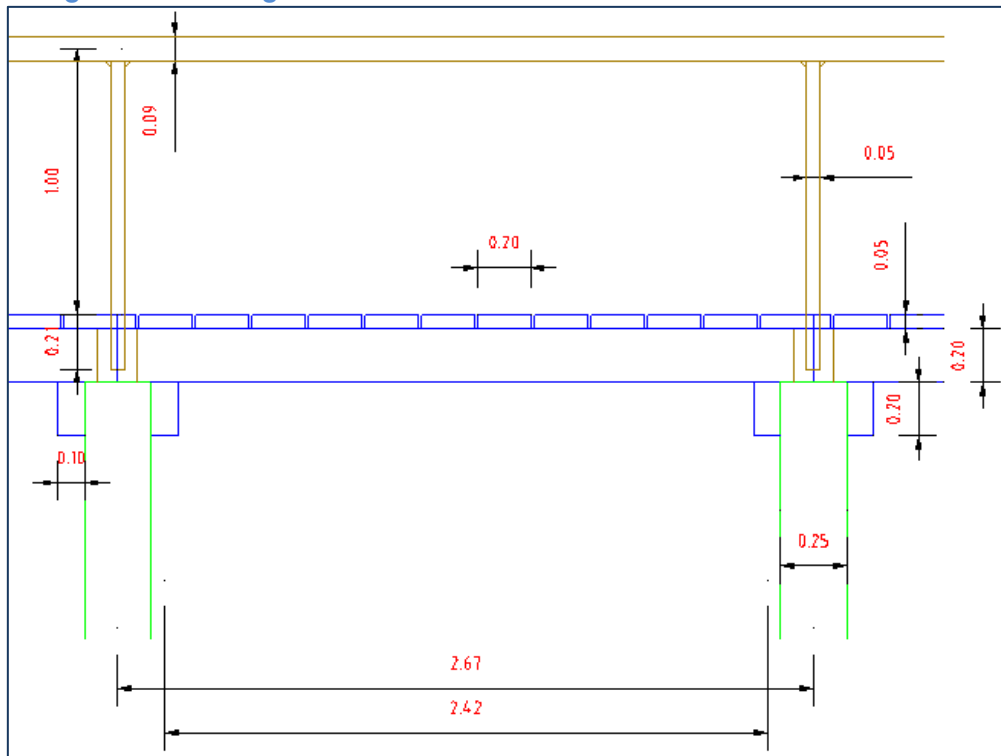
Figuur 6: Het vooraanzicht van het maatgevende brugdekelement



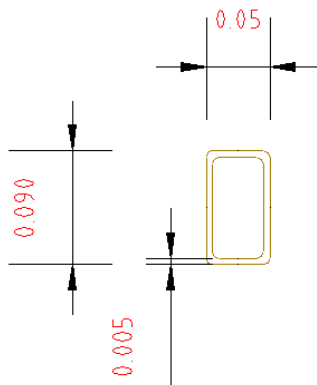
Figuur 7: Het zijaanzicht van het maatgevende brugdekelement

3. BEREKENINGEN LEUNINGWERK

3.1. Maatgevend Leuningwerk



Figuur 8: Het zijaanzicht van het maatgevende leuningwerk op het maatgevende brugdekelement



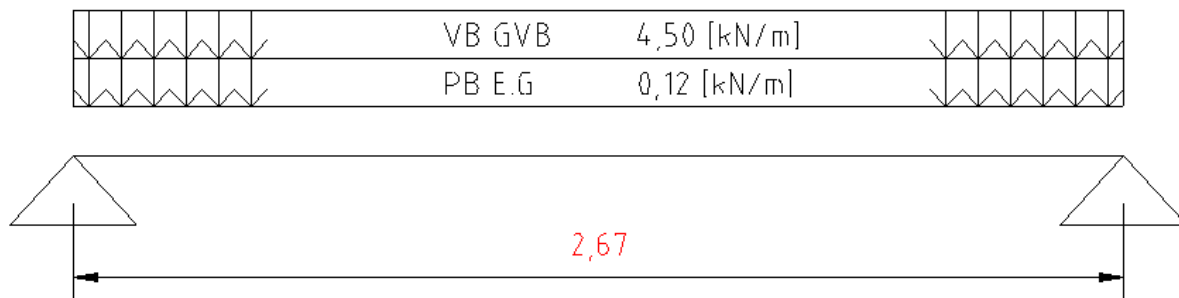
Figuur 9: Het vooraanzicht van het maatgevende leuningwerk

3.2. Eigenschappen

RVS sterkteklasse	= S275
Productiemethode	= warmgewalst
Hoogte x breedte buis (h x b)	= 90 x 50 [mm]
Buiswand dikte (t)	= 5 [mm]
Lengte leuning L	= 2,670 [m]
Oppervlakte doorsnede A	= 1273 [mm ²]
Gewicht leuning G	= 9,99 [kg/m]
	= 0,10 [kN/m]
Elasticiteitsmodulus E	= 210.000 [N/mm ²] = 2,1 * 10 ⁸ [kN/m ²]
Druk/treksterkte $f_{t,d}/f_{t,r}; u; d$	= 430 [N/mm ²]
Vloeigrens $f_{y,d}$	= 275 [N/mm ²]
I_y	= 127,2 * 10 ⁴ [mm ⁴] = 1,272 * 10 ⁻⁶ [m ⁴]
W_y	= 28,3 * 10 ³ [mm ³]

3.3. Belastingen Horizontaal Leuningwerk

Belastingen		Bel. factor	q_{rep} [kN/m]
Eigen gewicht	0,1 [kN/m]	1,2	0,12
Gelijkmatig verdeelde belasting (GVB)	3 [kN/m] (conform NEN 6702, 8.2.6.1)	1,5	4,50
$q_{rep, totaal}$ [kN/m]			4,62



Figuur 10: Belastingen horizontale leuningwerk

3.3.1. Controle

$$V_{max;d} = (1/2) * q_{rep, totaal} * L = (1/2) * 4,62 * 2,67 = 6,17 \text{ [kN]}$$

$$M_{max;d} = (1/8) * q_{rep, totaal} * L^2 = (1/8) * 4,62 * 2,67^2 = 4,12 \text{ [kNm]}$$

		<u>Eis¹⁷</u>
Max. druk/trek $\sigma_{druk/trek;max;d}$	$= (M_d / I_y) * z_{max}$ $= (4,12 * 10^6 / 127,2 * 10^4) * 0,5 * 90$ $= 145,53 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{m;u;d}$ $< 430 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 430 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. schuifspanning τ_d	$= (V_{max;d} * S) / (b * I_y)$ $= (6,17 * 10^3 * A * z_{max}) / (2 * D * 127,2 * 10^4)$ $= (6,17 * 10^3 * 1273 * 45) / (2 * 5 * 127,2 * 10^4)$ $= 27,79 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{v;u;d}$ $< 158,8 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 158,8 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 158,8 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. verplaatsing δ_{midden}	$= ((5 * q_{rep, totaal} * L^4) / (384 * E * I))$ $= ((5 * 4,62 * 2670^4) / (384 * 210.000 * 127,2 * 10^4))$ $= 11,46 \text{ [mm]}$	$< 1/250 * L$ $< 1/250 * 2670$ $< 11,68 \text{ [mm]}$

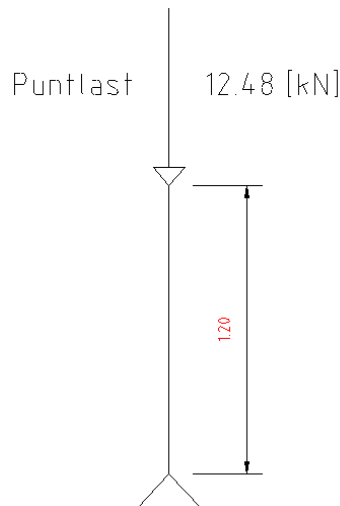
3.3.2. Conclusie

Het leuningwerk voldoet aan alle eisen conform NEN 6760. Het leuningwerk mag worden toegepast in het brugdek én beide aanlandingen.

¹⁷ Eis vanuit NEN 6760

3.4. Belastingen Verticaal Leuningwerk

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
Puntlast eigen gewicht	0,10 [kN/m] * 1,2 [m] = 0,12 [kN]	1,2	0,14
Puntlasten horizontaal leuningwerk	4,62 [kN/m] * 2 * 0,5 * 2,67 = 12,34 [kN]	[-]	12,34
F _{rep, totaal} [kN]			12,48



Figuur 11: Belastingen verticale leuningwerk

3.4.1. Controle

$$N_{s;d} = 12,48 \text{ [kN]}$$

$$N_{pl;d} = 275 \text{ [kN]}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{1) Knik y-as} & & = (N_{s;d} / w_{buc} * N_{pl;d}) & & \leq 1 \\
 & & & = (12,48 / w_{buc} * 275) & & \leq 1 \\
 & & & = & & \leq 1 \\
 & w_{buc} & & = \text{Aflezen uit tabel 24, blz 119 van NEN 6770. Nodig : } \lambda_{rel} \\
 & \lambda_{rel} & & = \sqrt{(N_{pl;d} / F_{knik;y})} \\
 & F_{knik;y} & & = (\pi^2 * E * I_y) / L_{knik}^2 \\
 & & & = (\pi^2 * 2,1 * 10^8 * 1,272 * 10^{-6}) / 1,2^2 \\
 & & & = 1830,8 \text{ [kN]} \\
 & \text{2) } \lambda_{rel} & & = \sqrt{(N_{pl;d} / F_{knik;y})} \\
 & & & = \sqrt{(275 / 1830,8)} \\
 & & & = 0,39 \\
 & \text{3) } w_{buc} & & = \text{Aflezen uit tabel 24, blz 119 van NEN 6770.} \\
 & & & = 0,95 \text{ [-]} \\
 & \text{4) Knik y-as} & & = (N_{s;d} / w_{buc} * N_{pl;d}) & & \leq 1 \\
 & & & = (12,48 / 0,95 * 275) & & \leq 1 \\
 & & & = 0,05 & & \leq 1
 \end{aligned}$$

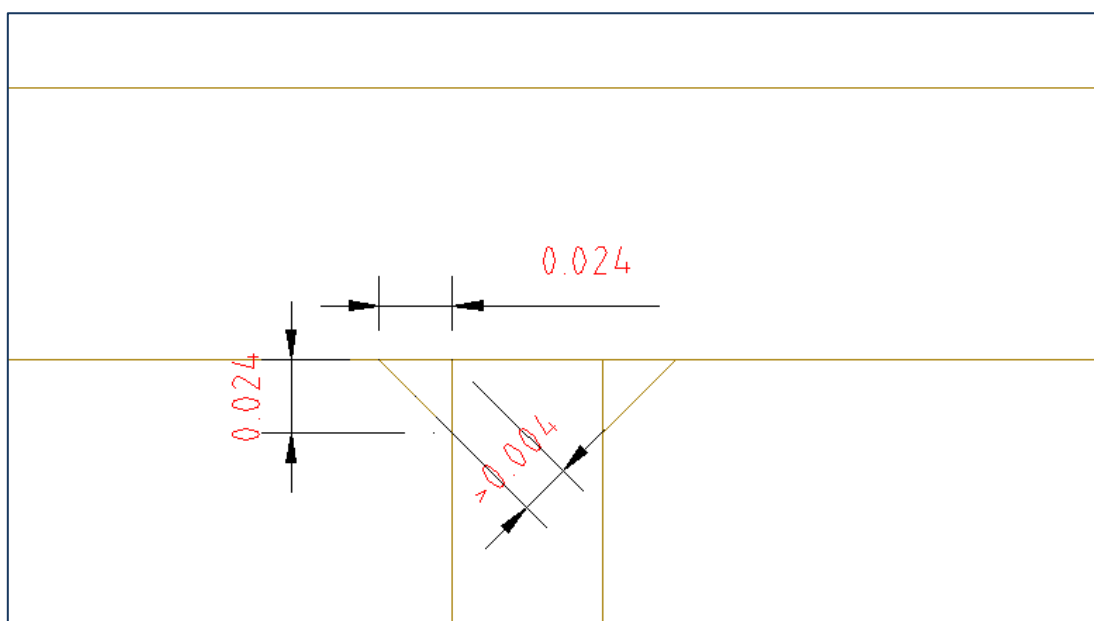
Voldoet

3.4.2. Conclusie

Het verticale leuningwerk voldoet aan alle eisen conform NEN 6760. Dit leuningwerk mag worden toegepast in het brugdek én beide aanlandingen.

¹⁸ Eis vanuit NEN 6760

3.5. Detaillering verbinding horizontaal – verticaal leuningwerk



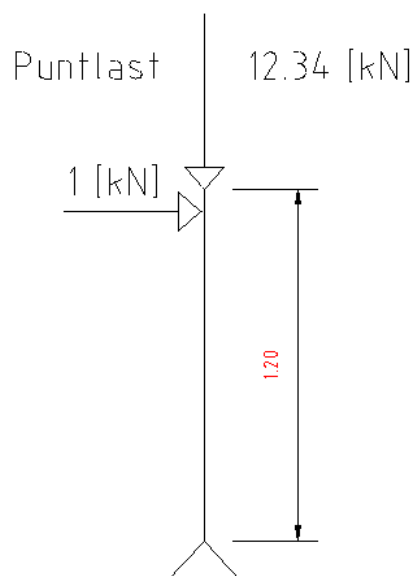
Figuur 12: Lasverbinding verbinding horizontaal met verticaal leuningwerk

3.5.1. Aanvullende randvoorwaarden

- Tussen horizontale en verticale leuningwerk worden stompe lassen met spleet toegepast. Deze dienen berekend te worden als hoeklassen.
- De berekening geschiedt conform paragraaf 10.37 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk.

3.5.2. Belastingen (Conform NEN 6702)

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
Verticale puntlasten door horizontaal leuningwerk	$4,62 \text{ [kN/m]} * 2 * 0,5 * 2,67 = 12,34 \text{ [kN]}$	[-]	12,34
F _{rep;vert;totaal} [kN]			12,34
Horizontale puntlast op leuningwerk		F _{rep;hor;totaal} [kN]	1



Figuur 13: Belastingen op lasverbinding

3.5.3. Controle

Te hanteren formule(s);

$$\sigma(w; s; d) = \frac{F(d)}{a \cdot l(ef)} \quad \text{en de eis (conform NEN 6760):} \quad \sigma(w; s; d) \leq f(w; u; d)$$

Waarbij:

$\sigma(w; s; d)$ = gemiddelde spanning (rekwaarde) ten gevolge van de belasting onafhankelijk van de richting.

$F(d)$ = belasting (rekenwaarde) = 12,48 [kN]

a = lasdikte = 4 [mm]

$l(ef)$ = effectieve laslengte ($6 \cdot a$) = 24 [mm]

$f(w; u; d) = 0,46 \cdot \frac{f(t; d)}{\beta} = 0,46 \cdot \frac{430}{0,85} = 232,7 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

Invullen levert:
$$\sigma(w; s; d) = \frac{F(d)}{a \cdot l(ef)} = \frac{12,34 \cdot 10^3}{4 \cdot 24} = 129 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

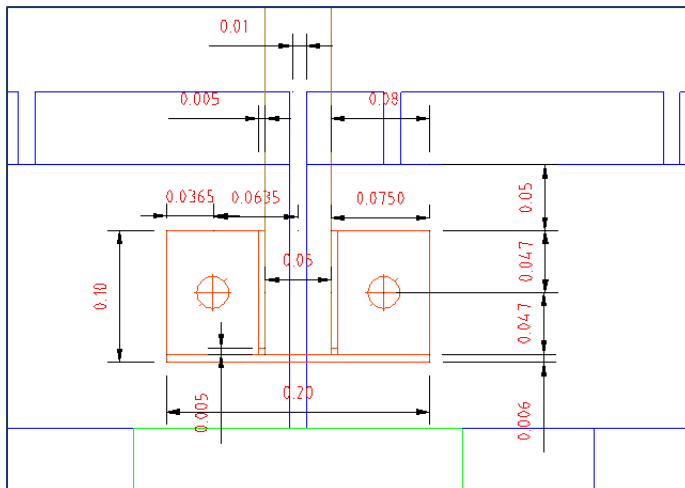
$$\sigma(w; s; d) \leq f(w; u; d) \\ 129 \leq 232,7$$

voldoet

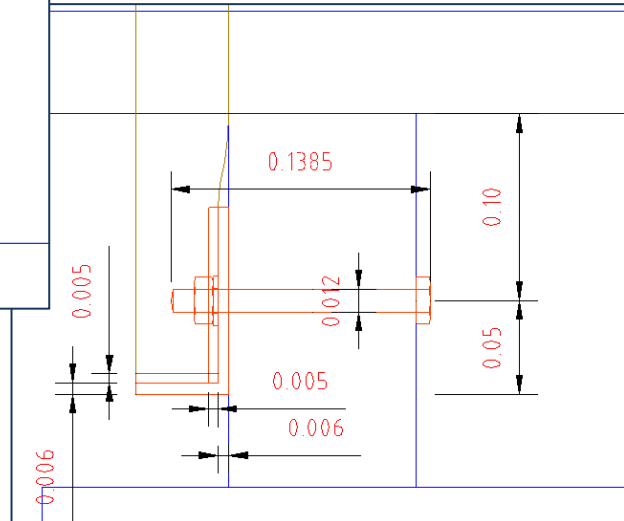
3.5.4. Conclusie

Het laswerk voldoet aan alle eisen conform NEN 6760. Dit laswerk mag worden toegepast in het brugdek én beide aanlandingen.

3.6. Detaillering verbinding (verticaal) leuningwerk met langsligger



Figuur 14: Bout- en lasverbinding in vooraanzicht



Figuur 15: Bout- en lasverbinding in zij aanzicht

3.6.1. Aanvullende randvoorwaarden

- Om het leuningwerk te verbinden met de langsligger wordt gebruik gemaakt van de combinatie laswerk en boutverbindingen. Om tot de uiteindelijke verbinding te komen, moeten de volgende stappen worden ondernomen:
 - 1) Ten eerste worden de onderste 100 [mm] van elke verticale leuningstijl (dikte 50 [mm]) platgewalst tot een dikte van 44 [mm]. Dit gebeurt in de vorm van een inkeping, zie figuur 15.
 - 2) Tussen het platgewalste gedeelte van de leuningstijl en de langsligger wordt een hoekstaal gelegd. De plaat maakt optimaal contact (vlak) met het platgewalste stuk leuningstijl én de langsligger aan de linker en rechter zijde van de leuningstijl. De hoekstaal is ongelijkbenig en heeft een afmeting van (h x b x l x t) 100 x 50 x 200 x 6 [mm].
 - 3) De verticale leuningstijl wordt op drie plaatsen aan de hoekstaal vast gelast. Dit zal aan de linker-, rechter- en onderzijde van de leuningstijl zijn, opdat deze als plaatsvast kan worden beschouwd.
 - 4) De hoekstaal wordt aan de linker- en rechterzijde van de leuningstijl door middel van een boutverbinding vastgemaakt aan de langsligger. In dit bouwproces is er de keuze gemaakt om het leuningwerk precies tussen de brugdek- en aanlandingselementen te bevestigen zodat het leuningwerk een verbinding vormt tussen beide elementen. De reden hiervan is een verbetering van de algehele constructiesamenhang en sterkte.
- Tussen het verticale leuningwerk en de hoekstaal worden stompe lassen met spleet toegepast met lasdikte $a = 3$ [mm]. Deze dienen berekend te worden als hoeklassen.
- Er worden platen en bouten toegepast, met de volgende eigenschappen;

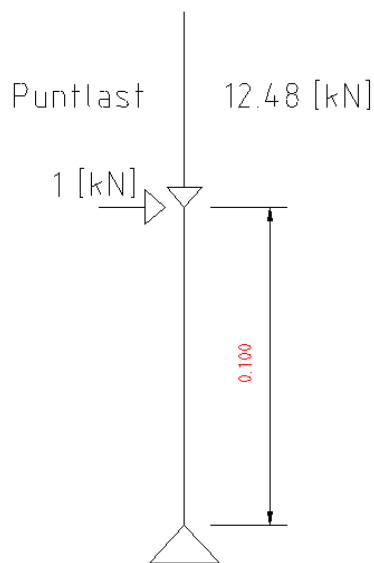
Hoekstaal: ongelijkbenig, (h x b x l x t) = 100 x 50 x 200 x 6 [mm]. (zie hoofdstuk 10 document *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*)

Bouten(/moeren/sluitringen): kwaliteit/sterkteklasse; 4.6, type: M12 (zie hoofdstuk 10 document *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*)

- De berekeningen geschieden conform paragraaf 10.23 t/m 10.25 en 10.37 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk.

3.6.2. Belastingen (Conform NEN 6702)

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
Verticale puntlast eigen gewicht	0,10 [kN/m] * 1,2 [m] = 0,12 [kN]	1,2	0,14
Verticale puntlasten door horizontaal leuningwerk	4,62 [kN/m] * 2 * 0,5 * 2,67 = 12,34 [kN]	[-]	12,34
F _{rep;vert;totaal} [kN]			12,48
Horizontale puntlast op leuningwerk		F _{rep;hor;totaal} [kN]	1



Figuur 16: Belastingen op lasverbinding

3.6.3. Controle laswerk

Te hanteren formule(s);

$$\sigma(w; s; d) = \frac{F(d)}{a \cdot l(ef)} \quad \text{en de eis (conform NEN 6760):} \quad \sigma(w; s; d) \leq f(w; u; d)$$

Waarbij:

$\sigma(w; s; d)$ = gemiddelde spanning (rekwaarde) ten gevolge van de belasting onafhankelijk van de richting.

$$F(d) = \text{belasting (rekenwaarde)} = 12,48 \text{ [kN]}$$

$$a = \text{lasdikte} = 3 \text{ [mm]}$$

$$l(ef) = \text{effectieve laslengte (6*a) / hoogte hoekstaal} = 100 \text{ [mm]}$$

$$f(w; u; d) = 0,46 * \frac{f(t; d)}{\beta} = 0,46 * \frac{430}{0,85} = 232,7 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\text{Invullen levert:} \quad \sigma(w; s; d) = \frac{F(d)}{a \cdot l(ef)} = \frac{12,48 * 10^3}{3 * 100} = 41,6 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma(w; s; d) \leq f(w; u; d)$$

$$41,6 \leq 232,7$$

voldoet

3.6.4. Controle boutverbinding (conform NEN 6770)

Stuik:

Formule: $F_{c;u;d} = 2 * \alpha_c * f_{t;d} * d_{b;nom} * t$

Eis: $\frac{F_{c;s;d}}{F_{c;u;d}} \leq 1$

Waarbij:	$F_{c;s;d}$ = onderhevige stuikkracht [kN]	= 12,48 / 4 = 3,12 [kN]
	$F_{c;u;d}$ = Grensstuikkracht [N] of [kN]	=
	α_c = stuikfactor	= 0,65 [-]
	$f_{t;d}$ = treksterkte te verbinden materiaal	= 30 [N/mm ²]
	$d_{b;nom}$ = nominale boutdiameter	= 12 [mm]
	t = dikte van de te verbinden plaat	= 100 [mm]

Invullen levert:

$$F_{c;u;d} = 2 * \alpha_c * f_{t;d} * d_{b;nom} * t$$

$$F_{c;u;d} = 2 * 0,65 * 30 * 12 * 100$$

$$F_{c;u;d} = 46.800 \text{ [N]} = 46,8 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{c;s;d}}{F_{c;u;d}} \leq 1$$

$$\frac{3,12}{46,8} \leq 1$$

voldoet

Afschuiving

Formule: $F_{v;u;d} = 0,48 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$

Eis: $\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} \leq 1$

Waarbij:	$F_{v;s;d}$ = onderhevige afschuivingskracht [kN]	= 12,48 / 4 = 3,12 [kN]
	$F_{v;u;d}$ = Grensschuifkracht [N] of [kN]	=
	$f_{t;b;d}$ = treksterkte van de bout	= 400 [N/mm ²]
	$A_{b;s}$ = spanningsdoorsnede bout	= 84,3 [mm ²]

Invullen levert:

$$F_{v;u;d} = 0,48 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$$

$$F_{v;u;d} = 0,48 * 400 * 84,3$$

$$F_{v;u;d} = 16.186 \text{ [N]} = 16,2 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} \leq 1$$

$$\frac{3,12}{16,2} \leq 1$$

voldoet

Trek

Formule: $F_{t;u;d} = 0,72 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$

Eis: $\frac{F_{t;s;d}}{F_{t;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{t;s;d}$ = onderhevige trekkracht [kN] = 12,48 / 4
= 3,12 [kN]

$F_{t;u;d}$ = Grenstrekkkracht [N] of [kN] =
 $f_{t;b;d}$ = treksterkte van de bout = 400 [N/mm²]
 $A_{b;s}$ = spanningsdoorsnede bout = 84,3 [mm²]

Invullen levert:

$F_{t;u;d} = 0,72 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$
 $F_{t;u;d} = 0,72 * 400 * 84,3$
 $F_{t;u;d} = 24.278 \text{ [N]} = 24,3 \text{ [kN]}$

$\frac{F_{t;s;d}}{F_{t;u;d}} \leq 1$

$\frac{3,12}{24,3} \leq 1$

voldoet

Combinatie trek en afschuiving

Eis: $\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} + \frac{F_{t;s;d}}{1,4 * F_{t;u;d}} \leq 1$

Invullen levert:

$\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} + \frac{F_{t;s;d}}{1,4 * F_{t;u;d}} \leq 1$

$\frac{3,12}{16,2} + \frac{3,12}{1,4 * 24,3} \leq 1$

voldoet

3.6.5. Conclusie

Het laswerk en de boutverbinding voldoen aan alle eisen conform NEN 6760. Deze twee verbindingen mogen worden toegepast in het brugdek én beide aanlandingen.

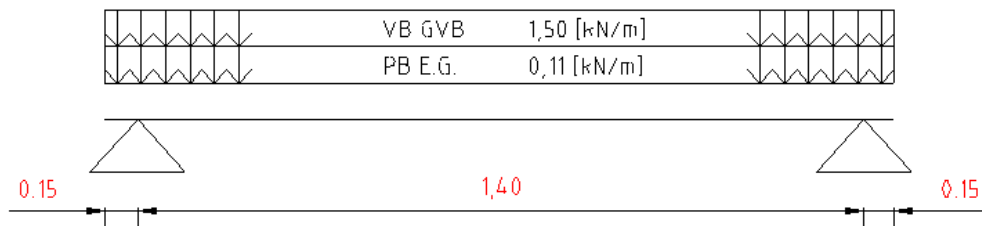
4. BEREKENINGEN DEKDELEN

4.1. Eigenschappen

Hout sterkteklasse	= D30
Afmetingen drager (h x b)	= 55 x 200 [mm]
Lengte drager (excl. oversten) L	= 1,40 [m]
Oppervlakte drager A	= 11.000 [mm ²]
Gewicht drager G	= 8 [kN/m ³]
Elasticiteitsmodulus E	= 9000 [N/mm ²] * 0,9 (red. factor voor vochtige omgeving)
	= 8100 [N/mm ²]
I _y drager ((1/12) * b * h ³)	= 2,7 * 10 ⁶ [mm ⁴]
W _y drager ((1/6) * b * h ²)	= 1,01 * 10 ⁵ [mm ³]

4.2. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	q _{rep} [kN/m]
Eigen gewicht	8 [kN/m ³] * 0,2 [m] * 0,055 [m] = 0,09 [kN/m]	1,2	0,11
Gelijkmatig verdeelde belasting (GVB)	5 [kN/m ²] * 0,2 [m] = 1,0 [kN/m]	1,5	1,50
q _{rep; totaal} [kN/m]			1,61



Figuur 17: Belastingen dekdelen

4.3. Controle

$$V_{\max;d} = (1/2) * q_{\text{rep; totaal}} * L = (1/2) * 1,40 * 1,61 = 1,12 \text{ [kN]}$$

$$M_{\max;d} = (1/8) * q_{\text{rep; totaal}} * L^2 = (1/8) * 1,40 * 1,61^2 = 0,45 \text{ [kNm]}$$

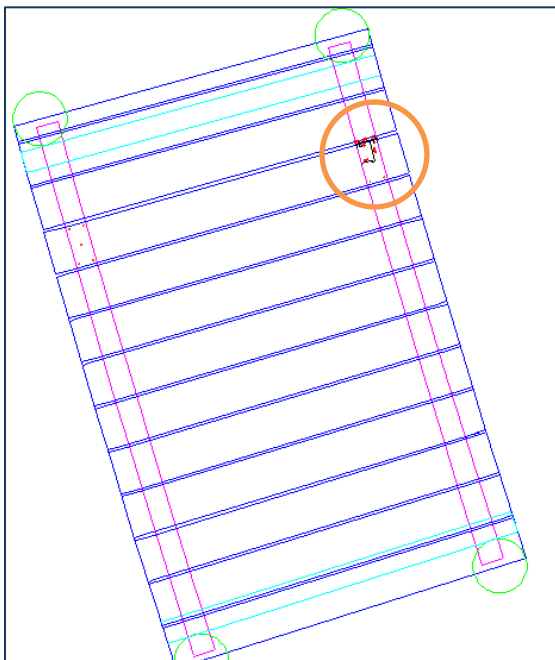
<u>Eis¹⁹</u>		
Max. buigspanning σ_d	$= M_d / W_y$ $= 0,45 * 10^6 / 1,01 * 10^5$ $= 4,45 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{m;u;d}$ $< 16,9 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 16,9 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. schuifspanning τ_d	$= V_{\max;d} / A$ $= 1,12 * 10^3 / 200 * 55$ $= 0,10 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{v;u;d}$ $< 1,69 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 1,69 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. verplaatsing δ_{midden}	$= ((5/384) * q_{\text{rep; totaal}} * L^4) / (E * I)$ $= ((5/384) * 1,61 * 1400^4) / (8100 * 2,7 * 10^6)$ $= 3,7 \text{ [mm]}$	$< 1/250 * L$ $< 1/250 * 1400$ $< 5,6 \text{ [mm]}$

¹⁹ Eis vanuit NEN 6760

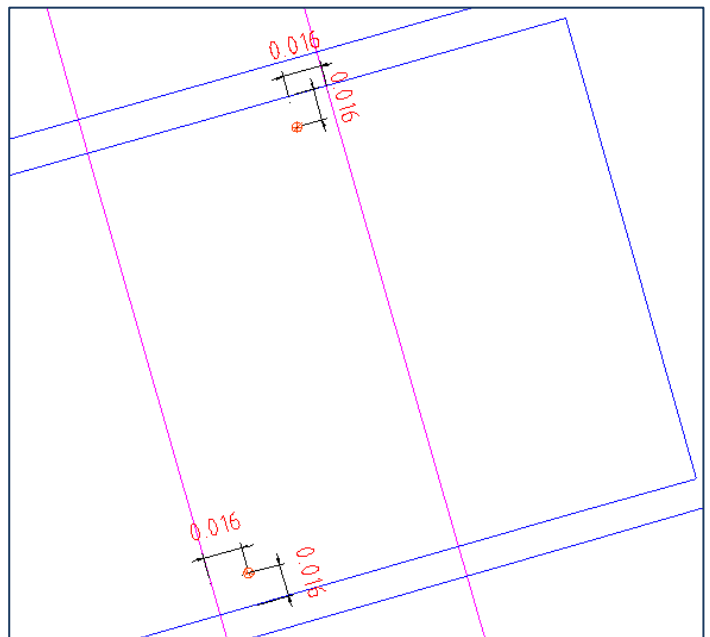
4.4. Detaillering verbinding dekdelen met langsligger

4.4.1. Aanvullende randvoorwaarden

- Zowel op de aanlandingsconstructie als op het brugdek worden identieke verbindingen toegepast. Dit dient het vereenvoudigen van het bouwproces ten doel.
- De dimensionering en sterktecontrole van de houtschroeven geschiedt conform de paragrafen 9.20 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk en NEN 6762, par. 5.3.
- Als verbindende constructies worden houtschroeven toegepast, met de volgende eigenschappen; diameter = 4 [mm], voorboren met boorkopdiameter 2,8 [mm], onderlinge afstand $a_o = 60$ [mm] en $a_{90} = 100$ [mm] (zie paragraaf 9.20 uit het document *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*).
- De maatgevende horizontale belasting (incl. veiligheidsfactor) bedraagt $f_{h;u;d} = 2,25$ [kN] (conform NEN 6706, 8.3)



Figuur 18: Boveenaanzicht dekdelen op brugdekelement (waarbij: lichtblauw = dwarsdrager, roze = langsligger, donkerblauw = dekdeel, groen = paal, oranje = figuur 19)



Figuur 19: Boveenaanzicht dimensionering houtschroeven

4.4.2. Controle

Stuik Voor voorgeboorde houtschroeven geldt: $f_{emb;rep} = 0,09 * \rho_{rep} * (d_{nom})^{-0,36}$

Waarbij: $f_{emb;rep}$ = representatieve stuiksterkte [kg/m^2]
 ρ_{rep} = volumieke massa te verbinden houtsoort = 800 [kg/m^3]
 d_{nom} = nominale middellijn verbindingsmiddel = $0,004$ [m]

Eis: $f_{h;u;d} \leq f_{emb;rep}$

Invullen levert: $f_{emb;rep} = 0,09 * \rho_{rep} * (d_{nom})^{-0,36}$
 $f_{emb;rep} = 0,09 * 800 * (0,004)^{-0,36}$
 $f_{emb;rep} = 525,5$ [kg/m^2]
 $f_{emb;rep} = 5,26$ [kN/m^2]

$f_{h;u;d} \leq f_{emb;rep}$
 $2,25 \leq 5,26$

voldoet

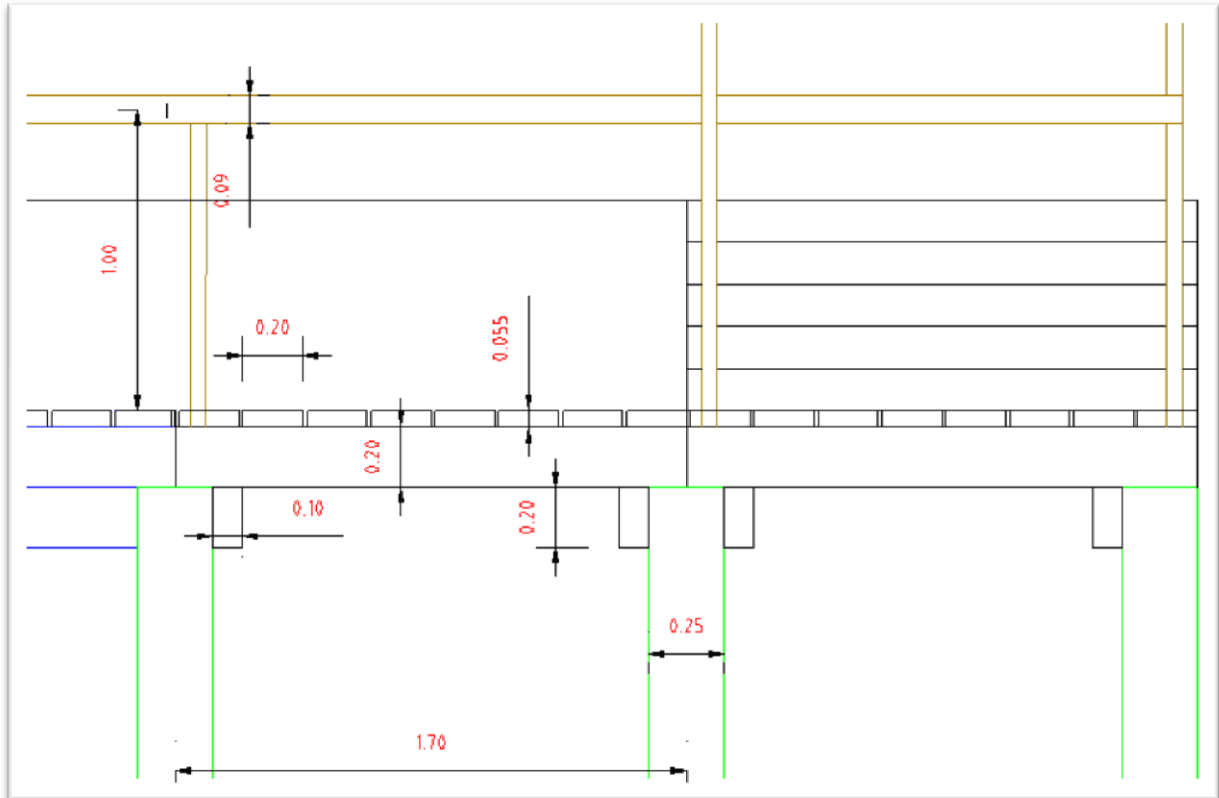
Sterkte	Voor voorgeboorde houtschroeven geldt: $f_{a,t;k} = 40 * (20 - d_{nom})$
Waarbij:	$f_{a,t;k}$ = getalwaarde van de karakteristieke waarde van de treksterkte van het staal in $[N/mm^2]$ d_{nom} = nominale middellijn verbindingsmiddel = 0,004 [m]
Eis:	De karakteristieke waarde voor de vloeigrens of 0,2 % rekgrens moet ten minste gelijk zijn aan 90 % van de karakteristieke waarde van de treksterkte, kortom: $F_{vloeii;u;d} \leq 0,9 * f_{a,t;k}$
Invullen levert:	$f_{a,t;k} = 40 * (20 - d_{nom})$ $f_{a,t;k} = 40 * (20 - 4)$ $f_{a,t;k} = 640$ $F_{vloeii;u;d} \leq 0,9 * f_{a,t;k}$ $275 \leq 0,9 * 640$ $275 \leq 576$
	<u>voldoet</u>

4.5. Conclusie

De dekdelen en haar verbindingen voldoen aan alle eisen conform NEN 6760 en NEN 6762. De dekdelen en haar verbindingen mogen worden toegepast in het brugdek én beide aanlandingen.

5. BEREKENINGEN AANLANDINGEN

5.1. Maatgevende Langsligger



Figuur 20: De aanlanding in zijaanzicht

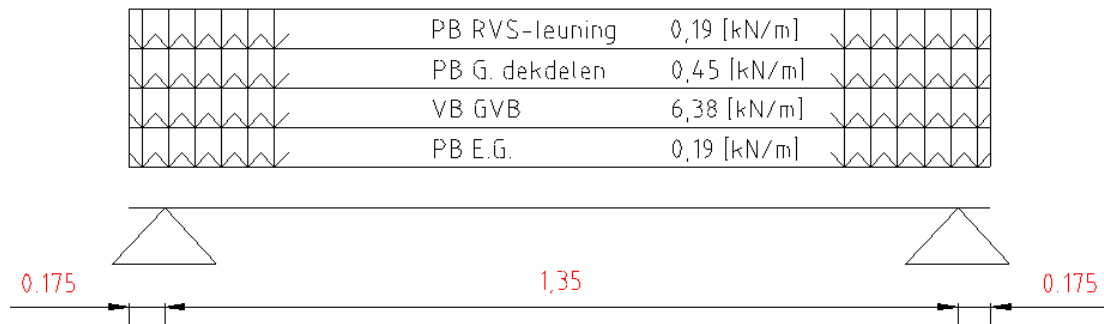
5.1.1. Eigenschappen

Hout sterkteklasse	= D50
Afmetingen ligger (h x b)	= 200 x 100 [mm]
Oppervlakte ligger A	= 20.000 [mm ²]
Gewicht ligger G	= 8 [kN/m ³]
Elasticiteitsmodulus E	= 9000 [N/mm ²] * 0,9 (red. factor voor vochtige omgeving)
	= 8100 [N/mm ²]
I _y drager ((1/12) * b * h ³)	= 6,7 * 10 ⁷ [mm ⁴]
W _y drager ((1/6) * b * h ²)	= 6,7 * 10 ⁵ [mm ³]

5.1.2. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	q _{rep} [kN/m]
PB - Eigen gewicht	8 [kN/m ³] * 0,2 [m] * 0,10 [m] = 0,16 [kN/m]	1,2	0,19
VB - Gelijkmatic verdelde belasting (GVB)	5 [kN/m ²] * 0,5 * 1,70 [m] = 4,25 [kN/m]	1,5	6,38
PB – Gewicht dekdelen	8 [kN/m ³] * 0,055 [m] * 0,5 * 1,70 [m] = 0,38 [kN/m]	1,2	0,45
PB – Gewicht leuningwerk	77,8 [kN/m ³] * 0,002 [m ²] = 0,16 [kN/m]	1,2	0,19
		q _{rep} : totaal [kN/m]	7,21

* Voor het verticale en horizontale leuningwerk samen, wordt een gemiddelde oppervlakte van 0,002 [m²/m] gehanteerd in de overige berekeningen.



Figuur 21: Belastingen op langsligger

5.1.3. Controle

$$V_{\max;d} = (1/2) * q_{\text{rep; totaal}} * L = (1/2) * 7,21 * 1,35 = 4,87 \text{ [kN]}$$

$$M_{\max;d} = (1/8) * q_{\text{rep; totaal}} * L^2 = (1/8) * 7,21 * 1,35^2 = 1,64 \text{ [kNm]}$$

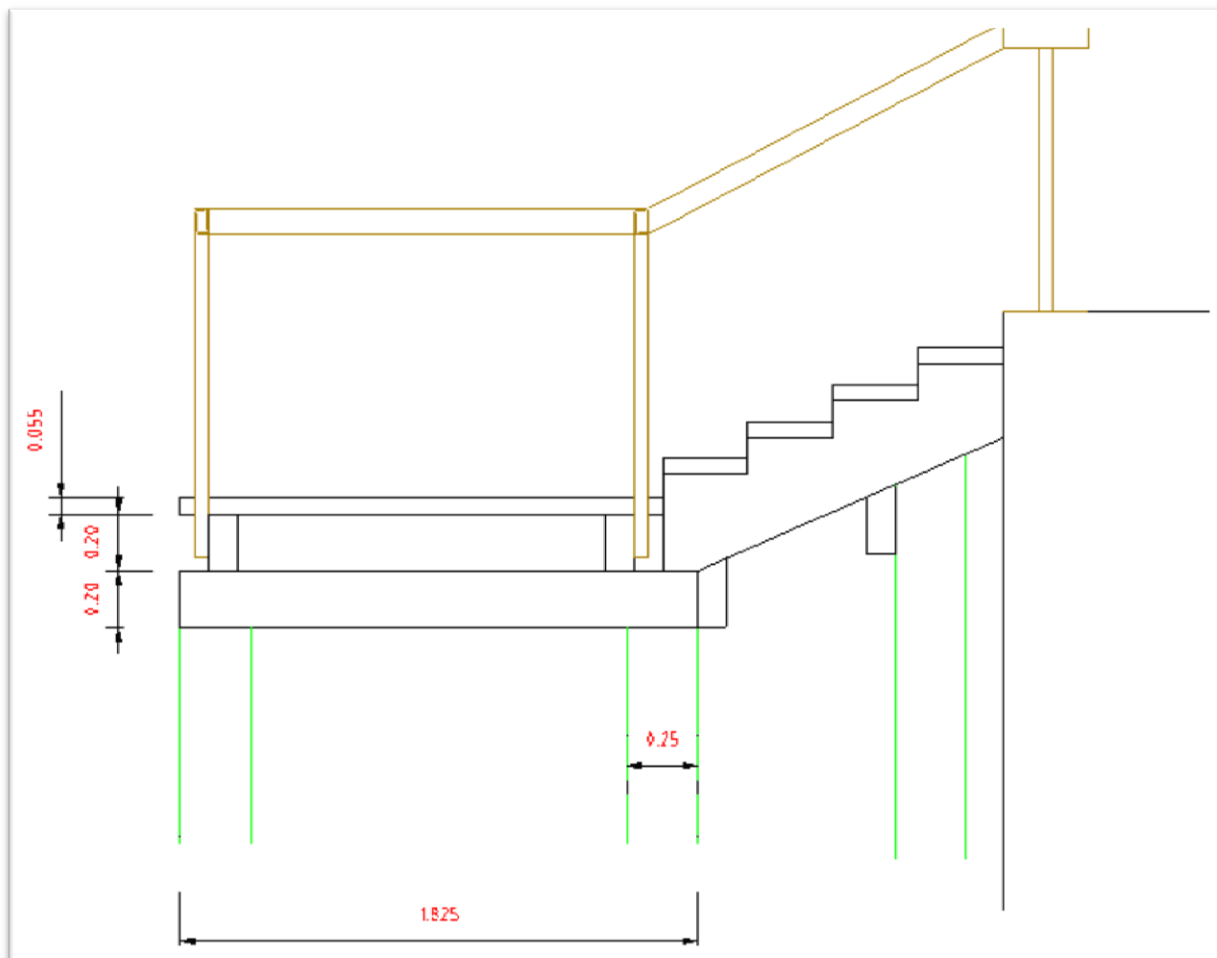
		Eis
Max. buigspanning σ_d	$= M_d / W_y$ $= 1,64 * 10^6 / 6,7 * 10^5$ $= 2,46 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{t,m;u;d}$ $< 28,1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 28,1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. schuifspanning τ_d	$= V_{\max;d} / A$ $= 4,87 * 10^3 / 200 * 100$ $= 0,24 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{v;u;d}$ $< 2,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 2,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. verplaatsing δ_{midden}	$= ((5/384) * q_{\text{rep; totaal}} * L^4) / (E * I)$ $= ((5/384) * 7,21 * 1350^4) / (8100 * 6,7 * 10^7)$ $= 0,58 \text{ [mm]}$	$< 1/250 * L$ $< 1/250 * 1350$ $< 5,4 \text{ [mm]}$

5.1.4. Conclusie

De maatgevende langsligger voldoet ruimschoots aan alle eisen conform NEN 6760. De maatgevende langsligger mag worden toegepast in beide aanlandingen.

De langsligger wordt toegepast ondanks dat deze overgedimensioneerd is. Deze overdimensionering wordt verantwoord met het gebruik van planken met standaardafmetingen (uitvoering is eenduidiger, door de aanwezigheid van minder typen balken) én de wens om een extra veiligheidsmarge in te bouwen in verband met onverwachte belastingen.

5.2. Maatgevende Dwarsdrager



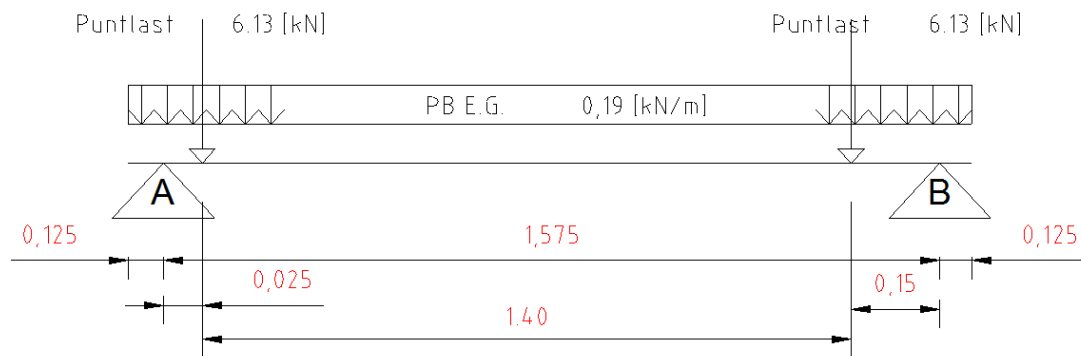
Figuur 22: De aanlanding in vooraanzicht

5.2.1. Eigenschappen

Hout sterkteklasse	= D50
Afmetingen drager (h x b)	= 200 x 100 [mm]
Oppervlakte drager A	= 20.000 [mm ²]
Gewicht drager G	= 8 [kN/m ³]
Elasticiteitsmodulus E	= 9000 [N/mm ²] * 0,9 (red. factor voor vochtige omgeving)
	= 8100 [N/mm ²]
I _y drager ((1/12) * b * h ³)	= 6,7 * 10 ⁷ [mm ⁴]
W _y drager ((1/6) * b * h ²)	= 6,7 * 10 ⁵ [mm ³]

5.2.2. Belastingen

	Belastingen	Bel. factor	q _{rep} [kN/m]
PB - Eigen gewicht	8 [kN/m ³] * 0,2 [m] * 0,10 [m] = 0,16 [kN/m]	1,2	0,19
PB – Punlasten langsligger	0,5 * q _{totaal} * L 0,5 * 7,21 [kN/m] * 1,70 [m] = 6,13 [kN]	-	-
q _{rep; totaal} [kN/m]			0,19



Figuur 23: Belastingen op dwarsdrager

5.2.3. Controle

$$\begin{aligned}\Sigma F_v &= 0; & -A_v + 6,13 + (1,825 \cdot 0,19) + 6,13 - B_v &= 0 \\ & & A_v + B_v &= 12,61 \text{ kN} \\ \Sigma T_A &= 0; & -6,13 \cdot 0,025 - 0,35 \cdot 0,788 - 6,13 \cdot 1,575 + B_v \cdot 1,575 &= 0 \\ & & B_v &= 6,40 \text{ kN} \\ & & A_v &= 12,61 - 6,40 = 6,21 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\max;d} &= 6,4 \text{ [kN]} \\ M_{\max;d} &= 6,40 \cdot 1,575 = 10,1 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

		Eis
Max. buigspanning σ_d	$= M_d / W_y$ $= 10,1 \cdot 10^6 / 6,7 \cdot 10^5$ $= 15,04 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{t,m;u;d}$ $< 28,1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 28,1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. schuifspanning τ_d	$= V_{\max;d} / A$ $= 6,40 \cdot 10^3 / 200 \cdot 100$ $= 0,32 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{t,v;u;d}$ $< 2,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 2,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. verplaatsing δ_{midden}	$= ((5/384) \cdot q_{\text{rep; totaal}} \cdot L^4) / (E \cdot I)$ $= ((5/384) \cdot (12,61/1,575) \cdot 1575^4) / (8100 \cdot 6,7 \cdot 10^7)$ $= 1,18 \text{ [mm]}$	$< 1/250 \cdot L$ $< 6,3 \text{ [mm]}$

5.2.4. Conclusie

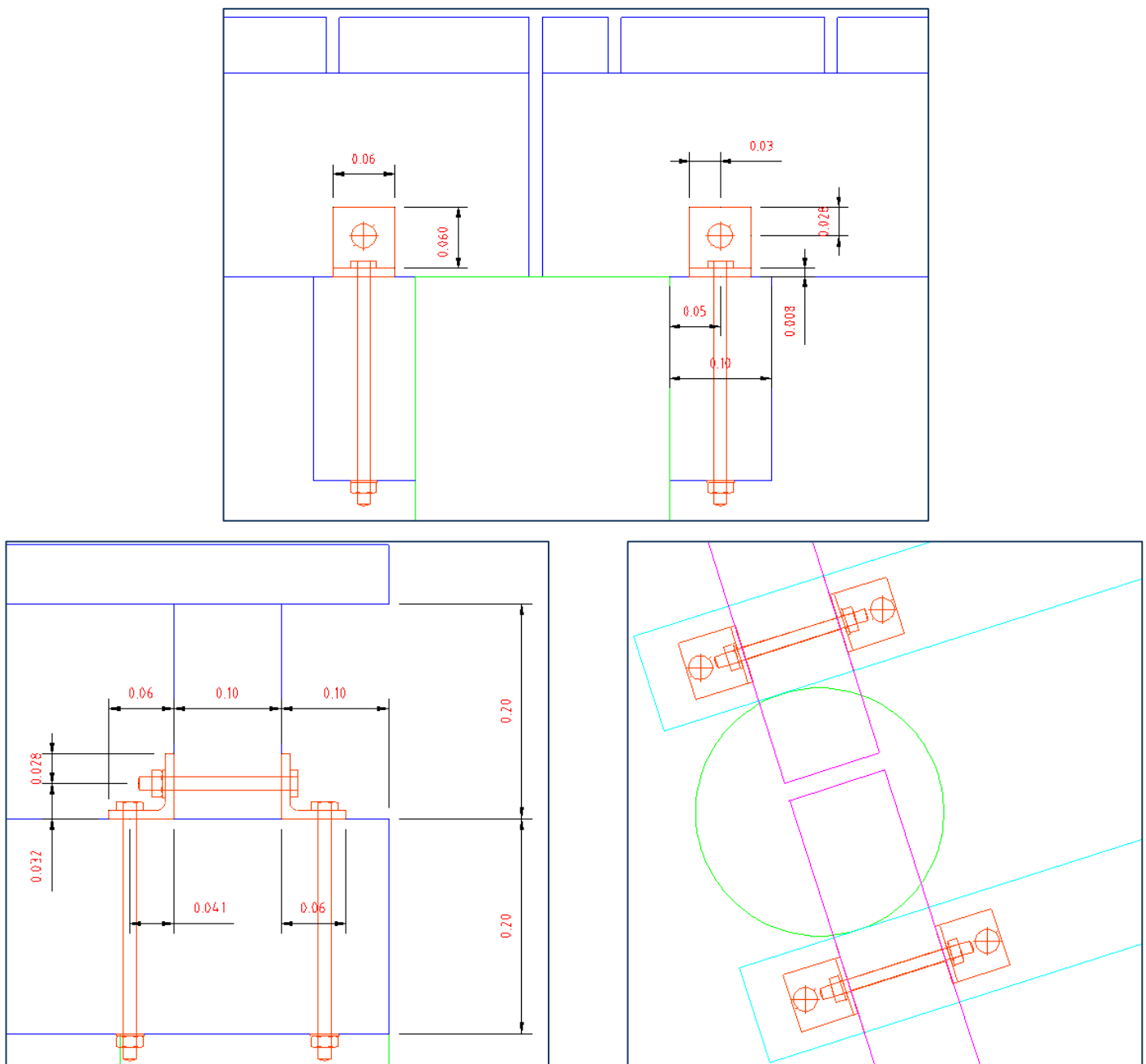
De maatgevende dwarsdrager voldoet ruimschoots aan alle eisen conform NEN 6760. De maatgevende langsligger mag worden toegepast in beide aanlandingen.

De dwarsdrager wordt toegepast ondanks dat deze overgedimensioneerd is. Deze overdimensionering wordt verantwoord met het gebruik van planken met standaardafmetingen (uitvoering is eenduidiger, door de aanwezigheid van minder typen balken) én de wens om een extra veiligheidsmarge in te bouwen in verband met onverwachte belastingen.

5.3. Detaillering verbinding langsligger met dwarsligger

5.3.1. Aanvullende randvoorwaarden

- Zowel op de aanlandingsconstructie als op het brugdek worden identieke verbindingen toegepast. Dit dient het vereenvoudigen van het bouwproces ten doel.
- De berekening geschiedt conform de paragrafen 10.23 t/m 10.25 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk.
- Als verbindende constructies worden hoekstalen en bouten toegepast, met de volgende eigenschappen;
Hoekstalen: gelijkbenig, $(h \times b \times t) = 60 \times 60 \times 5$ [mm], $r = 7$ [mm] (zie paragraaf 10.44 uit het document *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*)
Bouten(/moeren/sluitringen): kwaliteit/sterkteklasse; 4.6, type: M12 (zie hoofdstuk 10 document *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*)



Figuur 24(boven), 25(linksonder) & 26(rechtsonder): De verbindingen in resp. zij-, voor- en bovenaanzicht

5.3.2. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
Verticale maximale puntlast conform paragraaf 6.1.	9,63 [kN]	NVT	9,63
F _{rep,vert;totaal} [kN]			9,63

5.3.3. Controle (conform NEN 6770)

Stuik:

Formule: $F_{c;u;d} = 2 * \alpha_c * f_{t;d} * d_{b;nom} * t$

Eis: $\frac{F_{c;s;d}}{F_{c;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{c;s;d}$ = onderhevige stuikkracht [kN] = 9,63 / 2
= 4,82 [kN]

$F_{c;u;d}$ = Grensstuikkracht [N] of [kN] =
 α_c = stuikfactor = 0,483 [-]
 $f_{t;d}$ = treksterkte te verbinden materiaal = 30 [N/mm²]
 $d_{b;nom}$ = nominale boutdiameter = 12 [mm]
 t = dikte van de te verbinden plaat = 100 [mm]

Invullen levert:

$F_{c;u;d} = 2 * \alpha_c * f_{t;d} * d_{b;nom} * t$
 $F_{c;u;d} = 2 * 0,483 * 30 * 12 * 100$
 $F_{c;u;d} = 34776 [N] = 34,8 [kN]$

$\frac{F_{c;s;d}}{F_{c;u;d}} \leq 1$

$\frac{4,82}{34,8} \leq 1$

voldoet

Afschuiving

Formule: $F_{v;u;d} = 0,48 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$

Eis: $\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{v;s;d}$ = onderhevige afschuivingskracht [kN] = 9,63 / 2
= 4,82 [kN]

$F_{v;u;d}$ = Grensschuifkracht [N] of [kN] =
 $f_{t;b;d}$ = treksterkte van de bout = 400 [N/mm²]
 $A_{b;s}$ = spanningsdoorsnede bout = 84,3 [mm²]

Invullen levert:

$F_{v;u;d} = 0,48 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$
 $F_{v;u;d} = 0,48 * 400 * 84,3$
 $F_{v;u;d} = 16.186 [N] = 16,2 [kN]$

$\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} \leq 1$

$\frac{4,82}{16,2} \leq 1$

voldoet

Trek

Formule: $F_{t;u;d} = 0,72 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$

Eis: $\frac{F_{t;s;d}}{F_{t;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{t;s;d}$ = onderhevige trekkracht [kN] = 9,75 / 2
= 4,82 [kN]

$F_{t;u;d}$ = Grenstrekkkracht [N] of [kN] =
 $f_{t;b;d}$ = treksterkte van de bout = 400 [N/mm²]
 $A_{b;s}$ = spanningsdoorsnede bout = 84,3 [mm²]

Invullen levert:

$F_{t;u;d} = 0,72 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$
 $F_{t;u;d} = 0,72 * 400 * 84,3$
 $F_{t;u;d} = 24.278 \text{ [N]} = 24,3 \text{ [kN]}$

$\frac{F_{t;s;d}}{F_{t;u;d}} \leq 1$

$\frac{4,82}{24,3} \leq 1$

voldoet

Combinatie trek en afschuiving

Eis: $\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} + \frac{F_{t;s;d}}{1,4 * F_{t;u;d}} \leq 1$

Invullen levert:

$\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} + \frac{F_{t;s;d}}{1,4 * F_{t;u;d}} \leq 1$

$\frac{4,82}{16,2} + \frac{4,82}{1,4 * 24,3} \leq 1$

voldoet

5.3.4. Conclusie

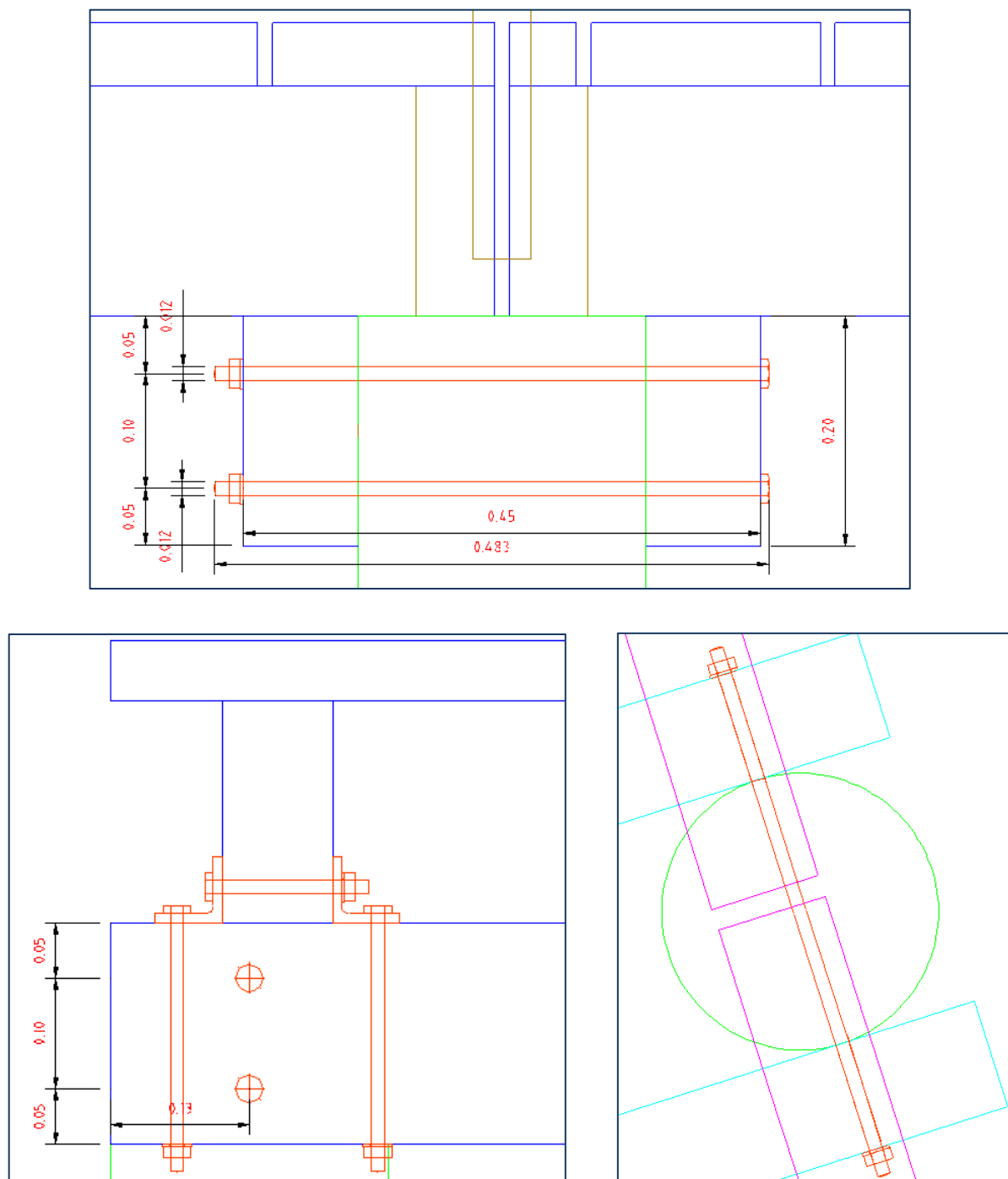
De verbinding voldoet aan alle eisen conform NEN 6760. Dit type verbinding mag worden toegepast in het brugdek én beide aanlandingen.

5.4. Detaillering verbinding dwarsligger met funderingspaal

5.4.1. Aanvullende randvoorwaarden

- Zowel op de aanlandingsconstructie als op het brugdek worden identieke verbindingen toegepast. Dit dient het vereenvoudigen van het bouwproces ten doel.
- De berekening geschiedt conform de paragrafen 10.23 t/m 10.25 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk.
- Als verbindende constructies worden bouten toegepast, met de volgende eigenschappen;

Bouten(/moeren/sluitringen): kwaliteit/sterkteklasse; 4.6, type: M12 (zie hoofdstuk 10 document *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*)



Figuur 27(boven), 28(linksonder) & 29(rechtsonder): De boutverbindingen in resp. zij-, voor- en bovenaanzicht

5.4.2. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
Verticale maximale puntlast conform paragraaf 6.2.	9,75 [kN] * 2	NVT	19,5
F _{rep,vert;totaal} [kN]			19,5

5.4.3. Controle (conform NEN 6770)

Stuik:

Formule: $F_{c;u;d} = 2 * \alpha_c * f_{t;d} * d_{b;nom} * t$

Eis: $\frac{F_{c;s;d}}{F_{c;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{c;s;d}$ = onderhevige stuikkracht [kN] = 19,5 / 4
= 4,88 [kN]

$F_{c;u;d}$ = Grensstuikkracht [N] of [kN] =
 α_c = stuikfactor = 0,483 [-]
 $f_{t;d}$ = treksterkte te verbinden materiaal = 30 [N/mm²]
 $d_{b;nom}$ = nominale boutdiameter = 12 [mm]
 t = dikte van de te verbinden plaat = 450 [mm]

Invullen levert:

$F_{c;u;d} = 2 * \alpha_c * f_{t;d} * d_{b;nom} * t$
 $F_{c;u;d} = 2 * 0,483 * 30 * 12 * 450$
 $F_{c;u;d} = 156.492 \text{ [N]} = 156,5 \text{ [kN]}$

$\frac{F_{c;s;d}}{F_{c;u;d}} \leq 1$

$\frac{4,88}{156,5} \leq 1$

voldoet

Afschuiving

Formule: $F_{v;u;d} = 0,48 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$

Eis: $\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{v;s;d}$ = onderhevige afschuivingskracht [kN] = 19,5 / 4
= 4,88 [kN]

$F_{v;u;d}$ = Grensschuifkracht [N] of [kN] =
 $f_{t;b;d}$ = treksterkte van de bout = 400 [N/mm²]
 $A_{b;s}$ = spanningsdoorsnede bout = 84,3 [mm²]

Invullen levert:

$F_{v;u;d} = 0,48 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$
 $F_{v;u;d} = 0,48 * 400 * 84,3$
 $F_{v;u;d} = 16.186 \text{ [N]} = 16,2 \text{ [kN]}$

$\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} \leq 1$

$\frac{4,88}{16,2} \leq 1$

voldoet

Trek

Formule: $F_{t;u;d} = 0,72 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$

Eis: $\frac{F_{t;s;d}}{F_{t;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{t;s;d}$ = onderhevige trekkracht [kN] = 19,5 / 4
= 4,88 [kN]

$F_{t;u;d}$ = Grenstrekkkracht [N] of [kN] =
 $f_{t;b;d}$ = treksterkte van de bout = 400 [N/mm²]
 $A_{b;s}$ = spanningsdoorsnede bout = 84,3 [mm²]

Invullen levert:

$F_{t;u;d} = 0,72 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$
 $F_{t;u;d} = 0,72 * 400 * 84,3$
 $F_{t;u;d} = 24.278 \text{ [N]} = 24,3 \text{ [kN]}$

$\frac{F_{t;s;d}}{F_{t;u;d}} \leq 1$

$\frac{4,88}{24,3} \leq 1$

voldoet

Combinatie trek en afschuiving

Eis: $\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} + \frac{F_{t;s;d}}{1,4 * F_{t;u;d}} \leq 1$

Invullen levert:

$\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} + \frac{F_{t;s;d}}{1,4 * F_{t;u;d}} \leq 1$

$\frac{4,88}{16,2} + \frac{4,88}{1,4 * 24,3} \leq 1$

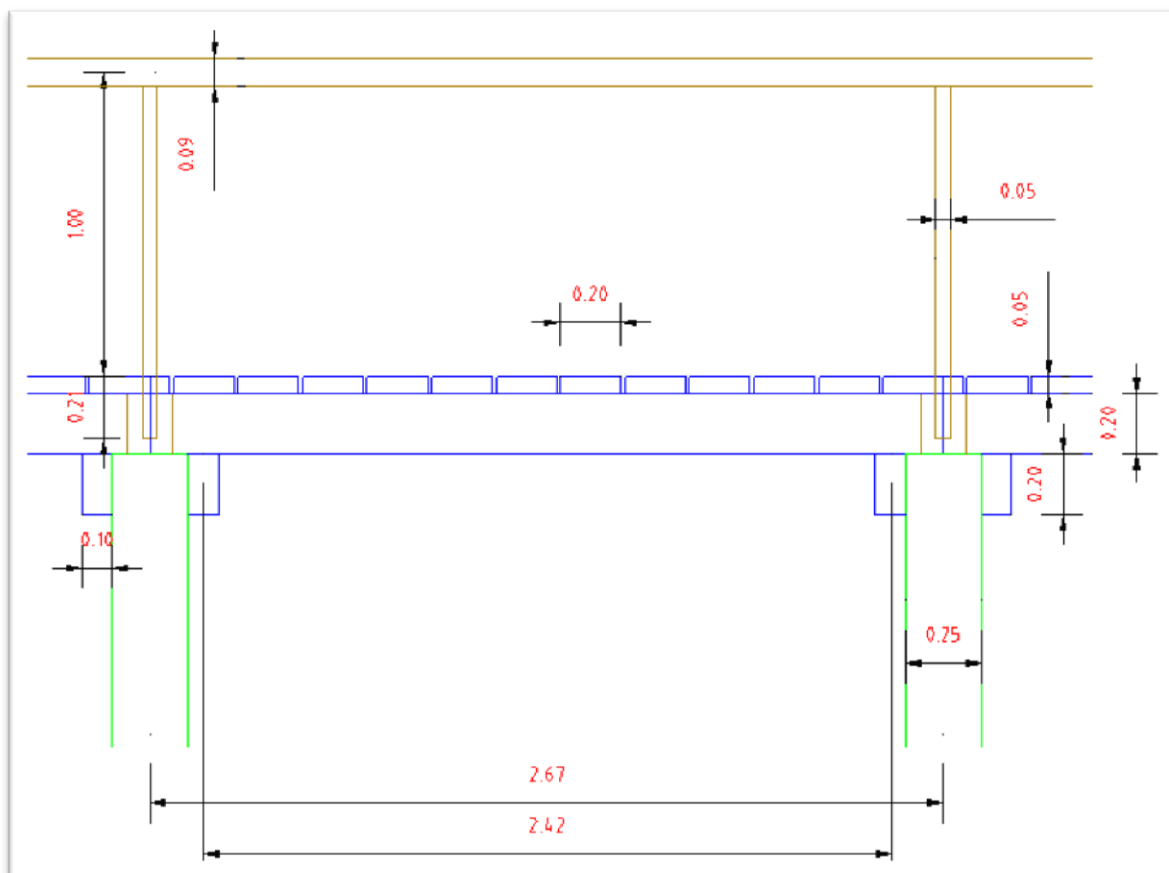
voldoet

5.4.4. Conclusie

De verbinding voldoet aan alle eisen conform NEN 6760. Dit type verbinding mag worden toegepast in het brugdek én beide aanlandingen.

6. BEREKENINGEN BRUGDEK

6.1. Maatgevende Langsligger



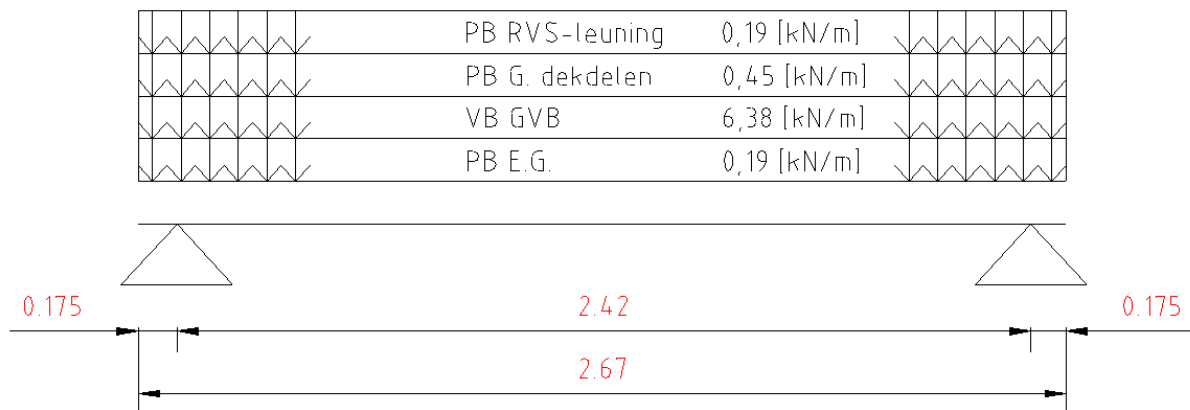
Figuur 30 Het brugdek in zijaanzicht

6.1.1. Eigenschappen

Hout sterkteklasse	= D50
Afmetingen ligger (h x b)	= 200 x 100 [mm]
Oppervlakte ligger A	= 20.000 [mm ²]
Gewicht ligger G	= 8 [kN/m ³]
Elasticiteitsmodulus E	= 9000 [N/mm ²] * 0,9 (red. factor voor vochtige omgeving)
	= 8100 [N/mm ²]
I_y drager ((1/12) * b * h ³)	= 6,7 * 10 ⁷ [mm ⁴]
W_y drager ((1/6) * b * h ²)	= 6,7 * 10 ⁵ [mm ³]

6.1.2. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	q _{rep} [kN/m]
PB - Eigen gewicht	8 [kN/m ³] * 0,2 [m] * 0,10 [m] = 0,16 [kN/m]	1,2	0,19
VB - Gelijkmatic verdeebe belastung (GVB)	5 [kN/m ²] * 0,5 * 1,70 [m] = 4,25 [kN/m]	1,5	6,38
PB – Gewicht dekdelen	8 [kN/m ³] * 0,2 [m] * 0,5 * 1,70 [m] = 0,38 [kN/m]	1,2	0,45
PB – Gewicht leuningwerk	77,8 [kN/m ³] * 0,002 [m ²] = 0,16 [kN/m]	1,2	0,19
q _{rep; totaal} [kN/m]			7,21



Figuur 31: Belastingen op langsligger

6.1.3. Controle

$$V_{\max;d} = (1/2) * q_{\text{rep; totaal}} * L = (1/2) * 7,21 * 2,67 = 9,63 \text{ [kN]}$$

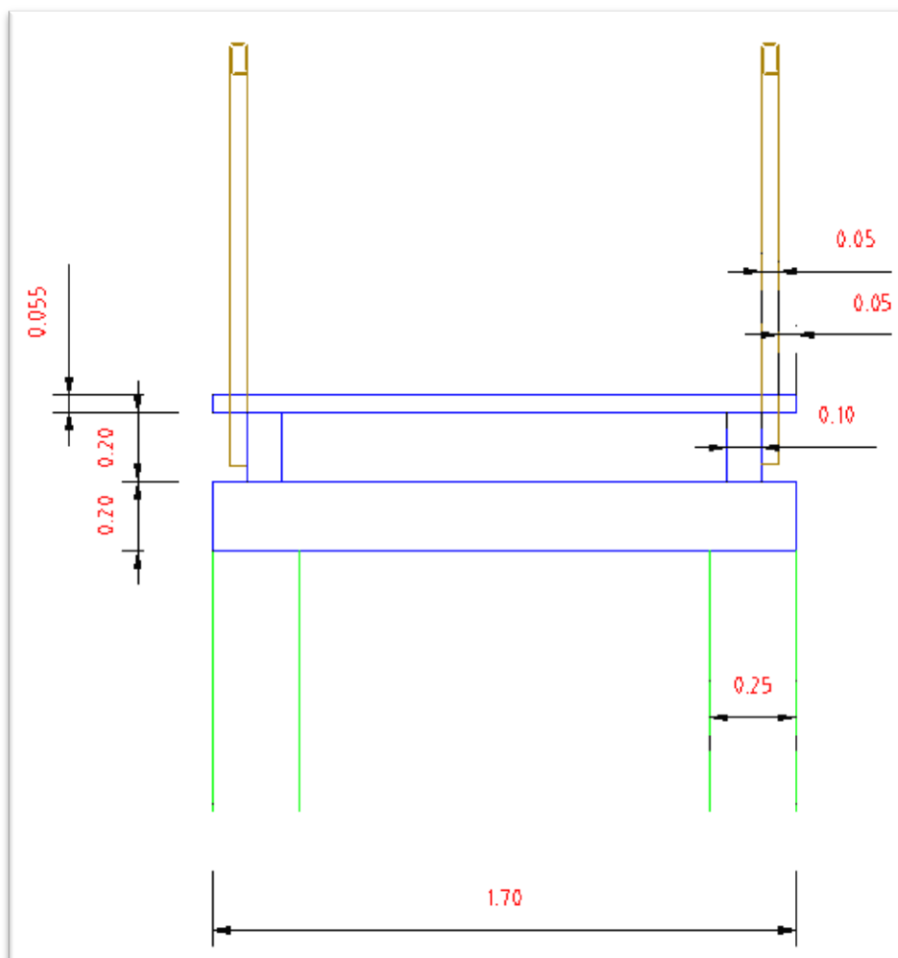
$$M_{\max;d} = (1/8) * q_{\text{rep; totaal}} * L^2 = (1/8) * 7,21 * 2,67^2 = 6,42 \text{ [kNm]}$$

		Eis
Max. buigspanning σ_d	$= M_d / W_y$ $= 6,42 * 10^6 / 6,7 * 10^5$ $= 9,58 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{m;u;d}$ $< 28,1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 28,1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. schuifspanning τ_d	$= V_{\max;d} / A$ $= 9,63 * 10^3 / 200 * 100$ $= 0,48 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{v;u;d}$ $< 2,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 2,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. verplaatsing δ_{midden}	$= ((5/384) * q_{\text{rep; totaal}} * L^4) / (E * I)$ $= ((5/384) * 7,21 * 2670^4) / (8100 * 6,7 * 10^7)$ $= 8,79 \text{ [mm]}$	$< 1/250 * L$ $< 1/250 * 2670$ $< 10,69 \text{ [mm]}$

6.1.4. Conclusie

De maatgevende langsligger voldoet ruimschoots aan alle eisen conform NEN 6760. De maatgevende langsligger mag worden toegepast in het brugdek.

6.2. Maatgevende Dwarsdrager



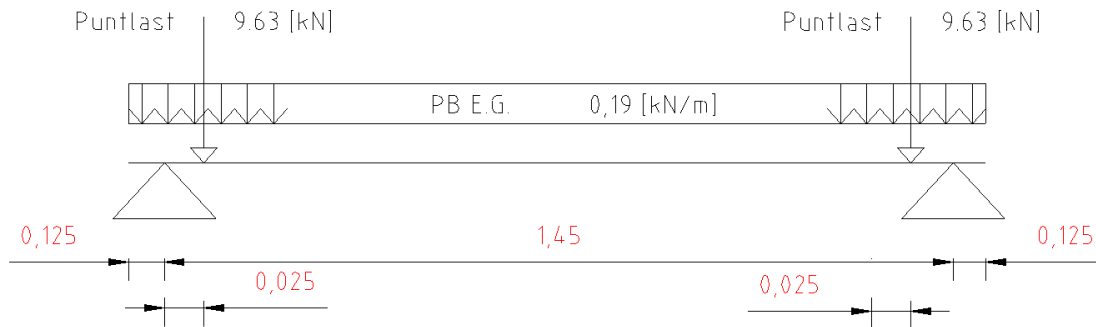
Figuur 32: Het brugdek in voorraanzicht

6.2.1. Eigenschappen

Hout sterkteklasse	= D50
Afmetingen drager (h x b)	= 200 x 100 [mm]
Oppervlakte drager A	= 20.000 [mm ²]
Gewicht drager G	= 8 [kN/m ³]
Elasticiteitsmodulus E	= 9000 [N/mm ²] * 0,9 (red. factor voor vochtige omgeving)
I_y drager ((1/12) * b * h ³)	= 6,7 * 10 ⁷ [mm ⁴]
W_y drager ((1/6) * b * h ²)	= 6,7 * 10 ⁵ [mm ³]

6.2.2. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	q_{rep} [kN/m]
PB - Eigen gewicht	$8 \text{ [kN/m}^3] * 0,2 \text{ [m]} * 0,10 \text{ [m]} = 0,16 \text{ [kN/m]}$	1,2	0,19
PB – Puntlasten langsligger	$0,5 * q_{totaal} * L$ $0,5 * 7,21 \text{ [kN/m]} * 2,67 \text{ [m]} = 9,63 \text{ [kN]}$	-	-
$q_{rep, totaal}$ [kN/m]			0,19



Figuur 33: Belastingen op dwarsdrager

6.2.3. Controle

$$\begin{aligned}\Sigma F_V=0; & -A_v + 9,63 + (1,45 \cdot 0,19) + 9,63 - B_v = 0 \\ & A_v + B_v = 19,5 \text{ [kN]} \\ \Sigma T_A=0; & -9,63 \cdot 0,025 - 0,32 \cdot 0,725 - 9,63 \cdot 1,425 + B_v \cdot 1,45 = 0 \\ & B_v = 9,75 \text{ kN} \\ & A_v = 19,5 - 9,75 = 9,75 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\max;d} & = 9,75 \text{ [kN]} \\ M_{\max;d} & = 9,75 \cdot 1,45 = 14,1 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

		Eis
Max. buigspanning σ_d	$= M_d / W_y$ $= 14,1 \cdot 10^6 / 6,7 \cdot 10^5$ $= 21,05 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{m;u;d}$ $< 28,1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 28,1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. schuifspanning τ_d	$= V_{\max;d} / A$ $= 9,75 \cdot 10^3 / 200 \cdot 100$ $= 0,49 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{v;u;d}$ $< 2,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 2,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. verplaatsing δ_{midden}	$= ((5/384) \cdot q_{\text{rep; totaal}} \cdot L^4) / (E \cdot I)$ $= ((5/384) \cdot (19,5/1,45) \cdot 1450^4) / (8100 \cdot 6,7 \cdot 10^7)$ $= 1,43 \text{ [mm]}$	$< 1/250 \cdot L$ $< 1/250 \cdot 1450$ $< 5,8 \text{ [mm]}$

6.2.4. Conclusie

De maatgevende dwarsdrager voldoet aan alle eisen conform NEN 6760. De maatgevende langsligger mag worden toegepast in het brugdek.

6.3. Detaillering verbinding langsligger met dwarsligger

Zie hoofdstuk 5.3. In dit hoofdstuk wordt de maatgevende situatie berekend. Om die reden wordt deze verbinding conform hoofdstuk 5.3. uitgevoerd.

7. FUNDERINGSBEREKENING

7.1. Randvoorwaarden Funderingsberekening

Bij de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Tekening VO vlonderbrug d.d. 19-04-2012 (zie bijlage II)
- De constructie is ingedeeld in geotechnische categorie 2.
- Sondering 1 (zie bijlage I)
 - q_{cl} = 15,2 [MPa]
 - q_{cII} = 12,7 [MPa]
 - q_{cIII} = 10,5 [MPa]
 - q_{cav} = 10,5 [MPa] = q_{cIII} ²⁰
- Grondverdringende stalen buispaal met gesloten punt Φ 250 mm (=D_{eq})
- Funderen vanaf het water en in beperkte ruimtes met de buispaal is mogelijk.
- Paalpuntniveau -15.00 m. NAP (paalpunt 8*diameter in dragende grondlaag)
- Belastingen / vervormingen conform: NEN 6702, 6706, 6720, 6723, 6740, 6743, 6760
 - Paalinstallatiefactor α_p = 1,0 [-]
 - Verh. schacht : voetfactor β = 1,0 [-]
 - Symmetriefactor s = 1,0 [-]
 - Inbrengmethodefactor α_s = 0,010 [-]
 - Hoev. Palen/Sond. factor ξ = 0,81 [-]
 - Design factor $Y_{m;b}$ = 1,25 [-]
 - Schuifspanningsfactor S_s = 0,25 [-]

7.2. Toelaatbare belasting op paalfundering

7.2.1. Draagkracht palen

De maximaal toelaatbare paalpuntspanning, en daarop aansluitend de draagkracht van de palen, wordt als volgt berekend:

$$\begin{aligned} \text{Max. Paalpuntspanning } \sigma_{r;punt;max} &= 0,5 * \alpha_p * \beta * s * ((q_{cl} + q_{cII}) * 0,5 + q_{cIII}) \\ &= 0,5 * 1 * 1 * 1 * ((15,2 + 12,7) * 0,5 + 10,5) \\ &= 12,23 \text{ [MPa]} = 12,23 \text{ [MN/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. Paalpuntkracht } F_{r;punt;max} &= \sigma_{r;punt;max} * A_{punt} \\ &= \sigma_{r;punt;max} * 0,25 * \pi * D_{eq}^2 \\ &= 12,23 * 0,25 * \pi * 0,25^2 \\ &= 0,60 \text{ [MN]} = 600 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. Schachtspanning } \sigma_{r;max;s} &= \alpha_s * q_{cav} \\ &= 0,01 * 10,5 \\ &= 0,105 \text{ [MN/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. Schachtkracht } F_{r;max;s} &= \sigma_{r;max;s} * A_{paal} \quad (A_{paal} = \text{omtrek} * L \text{ in dragende laag}) \\ &= \sigma_{r;max;s} * \pi * D_{eq} * L \\ &= 0,105 * \pi * 0,25 * 2 \\ &= 0,165 \text{ [MN]} = 165 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. Paalkracht } F_{r;max} &= F_{r;punt;max} + F_{r;max;s} \\ &= 600 + 165 \\ &= 765 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Repr. Max. Paalkracht } F_{r;rep} &= \xi * F_{r;max} \\ &= 0,81 * 765 \\ &= 620 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

²⁰ Dit geldt voor dit specifieke geval, dus niet altijd. Zie ook sondering 1 (bijlage I)

$$\begin{aligned}\text{Design Paalkracht } F_{r,d} &= F_{r,rep} / Y_{m;b} \\ &= 620 / 1,25 \\ &= 496 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

7.2.2. Negatieve Kleef

De bodem rondom de palen zorgt voor een extra druk naar beneden ('hangt' aan de palen). Dit fenomeen draagt de naam negatieve kleef en wordt als volgt stapsgewijs berekend:

Stap 1. Ten eerste wordt de bodemopbouw geïnterpreteerd.

Grondopbouw	Niveau maaiveld:	+1,1	[m. NAP]
	Grondwaterstand:	- 1,0	[m. NAP]

Laag	niveau (tov NAP)	Laagdikte (m)	grondsoort	specificaties
1	+1,1 m. tot +0,5 m.	0,6	Zand	matig fijn
2	+0,5 m tot 0,0 m.	0,5	Klei	matig zandhoudend
3	0,0 m. tot -0,4 m.	0,4	Klei	stevig puinhoudend
4	-0,4 m. tot -3,7 m.	3,3	kleiig zand	/
5	-3,7 m. tot -12,3 m.	8,6	Zand	middelgrof
6	-12,3 m. tot -13,0 m.	0,7	klei/venig klei	piek in grafiek
7	-13,0 m. tot -19,6 m.	6,6	Zand	middelgrof
8	-19,6 m. tot onbekend	/	/	/

Tabel 1: De grondopbouw volgens uit sondering 1 (zie bijlage I).

Stap 2. Als men figuur 1 in acht neemt, is het belangrijk op te merken, dat de grondopbouw nog moet worden aangepast aan de situatie waarin de funderingspalen zich zullen bevinden. Dat is de tweede stap;

Grondopbouw	Niveau waterbodem:	-1,35	[m. NAP]
	Grondwaterstand:	- 1,0	[m. NAP]

Laag	niveau (tov NAP)	Laagdikte (m)	grondsoort	specificaties
1	-1,35 m. tot -3,7 m.	2,35	kleiig zand	/
2	-3,7 m. tot -12,3 m.	8,6	Zand	middelgrof
3	-12,3 m. tot -13,0 m.	0,7	klei/venig klei	piek in grafiek
4	-13,0 m. tot -15,0 m.	2,0	Zand	middelgrof

Tabel 2: De grondopbouw uit figuur 1 vertaald naar de situatie van de funderingspalen.

Stap 3. Met behulp van de bodemopbouw is het nu zaak om de gemiddelde korrelspanning per laag te berekenen.;

Grondopbouw		Niveau waterbodem:		-1,35	[m. NAP]
		Grondwaterstand:		-1,00	[m. NAP]
Laag	niveau [tov NAP]	Laagdikte [m]	grondsoort	Volumieke massa grond γ_g (nat) [kN/m ³]	Eff. massa grond γ'_{eff} [kN/m ³]
1	-1,35 m. tot -3,7 m.	2,35	kleiig zand	17	7
2	-3,7 m. tot -12,3 m.	8,6	Zand	20	10
3	-12,3 m. tot -13,0 m.	0,7	klei/venig klei	14	4
4	-13,0 m. tot -15,0 m.	2,0	Zand	20	10
Laag	niveau [tov NAP]	Laagdikte [m]	Eff. massa grond γ'_{eff} [in kN/m ³]	σ (korrel) boven [kN/m ²] σ (korrel) onder [kN/m ²]	σ (korrel) gemiddeld [kN/m ²]
1	-1,35 m.	2,35	7	0,00	8,23
	-3,7 m.			16,45	
2	-3,7 m.	8,6	10	16,45	59,45
	-12,3 m.			102,45	
3	-12,3 m.	0,7	4	102,45	103,85
	-13,0 m.			105,25	
4	-13,0 m.	2,0	10	105,25	115,25
	-15,0 m.			125,25	

Tabel 3: Berekening van de gemiddelde korrelspanning per grondlaag.

Stap 4. Berekenen van de schuifkracht per grondlaag en vervolgens de totale schuifkracht van alle grondlagen. Deze totale schuifkracht staat gelijk aan de kracht veroorzaakt door de negatieve kleeft per paal;

$$\begin{aligned}
 \text{Schuifkracht } \sigma_{\text{schuif}} &= \sigma_{\text{korrel gemiddeld}} * \text{laagdikte} * S_s * \text{omtrek paal } (\pi * D) \\
 \text{Laag 1} &= 8,23 * 2,33 * 0,25 * \pi * 0,25 = 3,76 \text{ [kN]} \\
 \text{Laag 2} &= 59,45 * 8,6 * 0,25 * \pi * 0,25 = 100,39 \text{ [kN]} \\
 \text{Laag 3} &= 103,85 * 0,7 * 0,25 * \pi * 0,25 = 14,27 \text{ [kN]} \\
 \text{Laag 4} &= 115,25 * 2 * 0,25 * \pi * 0,25 = 45,26 \text{ [kN]} \\
 \text{Negatieve kleeft } K_n &\quad \text{Tot.} = 163,7 \text{ [kN]}
 \end{aligned}$$

7.2.3. Toelaatbare belasting op paalfundering

De maximaal toelaatbare verticale belasting per paal als gevolg van de belasting op de constructie berekent men op de volgende manier;

$$\begin{aligned}
 \text{Max. toelaatbare belasting paal } F_{r;nd;d} &\leq F_{r;d} - F_{\text{neg.kl.}} \\
 &\leq 496 - 163,7 \\
 &\leq 332,3 \text{ [kN]}
 \end{aligned}$$

7.3. Belasting op paalfundering

De maximale verticale belasting treedt op bij de paal die een deel van de belasting draagt van de één brugdekelement, en twee aanlandingselementen aan de Clusiustuin (**zie bijlage III**).

Dit alles resulteert in 2 maal de berekende oplegging (6.4 kN) conform paragraaf 4.2.3 en 1 maal de berekend oplegging (9.75 kN) conform paragraaf 5.2.3;

$$\begin{aligned}\text{Maximaal op te nemen belasting } F_{s;d} &= 2 * 6,4 + 1 * 9.75 \text{ [kN]} \\ &= 22,55 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

7.4. Controle draagkracht fundering

De maximaal toelaatbare belasting op de paalfundering bedraagt: $F_{r;nd;d} = 332,3 \text{ [kN]}$

De maximaal op te nemen belasting bedraagt: $F_{s;d} = 22,6 \text{ [kN]}$

NEN 6743

Eis: $F_{s;d} < F_{r;nd;d}$
 $22,6 < 323,3$ **voldoet**

UC: $22,6 / 323,3 = 0,07$

7.5. Conclusie

De grond verdringende stalen buispaal voldoet ruimschoots aan de eisen uit NEN 6743. Op grond hiervan mag de grondverdringende stalen buispaal ($\Phi 0,25 \text{ m}$) als fundering bij de constructie worden toegepast.

Overdimensionering wordt tegengesproken door het feit dat deze paal gangbaar is in de aanleg (vooral wanneer men de paal tot een diepte van -15m. aan moet brengen). Daarnaast oogt de paal in vergelijking met een dunnere paal een stuk meer solide en betrouwbaar. Dit draagt bij aan het veiligheidsgevoel dat het kunstwerk moet creëren.

8. AANBEVELINGEN TAV DE UITVOERING

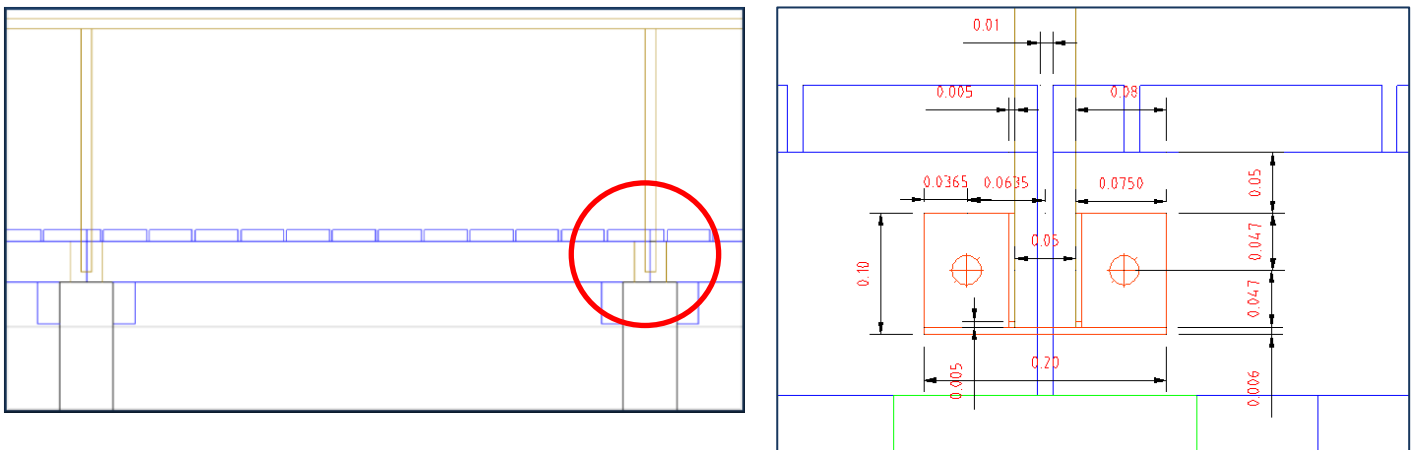
Om tot het gewenste eindproduct te komen is een degelijk uitvoeringsproces noodzakelijk. Een paar knelpunten waar men gedurende de (voorbereiding van de) uitvoering mee rekening dient te houden worden vertaald naar aanbevelingen. De aanbevelingen;

Fundering

- De funderingspalen van de aanlandingen dienen vanaf het grachtwater de bodem in worden geheid, omdat de aanlandingen niet op het dragen van dienstvoertuigen zijn berekend. Er hoeft geen rekening gehouden te worden met belemmeringen in de hoogte.
- De funderingspalen die het brugdek ondersteunen dienen vanaf het grachtwater de bodem in worden geheid, omdat het brugdek niet op het dragen van dienstvoertuigen is berekend. Dit heiproces zal grotendeels plaatsvinden in de overkluizing, daarom is het belangrijk dat de heistelling/methode is aangepast aan werken in kleine ruimtes. Dergelijke funderingstechnieken (funderen in kleine ruimtes en/of funderen vanaf het water) hebben zichzelf al bewezen. Een voorbeeld van een gespecialiseerd bedrijf is Walinco – puls- en heibedrijf B.V..

Brugdek- en Aanlandingselementen

- Beide te construeren aanlandingen liggen buiten de overkluizing, de prefab elementen zullen hier relatief eenvoudig kunnen worden aangebracht.
- Een groot gedeelte van het te realiseren brugdek ligt in de overkluizing. Er moet gekeken worden of het gebruik van prefab elementen realistisch is of dat elk brugdekelement, vanaf dwarsliggers t/m dekdelen, moet worden opgebouwd.
- De manier van het vastzetten van de leuningstijlen aan de langsliggers kan tegelijkertijd een verbinding vormen tussen de losse elementen. Dit zal ten goede komen van de afdracht van de belastingen waar het kunstwerk mee te maken krijgt. Op deze manier wordt een sterker geheel (totale kunstwerk) gecreëerd dan wanneer men de leuningstijlen op een andere manier vastzet. Het is de moeite waard een dergelijke optie te onderzoeken. Zie ook figuur 34 hieronder.



Figuur 34: Een voorbeeld van het vastzetten van de leuningstijlen tussen twee elementen.

Aankleding, meubilair en installaties

- Het is wenselijk de verlichting van het kunstwerk volledig in de leuning aan te brengen. Op deze manier hoeft de monumentale overkluizing niet worden aangetast.

9. TOETSING ONTWERP AAN PROGRAMMA VAN EISEN

Het ontwerp dient te voldoen aan alle voorschriften en eisen uit het Programma van Eisen (rapport 1). Om dit op een structurele en overzichtelijke manier te controleren is er gekozen om gebruik te maken van onderstaande tabel;

Hoofdcategorie [-]	Subcategorie [-]	Voldaan aan eisen [JA/NEE/NNTB]
Projectniveau -	Bouwbesluit	NNTB
	Bouwverordening Leiden 1992	NNTB
	Handboek Kwaliteit Openbare Ruimte	JA
	Stedenbouwkundig (gem. Leiden)	JA
	Monumenten & Archeologie (gem. Leiden)	JA
	Verkeerskundig (gem. Leiden)	JA
	Civiel Technisch (gem. Leiden)	JA
	Beheer & Onderhoud (gem. Leiden)	JA
	Stadsruimte (gem. Leiden)	JA
	Omgevingsdienst West-Holland	NNTB
	Hoogheemraadschap van Rijnland	JA
	Universiteit Leiden / Hortus Botanicus	JA
	Overig	NNTB
Brugniveau -	Brugsysteem	JA
	Fundering	JA
	Aanlandingen	JA
	Brugdek	JA
	Leuningwerk	JA
Locatieniveau -	Systeem	NNTB
	Omliggende wegen	NNTB
	Watergang	NNTB
	Kabels & Leidingen	NNTB
Vergunningen -	/	NNTB
Financieel -	/	NNTB

Tabel 4: Controle eisen per categorie.

Een vlugge analyse leert dat er tot in de huidige status waarin het project zich bevind (zijnde ontwerpfase), voldaan is aan alle eisen.

N.B. Van sommige categorieën eisenpakketten kan er pas tijdens of soms zelfs na de uitvoeringfase van het project worden vastgesteld of er is voldaan aan deze eisen. Deze categorieën zijn in dit hoofdstuk geclassificeerd met; nog nader te bepalen (afk.NNTB).

Bijlage I: Sondering 1, Rapenburg te Leiden

Bijlage II: Tekening VO vlonderbrug d.d. 19-04-2012

Bijlage III: Tekening Vlonderbrug, maximaal belaste paal

- Rapport 5 -

-

Ontwerp Duikbrug

5° BINNENVESTGRACHT - CLUSIUSTUIN

Auteur:	Mike Nicolai
Datum van wijzigen:	16/05/2012
Versie:	Definitief
Gezien door:	
Goedkeuring:	

Inhoud

1. Projectomschrijving	196
2. Ontwerp Constructie	197
2.1. Randvoorwaarden constructieberekening	197
2.2. Overzicht projectlocatie	199
2.3. Aanzichten kunstwerk	200
3. Berekeningen Leuningwerk	203
3.1. Maatgevend Leuningwerk	203
3.2. Eigenschappen	203
3.3. Belastingen Horizontaal Leuningwerk	204
3.4. Belastingen Verticaal Leuningwerk	205
3.5. Detaillering verbinding horizontaal – verticaal leuningwerk	206
3.6. Detaillering verbinding (verticaal) leuningwerk met langsliggers	208
3.7. Detaillering verbinding (verticaal) leuningwerk met betonnen brugdekbodem / kades	211
4. Berekeningen dekdelen	213
4.1. Aanvullende randvoorwaarden	213
4.2. Eigenschappen	213
4.3. Belastingen	213
4.4. Detaillering verbinding dekdelen met betonnen bodem brugdek	214
4.5. Detaillering verbinding dekdelen met langsligger aanlandingen	215
4.6. Conclusie	216
5. Berekeningen aanlandingen	217
5.1. Maatgevende Langsligger	217
5.2. Maatgevende Dwarsdrager	219
5.3. Detaillering verbinding dwarsligger met funderingspaal	221
6. Berekeningen brugdekelement	224
6.1. Stabiliteit maatgevende PMMA/PC-wand	224
6.2. Inklemming maatgevende PMMA/PC-wand	226
6.3. Controle stabiliteit brugdekelement tijdens kritieke toestand	228
6.4. Bepalen maatgevende belasting brugdekelement op fundering	230
6.5. Detaillering (waterdichte) verbinding brugdekelementen	232
7. Funderingsberekeningen	237
7.1. Randvoorwaarden Funderingsberekening	237
7.2. Toelaatbare belasting op paalfundering	237
7.3. Belasting op paalfundering	240
7.4. Controle draagkracht fundering	240
7.5. Zetting	240
7.6. Conclusie	241
8. Overige berekeningen	242

8.1.	Aanvullende randvoorwaarden	242
8.2.	Berekening afvoer en stroomsnelheden rond kunstwerk	242
8.3.	Berekening afwateringsvoorziening brugdek.....	245
9.	Aanbevelingen tav de Uitvoering	242
10.	Toetsing Ontwerp aan Programma van Eisen.....	242
Bijlagen		246
Bijlage I: Sondering 1, Rapenburg te Leiden.....		250
Bijlage II: Tekening VO duikbrug d.d. 19-04-2012		251
Bijlage III: Tekening duikbrug, maximaal belaste paal.....		252

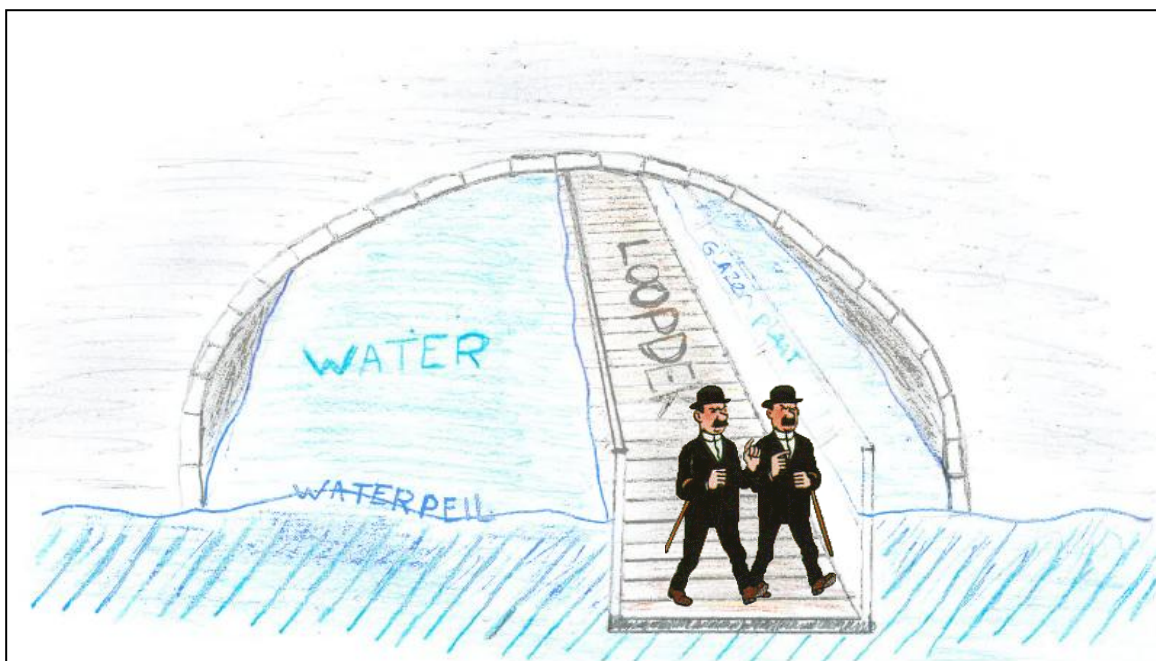
1. PROJECTOMSCHRIJVING

Vanuit de Structuurvisie Leidse Singels (2025) is een lijst met projecten opgesteld in het kader van het Masterplan Groene Singels. Eén van de deelprojecten is het realiseren van een verbinding voor voetgangers tussen de 5^e Binnenvestgracht en de Clusiustuin in de vorm van een loopvlonder over de Doelengracht. Uitgangspunt is de structuurvisie d.d. april 2011 met bijbehorende plankaart: *“Vanaf de Sterrewachtlaan is het mogelijk om direct naar de 5e Binnenvestgracht door te lopen. Dit wordt ruimtelijk nog eens benadrukt door het verbinden van het water van de 5^e Binnenvestgracht met de singelgracht. Al lopende langs de 5e Binnenvestgracht is de sfeer van de Hortus ook vanaf de buitenzijde beleefbaar. Met het water van de Doelengracht mee onder de gebouwen van de Universiteit door loopt de route via een ranke vlonderbrug naar het voorgebied van de Hortus botanicus. De vlonderbrug is één van de iconen van de singelroute. Langs de Clusiustuin op het voorterrein en de mooi besloten gelegen horecagelegenheid van de Hortus loopt de route verder naar de Doelengracht. De vindbaarheid van de route en de zichtbaarheid en aantrekkelijkheid van de Hortus zijn sterk vergroot”²¹.*

30/03/2012 - Het idee van de vlonderbrug is in het kader van de aspecten esthetiek, duurzaamheid en innovatie verworpen. De vlonderbrug maakt plaats voor de duikbrug.

Het doel van dit rapport is om inzicht te geven in de constructie-, funderingsberekeningen van de duikbrug en alle overige berekeningen die van toepassing zijn op de duikbrug. De duikbrug bestaat uit een tweetal onderdelen, te weten de aanlandingen en het brugdek. In de berekeningen is een onderscheid gemaakt tussen deze twee verschillende constructie-onderdelen. De aanlandingen bestaan uit hardhouten langs- en dwarsliggers (de dekdelen zijn tevens van hardhout). Het brugdek bestaat uit een betonnen bodem en PMMA/PC-wanden. Het leuningwerk is volledig van staal. De aanlandingen en het brugdek worden gefundeerd op stalen buis palen.

Leeswijzer; Hoofdstuk 2 behandelt het ontwerp van het kunstwerk. Hoofdstuk 3 t/m 6 behandelen de constructieberekeningen en hoofdstuk 7 de funderingsberekeningen. Tevens wordt in hoofdstuk 8 alle overige berekeningen uitgewerkt. Ten slotte behandelt hoofdstuk 9 de aanbevelingen ten aanzien van de uitvoering van het kunstwerk.



Figuur 1: Een impressie van het kunstwerk onder het gebouw van de Universiteit door.

²¹ Bron: Gemeente Leiden: Structuurvisie 2025 d.d. april 2011

2. ONTWERP CONSTRUCTIE

2.1. Randvoorwaarden constructieberekening

Bij de berekeningen zijn de volgende randvoorwaarden gehanteerd:

Documenten

- Tekening VO duikbrug d.d. xx-04-2012 (zie bijlage II)
- Belastingen / vervormingen conform: NEN 6702, 6706, 6720, 6723, 6743, 6760
- Literatuur: *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk
- Literatuur: *Toegepaste vloeistofmechanica*, door Ir. I.W. Nortier en Ir. P. de Koning, ISBN 90 401 0318 6, 7^e druk.
- Belasting door grond- en grondwaterdruk moeten zijn bepaald volgens NEN 6740:1991, 7.2.

Materialen

- Hout; dwars- en langsliggers sterkteklasse D50 en dekdelen sterkteklasse D30. Duurzaamheidsklasse 1 en veiligheidsklasse 3.
Conform NEN 6760 zijn de volgende eisen gesteld als het gaat om de maximaal aanvaarde buig- en schuifsterkte van de materialen;

	Hout sterkteklasse D30	Hout sterkteklasse D50
Buigsterkte $f_{m;o;rep}$	30 [N/mm ²]	50 [N/mm ²]
Buigsterkte $f_{m;u;d}^{22}$	$(30/1,2) * 0,75 * 0,9 = 16,9$ [N/mm ²]	$(50/1,2) * 0,75 * 0,9 = 28,1$ [N/mm ²]
Schuifsterkte $f_{v;o;rep}$	3,0 [N/mm ²]	4,6 [N/mm ²]
Schuifsterkte $f_{v;u;d}^{23}$	$(3,0/1,2) * 0,75 * 0,9 = 1,69$ [N/mm ²]	$(4,6/1,2) * 0,75 * 0,9 = 2,59$ [N/mm ²]
Max. verplaatsing δ_{midden}	$1/250 * L$ (engte)	$1/250 * L$

- PMMA/PC; PMMA buitenwanden en PC binnenwanden. duurzaamheidsklasse 1, veiligheidsklasse 3.
Conform NEN 6760 zijn de volgende eisen gesteld als het gaat om de maximaal aanvaarde buig- en schuifsterkte van de buitenwand;

	PMMA, veiligheidsklasse 3
Max. druk materiaal $\sigma_{max;dr;rep}$	117,7 [N/mm ²]
Max. trek materiaal $\sigma_{max;tr;rep}$	73,6 [N/mm ²]
Max buigspanning materiaal $\sigma_{max;bu;rep}$	117,7 [N/mm ²]
Veiligheidsfactor	1.2 [-]
Max. aanvaarde spanning $f_{tr;dr;u;d}$	$(73,6/1,2) 61,33$ [N/mm ²]
Max. aanvaarde schuifspanning $f_{t;u;d}$	1 [N/mm ²]
Max. verplaatsing δ_{midden}	$1/250 * L$

- RV-Staal;
 - 1) leuningwerk; sterkteklasse S275, volumiek gewicht 9,99 [kg/m] = 0,1 [kN/m],
 $A_{doorsnede} = 1273$ [mm²].
 - 2) Trekstaaf: sterkteklasse S275, volumiek gewicht 78 [kN/m³], diameter $\Phi = 35$ [mm],
 $A_{doorsnede} = 962,1$ [mm²]

^{22, 4} Om tot $f_{m;u;d}$ en $f_{v;u;d}$ te komen, worden de factoren voor langdurige belasting en vochtige omstandigheden toegepast aldus de berekening in deze twee rijen.

Conform NEN 6760 zijn de volgende eisen gesteld als het gaat om de maximaal aanvaarde buig- en schuifsterkte van het RV staal;

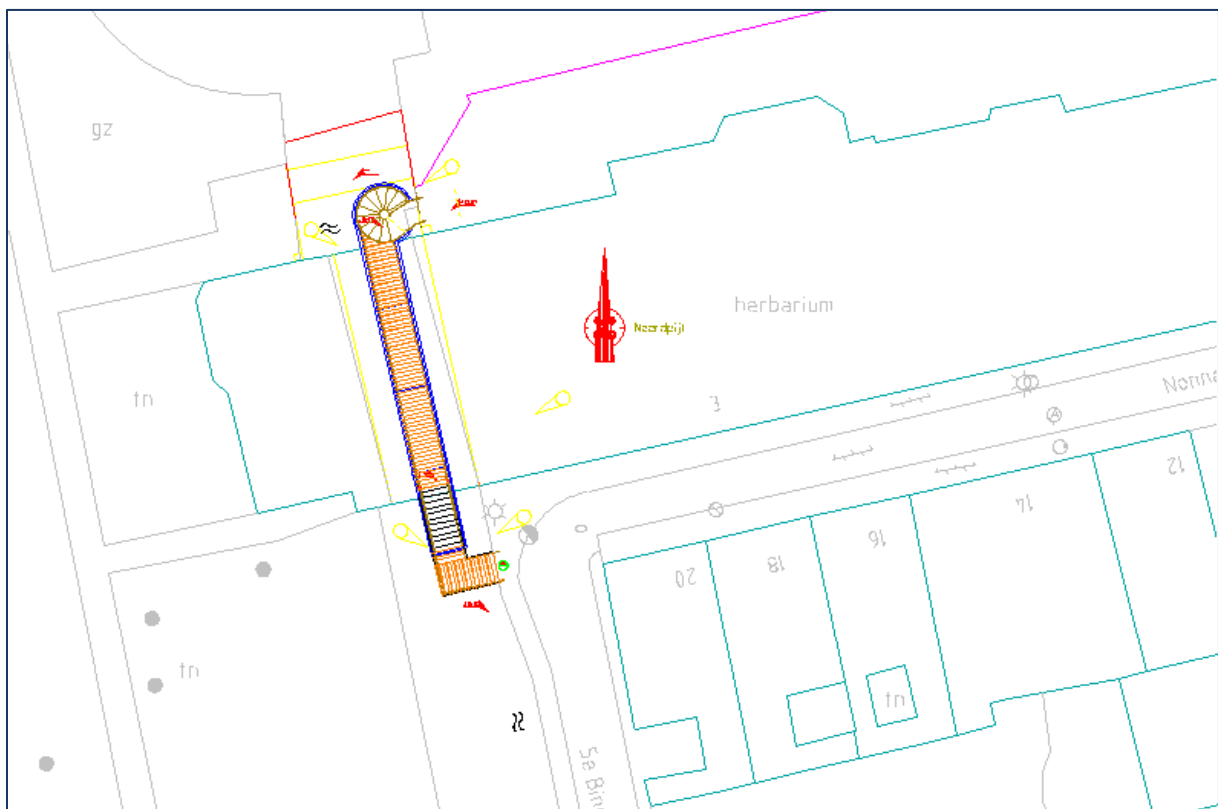
	RVS staal sterkteklasse S275
Max. spanning materiaal $\sigma_{\max;\text{rep}}$	275 [N/mm ²]
Veiligheidsfactor	1.2 [-]
Max. aanvaarde druk/trek $f_{t;\text{tr}/\text{dr};\text{u};\text{d}}$	$275 / 1.2 = 229,2$ [N/mm ²]
Max. aanvaarde schuifspanning $f_{t;\text{T};\text{u};\text{d}}$	$(275/\sqrt{3}) 158,8$ [N/mm ²]
Max. verplaatsing δ_{midden}	$1/250 * L$

- Het beton, welke in het brugdek is toegepast, is van sterkteklasse B45. De beton- en bijbehorende wapeningsberekeningen zijn in de projectscope buiten beschouwing gelaten en zullen derhalve niet worden uitgewerkt in dit document.

Belastingen

- Bevaring langs het kunstwerk is zeer onwaarschijnlijk door de huidige situatie van het plangebied en haar omgeving. De bijzondere belasting (belasting in dit geval als gevolg van aanvaringen door kleine vaartuigen of drijfval) wordt derhalve meegenomen in de stabiliteitsberekeningen van de buitenwand van het brugdek. De belasting wordt gesteld op 1000 kg op het hoogste punt van de buitenwand.
- De belasting die ontstaat door het oppervlaktewater wordt bepaald conform de hoogste waterstand bekend bij het Hoogheemraadschap van Rijnland. In de berekeningen wordt de waterstand gesteld op gelijke hoogte met de hoogte van de buitenwand. De reden van de keuze voor dit niveau is dat een overschrijding van dit niveau een vermindering van de belasting door het water betekent, omdat het water de wand dan aan twee zijden zal gaan belasten.
- De geconcentreerde belasting is niet van toepassing op het kunstwerk, omdat deze niet te betreden is voor (dienst)voertuigen en fietsen.
- Belasting als gevolg van het aanbrengen van een anti-slip en slijtlaag wordt verwaarloosd, omdat deze belasting dermate klein is ten opzichte van het overige gewicht dat men hem als te verwaarlozen kan beschouwen.
- Balken waarbij er sprake is van zogenaamde 'oversten / overstekken', hoeven alleen te worden berekend op de belasting tussen de oplegpunten in. De oversten mogen buiten beschouwing worden gelaten.
- Maatgevende belastingcombinatie: permanent + gelijkmatig verdeelde belasting + (windbelasting + belasting a.g.v. temperatuurschommelingen)

2.2. Overzicht projectlocatie



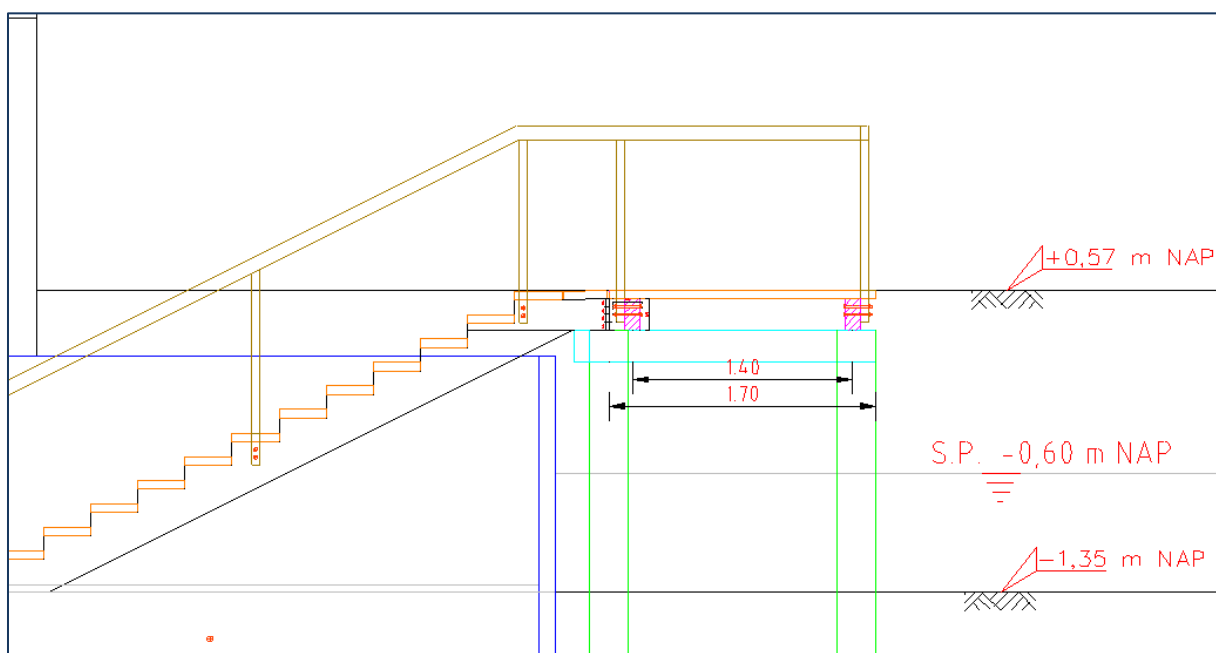
Figuur 2 & 3: De duikbrug in relatie tot haar directe omgeving.

2.3. Aanzichten kunstwerk

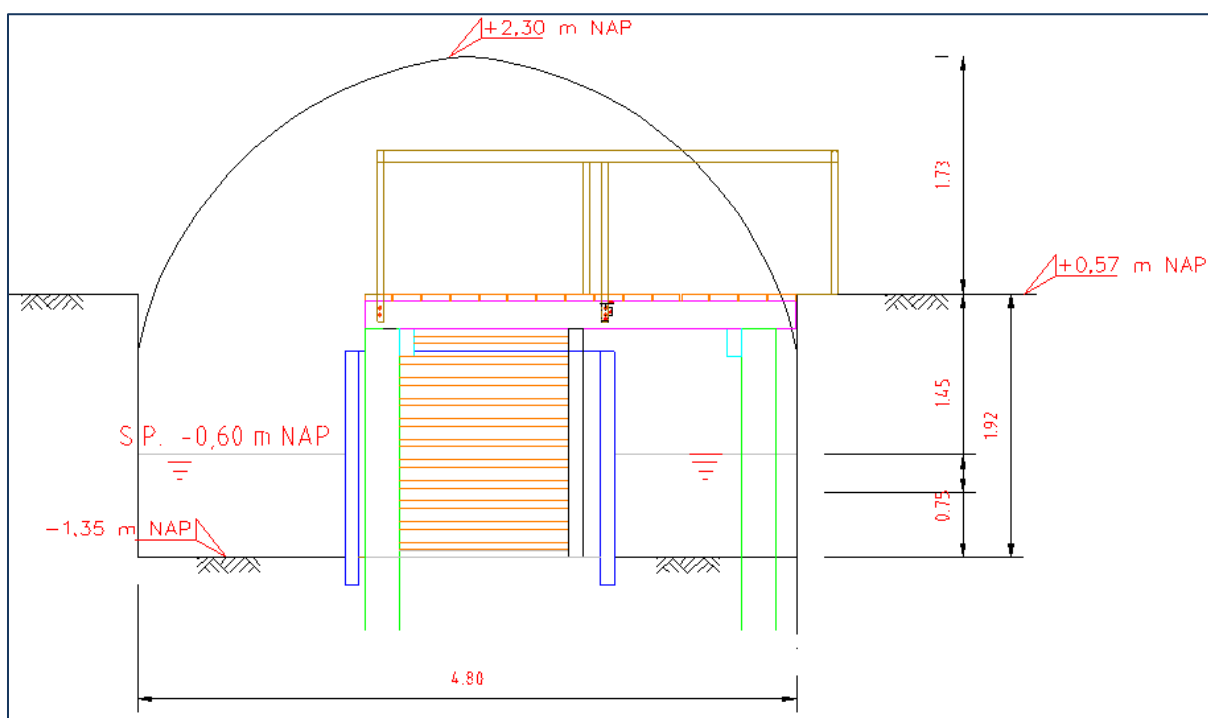
2.3.1. Zijaanzicht van het totale kunstwerk

(zie bijlage I)

2.3.2. Aanzichten maatgevend aanlandingselement

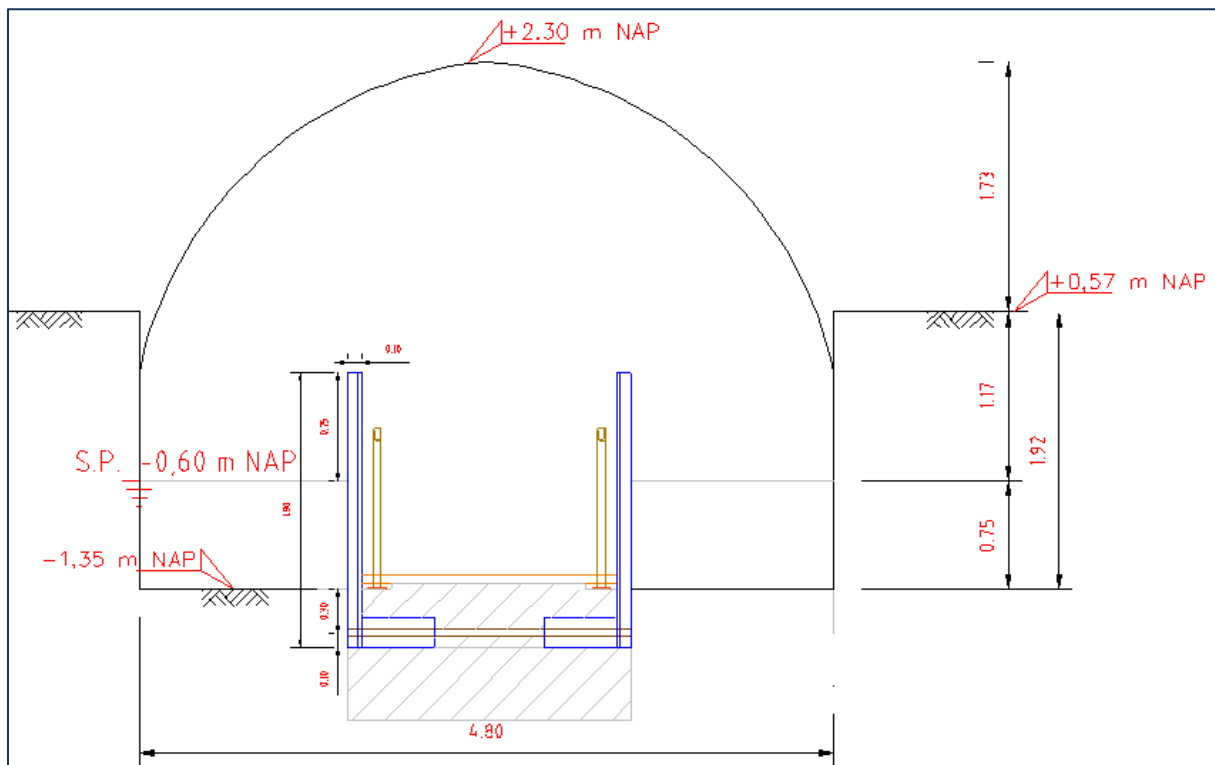


Figuur 4: Het vooraanzicht van het maatgevende aanlandingselement aan de 5^e Binnenvestgracht

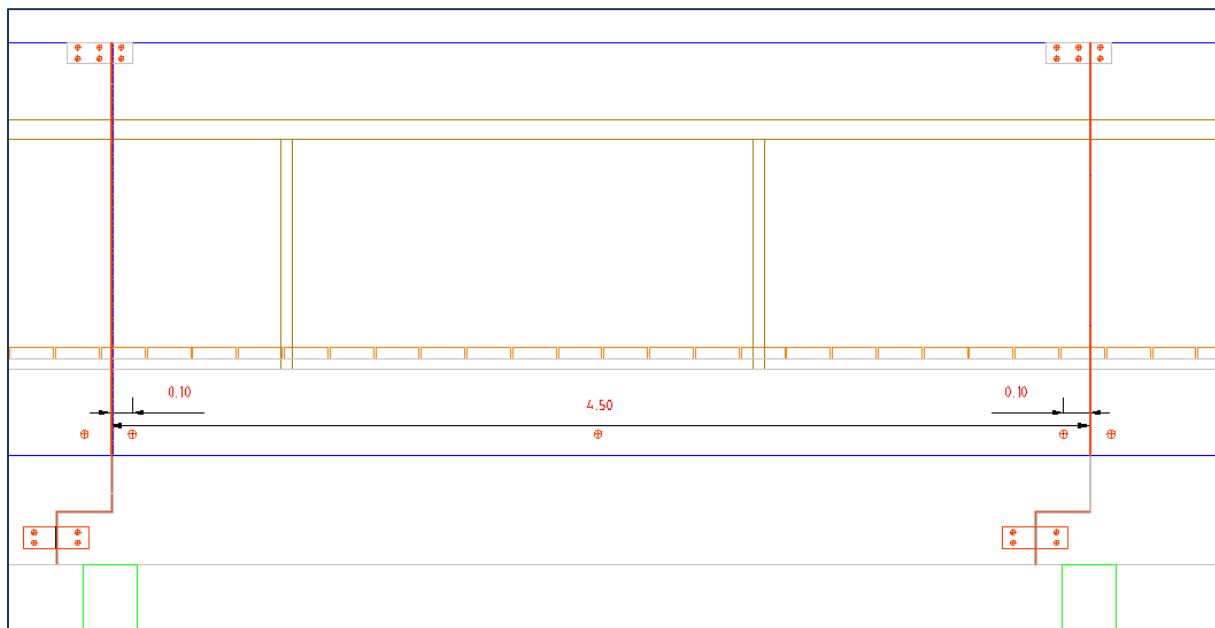


Figuur 5: Het zijaanzicht van het maatgevende aanlandingselement aan de 5^e Binnenvestgracht

2.3.3. Aanzichten maatgevend brugdekelement



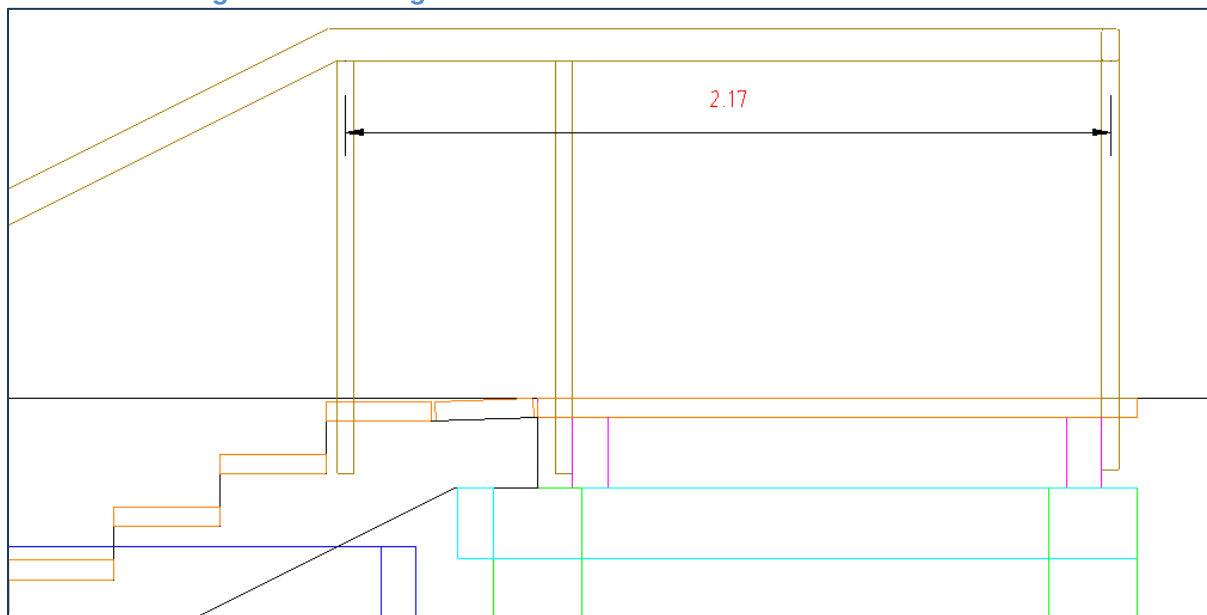
Figuur 6: Het vooraanzicht van het maatgevend brugdekelement



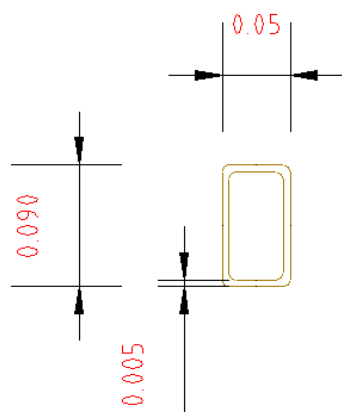
Figuur 7: Het zijaanzicht van het maatgevend brugdekelement

3. BEREKENINGEN LEUNINGWERK

3.1. Maatgevend Leuningwerk



Figuur 8: Het zijaanzicht van het maatgevende leuningwerk op het maatgevende aanlandingselement



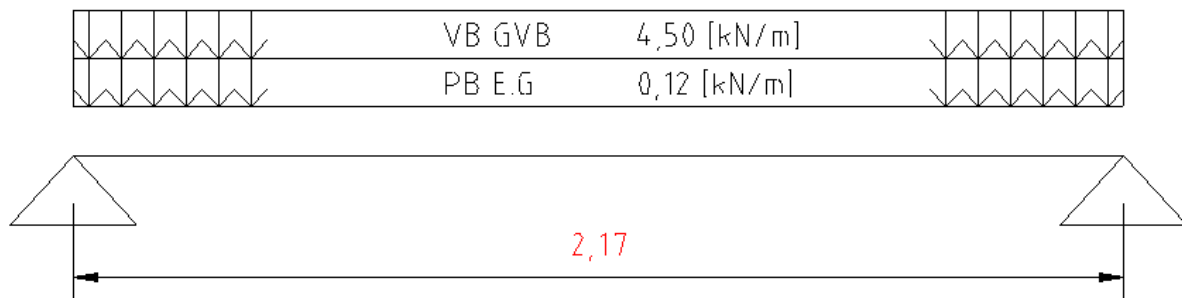
Figuur 9: Een doorsnede van het maatgevende leuningwerk

3.2. Eigenschappen

RVS sterkteklasse	= S275
Productiemethode	= warmgewalst
Hoogte x breedte buis (h x b)	= 90 x 50 [mm]
Buiswand dikte (t)	= 5 [mm]
Lengte leuning L	= 2,170 [m]
Oppervlakte doorsnede A	= 1273 [mm ²]
Gewicht leuning G	= 9,99 [kg/m]
	= 0,10 [kN/m]
Elasticiteitsmodulus E	= 210.000 [N/mm ²] = 2,1 * 10 ⁸ [kN/m ²]
Druk/treksterkte $f_{d/tr;u;d}$	= 430 [N/mm ²]
Vloeigrens $f_{y,d}$	= 275 [N/mm ²]
I_y	= 127,2 * 10 ⁴ [mm ⁴] = 1,272 * 10 ⁻⁶ [m ⁴]
W_y	= 28,3 * 10 ³ [mm ³]

3.3. Belastingen Horizontaal Leuningwerk

Belastingen		Bel. factor	q_{rep} [kN/m]
Eigen gewicht	0,1 [kN/m]	1,2	0,12
Gelijkmatig verdeelde belasting (GVB)	3 [kN/m] (conform NEN 6702, 8.2.6.1)	1,5	4,50
$q_{rep, totaal}$ [kN/m]			4,62



Figuur 10: Belastingen horizontale leuningwerk

3.3.1. Controle

$$V_{max;d} = (1/2) * q_{rep, totaal} * L = (1/2) * 4,62 * 2,17 = 5,01 \text{ [kN]}$$

$$M_{max;d} = (1/8) * q_{rep, totaal} * L^2 = (1/8) * 4,62 * 2,17^2 = 2,72 \text{ [kNm]}$$

		Eis ²⁴
Max. druk/trek $\sigma_{druk/trek;max;d}$	$= (M_d / I_y) * z_{max}$ $= (2,72 * 10^6 / 127,2 * 10^4) * 0,5 * 90$ $= 96,23 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{m;u;d}$ $< 430 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 430 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. schuifspanning τ_d	$= (V_{max;d} * S) / (b * I_y)$ $= (5,01 * 10^3 * A * z_{max}) / (2 * D * 127,2 * 10^4)$ $= (5,01 * 10^3 * 1273 * 45) / (2 * 5 * 127,2 * 10^4)$ $= 22,56 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{v;u;d}$ $< 158,8 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 158,8 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 158,8 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. verplaatsing δ_{midden}	$= ((5 * q_{rep, totaal} * L^4) / (384 * E * I))$ $= ((5 * 4,62 * 2170^4) / (384 * 210.000 * 127,2 * 10^4))$ $= 5,00 \text{ [mm]}$	$< 1/250 * L$ $< 1/250 * 2170$ $< 8,68 \text{ [mm]}$

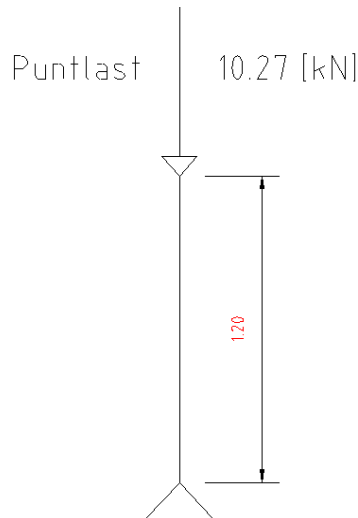
3.3.2. Conclusie

Het leuningwerk voldoet aan alle eisen conform NEN 6760. Het leuningwerk mag worden toegepast in het brugdek én de aanlandingen.

²⁴ Eis vanuit NEN 6760

3.4. Belastingen Verticaal Leuningwerk

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
Puntlast eigen gewicht	0,10 [kN/m] * 1,2 [m] = 0,12 [kN]	1,2	0,14
Puntlasten horizontaal leuningwerk	4,62 [kN/m] * 2 * 0,5 * 2,17 = 10,13 [kN]	[-]	10,13
F _{rep, totaal} [kN]			10,27



Figuur 11: Belastingen verticale leuningwerk

3.4.1. Controle

$$N_{s;d} = 12,48 \text{ [kN]}$$

$$N_{pl;d} = 275 \text{ [kN]}$$

5) Knik y-as

$$\begin{aligned}
 &= (N_{s;d} / w_{buc} * N_{pl;d}) & \leq 1 \\
 &= (10,13 / w_{buc} * 275) & \leq 1 \\
 &= & \leq 1
 \end{aligned}$$

Eis²⁵

w_{buc}

= Aflezen uit tabel 24, blz 119 van NEN 6770. Nodig : λ_{rel}

λ_{rel}

$$= \sqrt{(N_{pl;d} / F_{knik;y})}$$

F_{knik;y}

$$\begin{aligned}
 &= (\pi^2 * E * I_y) / L_{knik}^2 \\
 &= (\pi^2 * 2,1 * 10^8 * 1,272 * 10^{-6}) / 1,2^2 \\
 &= 1830,8 \text{ [kN]}
 \end{aligned}$$

6) λ_{rel}

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(N_{pl;d} / F_{knik;y})} \\
 &= \sqrt{(275 / 1830,8)} \\
 &= 0,39
 \end{aligned}$$

7) w_{buc}

= Aflezen uit tabel 24, blz 119 van NEN 6770.
= 0,95 [-]

8) Knik y-as

$$\begin{aligned}
 &= (N_{s;d} / w_{buc} * N_{pl;d}) & \leq 1 \\
 &= (10,27 / 0,95 * 275) & \leq 1 \\
 &= 0,04 & \leq 1
 \end{aligned}$$

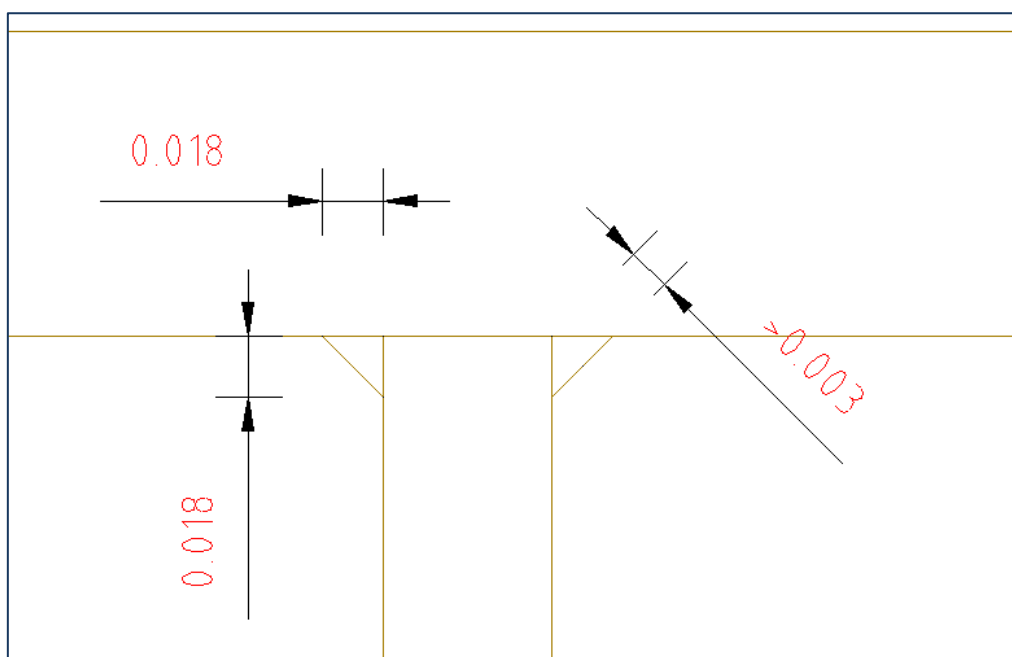
Voldoet

3.4.2. Conclusie

Het verticale leuningwerk voldoet aan alle eisen conform NEN 6760. Dit leuningwerk mag worden toegepast in het brugdek én de aanlandingen.

²⁵ Eis vanuit NEN 6760

3.5. Detaillering verbinding horizontaal – verticaal leuningwerk



Figuur 12: Lasverbinding verbinding horizontaal met verticaal leuningwerk

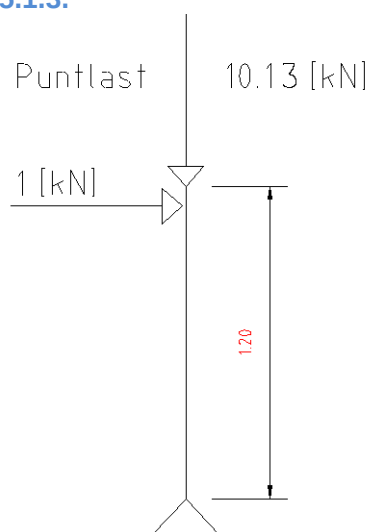
3.5.1. Aanvullende randvoorwaarden

- Tussen horizontale en verticale leuningwerk worden stompe lassen met spleet toegepast. Deze dienen berekend te worden als hoeklassen.
- De berekening geschiedt conform paragraaf 10.37 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk.

3.5.2. Belastingen (Conform NEN 6702)

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
Verticale puntlasten door horizontaal leuningwerk	$4,62 \text{ [kN/m]} * 2 * 0,5 * 2,17 = 10,13 \text{ [kN]}$	[-]	10,13
F _{rep;vert;totaal} [kN]			10,13
Horizontale puntlast op leuningwerk		F _{rep;hor;totaal} [kN]	1

5.1.3.



Figuur 13: Belastingen op lasverbinding

3.5.3. Controle

Te hanteren formule(s);

$$\sigma(w; s; d) = \frac{F(d)}{a \cdot l(ef)} \quad \text{en de eis (conform NEN 6760):} \quad \sigma(w; s; d) \leq f(w; u; d)$$

Waarbij:

$\sigma(w; s; d)$ = gemiddelde spanning (rekwaarde) ten gevolge van de belasting onafhankelijk van de richting.

$F(d)$ = belasting (rekenwaarde) = 10,13 [kN]

a = lasdikte = 3 [mm]

$l(ef)$ = effectieve laslengte ($6 \cdot a$) = 18 [mm]

$f(w; u; d) = 0,46 \cdot \frac{f(t; d)}{\beta} = 0,46 \cdot \frac{430}{0,85} = 232,7 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

Invullen levert:
$$\sigma(w; s; d) = \frac{F(d)}{a \cdot l(ef)} = \frac{10,13 \cdot 10^3}{3 \cdot 18} = 129 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

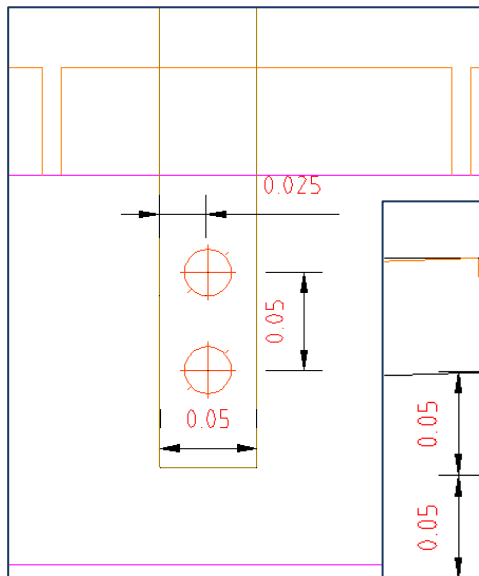
$$\sigma(w; s; d) \leq f(w; u; d)$$

$$129,6 \leq 232,7 \quad \text{voldoet}$$

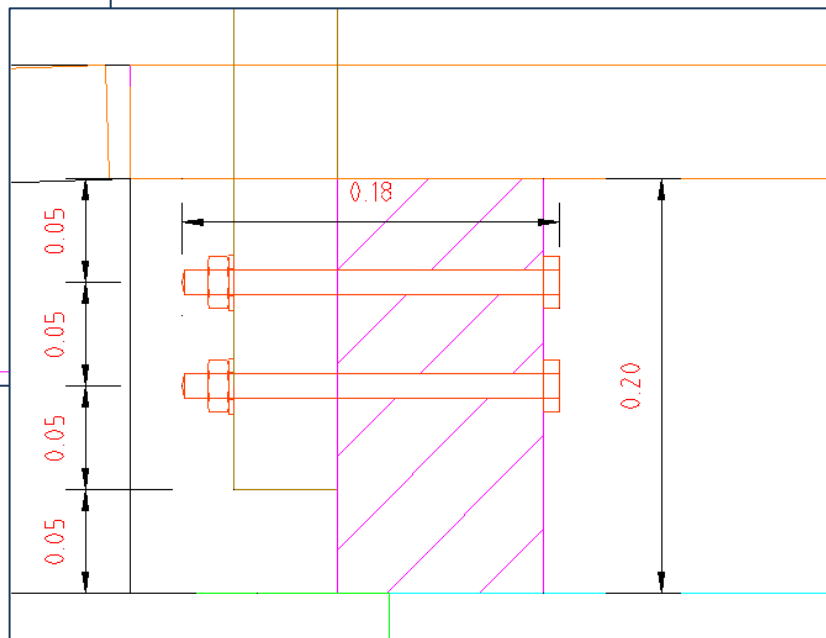
3.5.4. Conclusie

Het laswerk voldoet aan alle eisen conform NEN 6760. Dit laswerk mag worden toegepast in het leuningwerk de aanlandingen.

3.6. Detaillering verbinding (verticaal) leuningwerk met langsliggers



Figuur 14: Boutverbindingen in vooraanzicht



Figuur 15: Boutverbindingen in zijaanzicht

3.6.1. Aanvullende randvoorwaarden

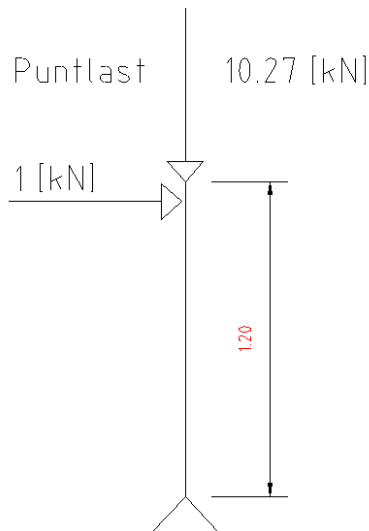
- Om het leuningwerk te verbinden met de langsligger wordt gebruik gemaakt van de combinatie van twee boutverbindingen die onder elkaar worden gedimensioneerd. Op deze manier ontstaat een verbinding die alle mogelijke krachtweringen kan opvangen. Er worden bouten toegepast, met de volgende eigenschappen;

Bouten(/moeren/sluitringen): kwaliteit/sterkteklasse; 4.6, type: M12 (zie hoofdstuk 10 document *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*)

- De berekeningen geschieden conform paragraaf 10.23 t/m 10.25 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk.

3.6.2. Belastingen (Conform NEN 6702)

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
Verticale puntlast eigen gewicht	$0,10 \text{ [kN/m]} * 1,2 \text{ [m]} = 0,12 \text{ [kN]}$	1,2	0,14
Verticale puntlasten door horizontaal leuningwerk	$4,62 \text{ [kN/m]} * 2 * 0,5 * 2,17 = 10,13 \text{ [kN]}$	[-]	10,13
		F _{rep;vert;totaal} [kN]	10,27
Horizontale puntlast op leuningwerk		F _{rep;hor;totaal} [kN]	1



Figuur 16: Belastingen op boutverbinding

3.6.3. Controle boutverbinding (conform NEN 6770)

Stuik:

Formule: $F_{c;u;d} = 2 * \alpha_c * f_{t;d} * d_{b;nom} * t$

Eis: $\frac{F_{c;s;d}}{F_{c;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{c;s;d}$ = onderhevige stuikkracht [kN] $= 10,27 / 8$
 $= 1,28$ [kN]

$F_{c;u;d}$ = Grensstuikkracht [N] of [kN] $=$
 α_c = stuikfactor $= 0,65$ [-]
 $f_{t;d}$ = treksterkte te verbinden materiaal $= 30$ [N/mm²]
 $d_{b;nom}$ = nominale boutdiameter $= 12$ [mm]
 t = dikte van de te verbinden plaat $= 100$ [mm]

Invullen levert:

$F_{c;u;d} = 2 * \alpha_c * f_{t;d} * d_{b;nom} * t$
 $F_{c;u;d} = 2 * 0,65 * 30 * 12 * 100$
 $F_{c;u;d} = 46.800$ [N] = 46,8 [kN]

$\frac{F_{c;s;d}}{F_{c;u;d}} \leq 1$

$\frac{1,12}{46,8} \leq 1$

voldoet

Afschuiving

Formule: $F_{v;u;d} = 0,48 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$

Eis: $\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{v;s;d}$ = onderhevige afschuivingskracht [kN] $= 10,27 / 4$
 $= 2,57$ [kN]

$F_{v;u;d}$ = Grensschuifkracht [N] of [kN] $=$
 $f_{t;b;d}$ = treksterkte van de bout $= 400$ [N/mm²]
 $A_{b;s}$ = spanningsdoorsnede bout $= 84,3$ [mm²]

Invullen levert:

$$F_{v,u;d} = 0,48 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$$

$$F_{v,u;d} = 0,48 * 400 * 84,3$$

$$F_{v,u;d} = 16.186 \text{ [N]} = 16,2 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{v;s;d}}{F_{v,u;d}} \leq 1$$

$$\frac{2,57}{16,2} \leq 1$$

voldoet

Trek

Formule: $F_{t,u;d} = 0,72 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$

Eis: $\frac{F_{t;s;d}}{F_{t,u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{t;s;d}$ = onderhevige trekkracht [kN]

$$= 10,27 / 4$$

$$= 2,57 \text{ [kN]}$$

$F_{t,u;d}$ = Grenstrekkkracht [N] of [kN]

$f_{t;b;d}$ = treksterkte van de bout

$A_{b;s}$ = spanningsdoorsnede bout

$$=$$

$$= 400 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$= 84,3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Invullen levert:

$$F_{t,u;d} = 0,72 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$$

$$F_{t,u;d} = 0,72 * 400 * 84,3$$

$$F_{t,u;d} = 24.278 \text{ [N]} = 24,3 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{t;s;d}}{F_{t,u;d}} \leq 1$$

$$\frac{2,57}{24,3} \leq 1$$

voldoet

Combinatie trek en afschuiving

Eis: $\frac{F_{v;s;d}}{F_{v,u;d}} + \frac{F_{t;s;d}}{1,4 * F_{t,u;d}} \leq 1$

Invullen levert:

$$\frac{F_{v;s;d}}{F_{v,u;d}} + \frac{F_{t;s;d}}{1,4 * F_{t,u;d}} \leq 1$$

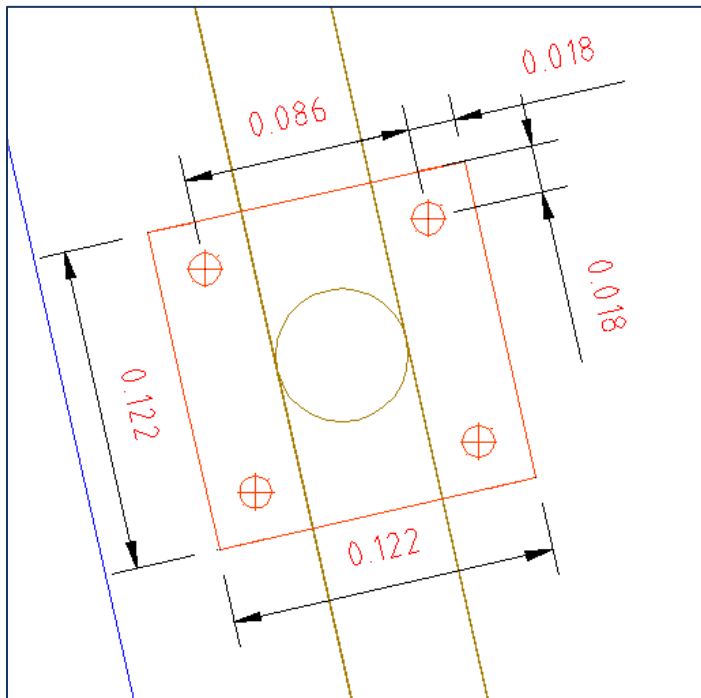
$$\frac{2,57}{16,2} + \frac{2,57}{1,4 * 24,3} \leq 1$$

voldoet

3.6.4. Conclusie

De boutverbindingen voldoen aan alle eisen conform NEN 6760. Deze verbindingen mogen worden toegepast in de aanlandingen.

3.7. Detaillering verbinding (verticaal) leuningwerk met betonnen brugdebodem / kades



Figuur 17: De positionering van de ankerbouten tov de leuning

3.7.1. Aanvullende randvoorwaarden

- Om het leuningwerk te verbinden met het kunstwerk, in dit geval de betonnen bodem en de kades van de Clusiustuin en de 5^e Binnenvestgracht, wordt gebruik gemaakt van de combinatie laswerk en ankerboutverbindingen. Om tot de uiteindelijke verbinding te komen, moeten de volgende twee stappen worden ondernomen:
 - 1) Ten eerste wordt het verticale leuningwerk aan de onderkant vastgelast aan een stalen plaat. Dit zal rondom de leuningstijl zijn, opdat deze als plaatsvast kan worden beschouwd.
De plaat maakt optimaal contact (vlak) met het beton. De stalen plaat is vierkant en heeft afmetingen van (b x l x t) 122 x 122 x 10 [mm].
 - 2) De tweede stap is het bevestigen van de stalen plaat met een viertal ankerbouten (speciaal voor beton) aan de betonnen bodem van het kunstwerk.
- Tussen het verticale leuningwerk en de stalen plaat worden hoeklassen toegepast met lasdikte a = 3[mm].
- Er worden platen en bouten toegepast, met de volgende eigenschappen;

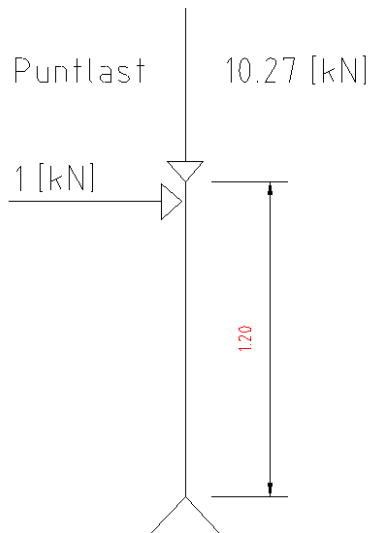
stalen plaat: (b x l x t) = 122 x 122 x 10 [mm]. (zie hoofdstuk 10 document *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*)

Fischer ankerbouten: kwaliteit/sterkteklasse; 4.6, type: FAN 12/10, sterkte 3,5 [kN] per ankerbout (zie paragraaf 10.32 uit het document *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*)

- De berekeningen en bepalingen geschieden conform paragraaf 10.23 t/m 10.25 en 10.32 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk.

3.7.2. Belastingen (Conform NEN 6702)

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
Verticale puntlast eigen gewicht	0,10 [kN/m] * 1,2 [m] = 0,12 [kN]	1,2	0,14
Verticale puntlasten door horizontaal leuningwerk	4,62 [kN/m] * 2 * 0,5 * 2,17 = 10,13 [kN]	[-]	10,13
		F _{rep;vert;totaal} [kN]	10,27
Horizontale puntlast op leuningwerk		F _{rep;hor;totaal} [kN]	1



Figuur 18: Belastingen op lasverbinding en ankerbouten

3.7.3. Controle

Lasverbinding

$$\sigma(w; s; d) = \frac{F(d)}{a \cdot l(ef)}$$

Te hanteren formule(s) om de lasverbinding te controleren;

en de eis (conform NEN 6760): $\sigma(w; s; d) \leq f(w; u; d)$

Waarbij:

$\sigma(w; s; d)$ = gemiddelde spanning (rekwaarde) ten gevolge van de belasting onafhankelijk van de richting.

$F(d)$ = belasting (rekenwaarde)

= 10,27 [kN]

a = lasdikte

= 3 [mm]

$l(ef)$ = effectieve laslengte ($6 \cdot a$)

= 18 [mm]

$$f(w; u; d) = 0,46 \cdot \frac{f(t; d)}{\beta} = 0,46 \cdot \frac{430}{0,85}$$

= 232,7 [N/mm²]

Invullen levert:

$$\sigma(w; s; d) = \frac{F(d)}{a \cdot l(ef)} = \frac{10,27 \cdot 10^3}{3 \cdot 18} = 190 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma(w; s; d) \leq f(w; u; d)$$

$$190 \leq 232,7$$

voldoet

Ankerbouten

Het verticale leuningwerk dient te worden vastgemaakt met: minimaal 10,27 [kN] / 3,5 [kN] = 3 x Fischer FAN 12/10 ankerbouten.

3.7.4. Conclusie

Het laswerk en de ankerbouten voldoen aan alle eisen conform NEN 6760. Dit verbindingswerk mag worden toegepast in het leuningwerk van de aanlandingen.

4. BEREKENINGEN DEKDELEN

4.1. Aanvullende uitgangspunten

- Omdat de dekdelen die in het brugdek worden toegepast direct op de betonnen bodem worden geplaatst is er geen sprake van een oplegging. Deze belastingsituatie kan worden beschouwd als een directe overbrenging van krachten, van dekdelen naar beton, en behoeft verder niet te worden gecontroleerd op sterkte (de detaillering uitgezonderd).
- De dekdelen in de aanlandingen dienen daarentegen wel te worden gecontroleerd, omdat deze zijn opgelegd op langsliggers.

4.2. Eigenschappen

Hout sterkteklasse	= D30
Afmetingen drager (h x b)	= 55 x 200 [mm]
Lengte drager (excl. oversten) L	= 1,40 [m]
Oppervlakte drager A	= 11.000 [mm ²]
Gewicht drager G	= 8 [kN/m ³]
Elasticiteitsmodulus E	= 9000 [N/mm ²] * 0,9 (red. factor voor vochtige omgeving)
I_y drager ((1/12) * b * h ³)	= 2,7 * 10 ⁶ [mm ⁴]
W_y drager ((1/6) * b * h ²)	= 1,01 * 10 ⁵ [mm ³]

4.3. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	q_{rep} [kN/m]
Eigen gewicht	8 [kN/m ³] * 0,2 [m] * 0,055 [m] = 0,09 [kN/m]	1,2	0,11
Gelijkmatig verdeelde belasting (GVB)	5 [kN/m ²] * 0,2 [m] = 1,0 [kN/m]	1,5	1,50
$q_{rep, totaal}$ [kN/m]			1,61



Figuur 19: Belastingen dekdelen aanlandingselementen

4.3.1. Controle dekdelen aanlandingselementen

$$V_{max;d} = (1/2) * q_{rep, totaal} * L = (1/2) * 1,61 * 1,4 = 1,13 \text{ [kN]}$$

$$M_{max;d} = (1/8) * q_{rep, totaal} * L^2 = (1/8) * 1,61 * 1,4^2 = 0,39 \text{ [kNm]}$$

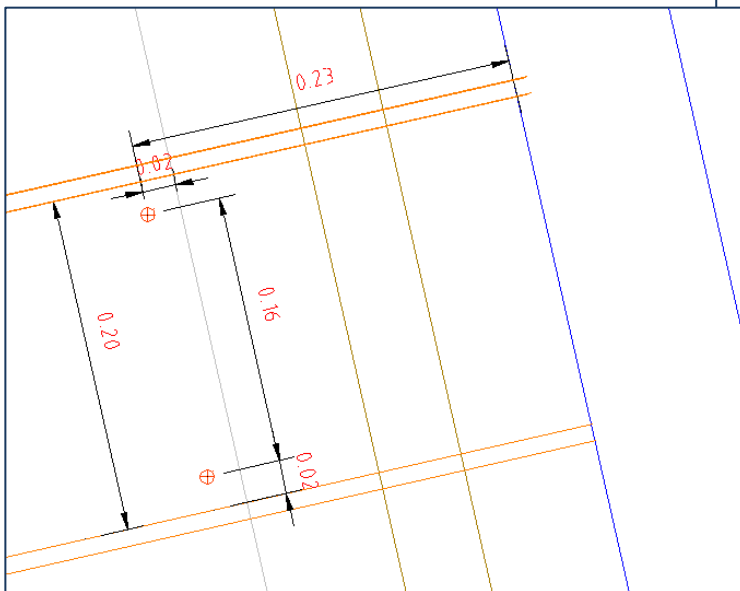
<u>Eis²⁶</u>		
Max. buigspanning σ_d	$= M_d / W_y$ $= 0,39 * 10^6 / 1,01 * 10^5$ $= 3,86 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{t,m;u;d}$ $< 16,9 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 16,9 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. schuifspanning τ_d	$= V_{max;d} / A$ $= 1,13 * 10^3 / 200 * 55$ $= 0,10 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{v;u;d}$ $< 1,69 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 1,69 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. verplaatsing δ_{midden}	$= ((5/384) * q_{rep, totaal} * L^4) / (E * I)$ $= ((5/384) * 1,61 * 1400^4) / (8100 * 2,7 * 10^6)$ $= 3,7 \text{ [mm]}$	$< 1/250 * L$ $< 1/250 * 1400$ $< 5,6 \text{ [mm]}$

²⁶ Eis vanuit NEN 6760

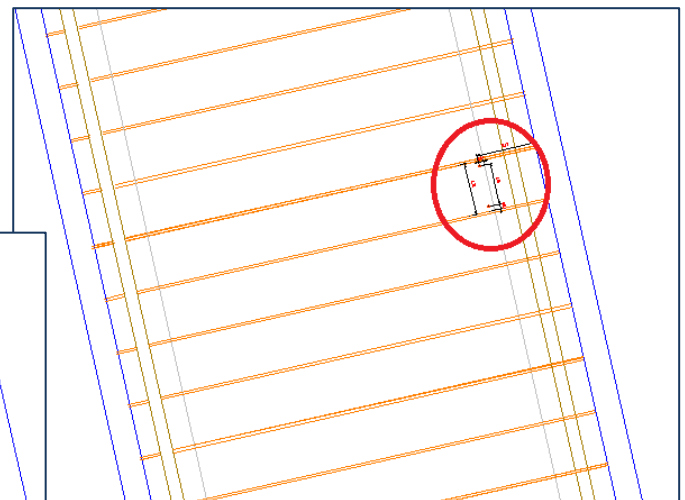
4.4. Detaillering verbinding dekdelen met betonnen bodem brugdek

4.4.1. Aanvullende randvoorwaarden

- Op het brugdek worden bij elk dekdeel identieke verbindingen toegepast. Dit dient het vereenvoudigen van het bouwproces ten doel.
- De dimensionering en sterktecontrole van de ankerbouten geschiedt conform de paragraaf 10.32 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk en NEN 6762, par. 5.3.
- Als verbindende constructies worden Fischer ankerbouten toegepast, met de volgende eigenschappen; kwaliteit/sterkteklasse; 4.6, type: FAN 8/10, sterkte 1,5 [kN] per ankerbout
- De maatgevende horizontale belasting (incl. veiligheidsfactor) bedraagt $f_{h,u;d} = 2,25$ [kN] (conform NEN 6706, 8.3)



Figuur 21: Bovenaanzicht dimensionering ankerbouten



Figuur 20: Bovenaanzicht dekdelen op brugdek-element (waarbij: donkerblauw = wand, grijs = betonnen bodem, oranje = dekdeel, rood = figuur 19)

4.4.2. Controle

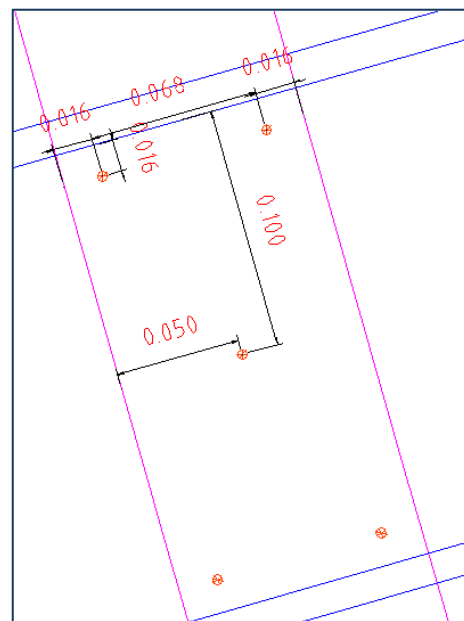
De houten dekdelen dienen met de betonnen bodem en dus de rest van het kunstwerk te worden vastgemaakt door middel van het toepassen van: minimaal $2,25$ [kN] / $1,5$ [kN] = 2 x Fischer FAN 8/10 ankerbouten.

De praktijk leert dat het toepassen van deze verbindingen verder niet meer hoeven te worden gecontroleerd op sterkte (zie ook paragraaf 10.32 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk).

4.5. Detaillering verbinding dekdelen met langsligger aanlandingen

4.5.1. Aanvullende randvoorwaarden

- Op de aanlandingsconstructie (incl. trap 5° Binnenvestgrachtzijde) worden overal identieke verbindingen toegepast. Dit dient het vereenvoudigen van het bouwproces ten doel.
- De dimensionering en sterktecontrole van de houtschroeven geschiedt conform de paragrafen 9.20 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk en NEN 6762, par. 5.3.
- Als verbindende constructies worden houtschroeven toegepast, met de volgende eigenschappen; diameter = 4 [mm], voorboren met boorkopdiameter 2,8 [mm], onderlinge afstand $a_o = 60$ [mm] en $a_{90} = 100$ [mm] (zie paragraaf 9.20 uit het document *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*).
- De maatgevende horizontale belasting (incl. veiligheidsfactor) bedraagt $f_{h;u;d} = 2,25$ [kN] (conform NEN 6706, 8.3)



Figuur 22: Bovenaanzicht dimensionering houtschroeven (waarbij: roze = langsdruager, donkerblauw = dekdeel)

4.5.2. Controle

Stuik Voor voorgeboorde houtschroeven geldt: $f_{emb;rep} = 0,09 * \rho_{rep; * (d_{nom})^{-0,36}}$

Waarbij: $f_{emb;rep}$ = representatieve stuiksterkte [kg/m²]
 $\rho_{rep;}$ = volumieke massa te verbinden houtsoort = 800 [kg/m³]
 d_{nom} = nominale middellijn verbindingsmiddel = 0,004 [m]

Eis: $f_{h;u;d} \leq f_{emb;rep}$

Invullen levert: $f_{emb;rep} = 0,09 * \rho_{rep; * (d_{nom})^{-0,36}}$
 $f_{emb;rep} = 0,09 * 800 * (0,004)^{-0,36}$
 $f_{emb;rep} = 525,5$ [kg/m²]
 $f_{emb;rep} = 5,26$ [kN/m²]

$f_{h;u;d} \leq f_{emb;rep}$
 $2,25 \leq 5,26$

voldoet

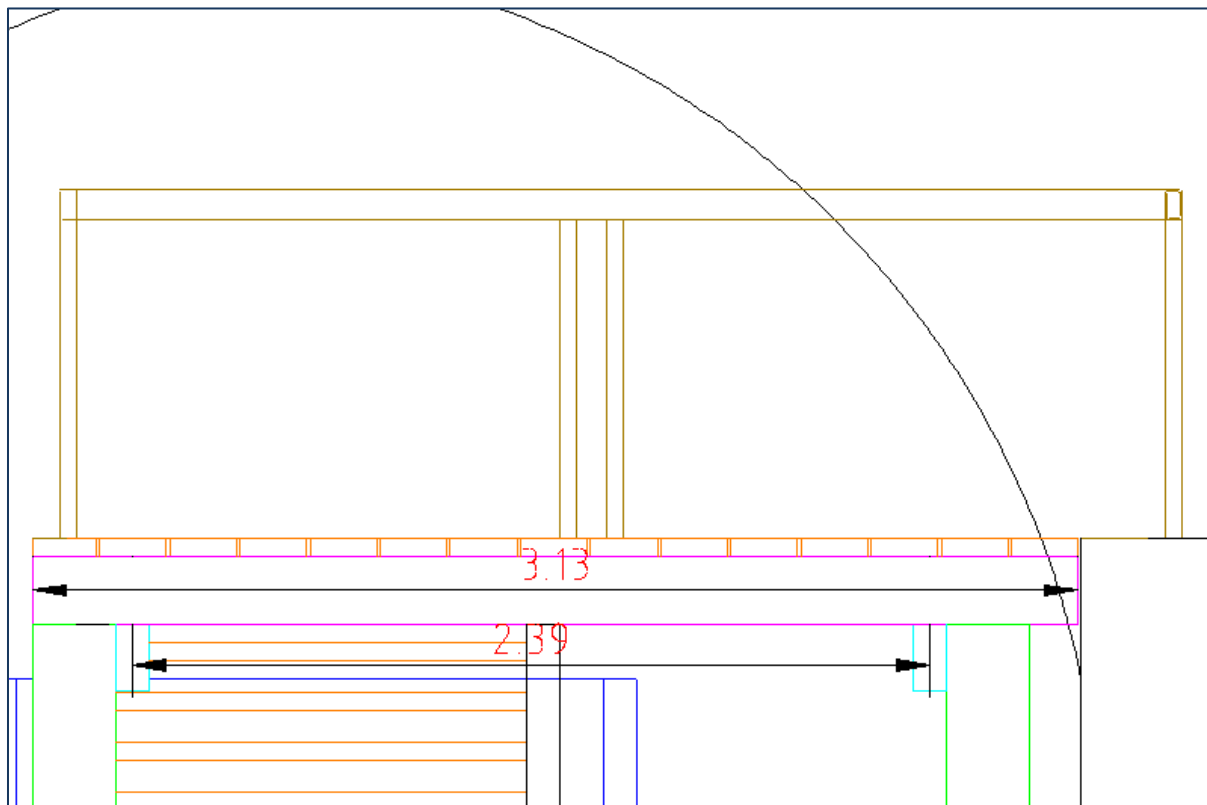
Sterkte	Voor voorgeboorde houtschroeven geldt: $f_{a;t,k} = 40 * (20 - d_{nom})$
Waarbij:	$f_{a;t,k}$ = getalwaarde van de karakteristieke waarde van de treksterkte van het staal in $[N/mm^2]$ d_{nom} = nominale middellijn verbindingsmiddel = 0,004 [m]
Eis:	De karakteristieke waarde voor de vloeigrens of 0,2 % rekgrens moet ten minste gelijk zijn aan 90 % van de karakteristieke waarde van de treksterkte, kortom: $F_{vloeii;u;d} \leq 0,9 * f_{a;t,k}$
Invullen levert:	$f_{a;t,k} = 40 * (20 - d_{nom})$ $f_{a;t,k} = 40 * (20 - 4)$ $f_{a;t,k} = 640$ $F_{vloeii;u;d} \leq 0,9 * f_{a;t,k}$ $275 \leq 0,9 * 640$ $275 \leq 576$
	<u>voldoet</u>

4.6. Conclusie

De dekdelen en haar verbindingen, zowel met beton als met de langsliggers, voldoen aan alle eisen conform NEN 6760 en NEN 6762. De dekdelen en haar verbindingen mogen worden toegepast in het brugdek én beide aanlandingen.

5. BEREKENINGEN AANLANDINGEN

5.1. Maatgevende Langsligger



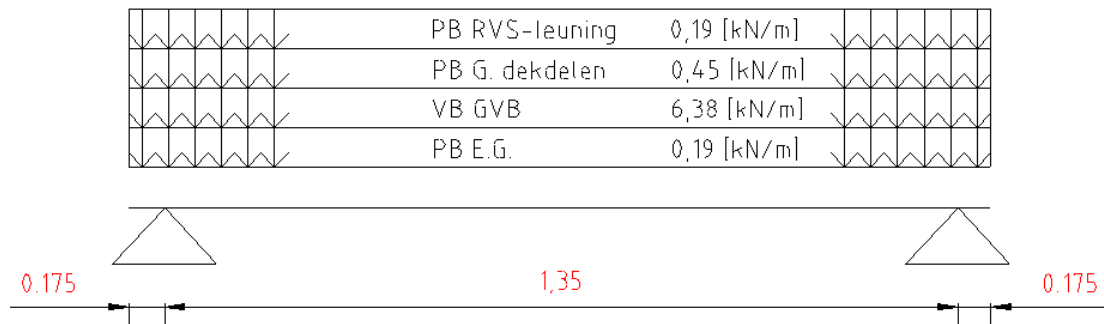
Figuur 23: De aanlanding in zijaanzicht, met langsliggers (roze), dwarsdragers (lichtblauw) en funderingspalen (lichtgroen)

5.1.1. Eigenschappen

Hout sterkteklasse	= D50
Afmetingen ligger (h x b)	= 200 x 100 [mm]
Oppervlakte ligger A	= 20.000 [mm ²]
Gewicht ligger G	= 8 [kN/m ³]
Elasticiteitsmodulus E	= 9000 [N/mm ²] * 0,9 (red. factor voor vochtige omgeving)
	= 8100 [N/mm ²]
I_y drager ($((1/12) * b * h^3)$)	= $6,7 * 10^7$ [mm ⁴]
W_y drager ($((1/6) * b * h^2)$)	= $6,7 * 10^5$ [mm ³]

5.1.2. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	q_{rep} [kN/m]
PB - Eigen gewicht	$8 \text{ [kN/m}^3] * 0,2 \text{ [m]} * 0,10 \text{ [m]} = 0,16 \text{ [kN/m]}$	1,2	0,19
VB - Gelijkmatic verdeebe belastung (GVB)	$5 \text{ [kN/m}^2] * 0,85 \text{ [m]} = 4,25 \text{ [kN/m]}$	1,5	6,38
PB – Gewicht dekdelen	$8 \text{ [kN/m}^3] * 0,2 \text{ [m]} * 0,85 \text{ [m]} = 0,38 \text{ [kN/m]}$	1,2	0,45
PB – Gewicht leuningwerk	$77,8 \text{ [kN/m}^3] * 0,002 \text{ [m}^2] = 0,16 \text{ [kN/m]}$	1,2	0,19
q_{rep} : totaal [kN/m]			7,21



Figuur 24: Belastingen op langsligger

5.1.3. Controle

$$V_{\max;d} = (1/2) * q_{\text{rep; totaal}} * L = (1/2) * 7,21 * 1,35 = 4,87 \text{ [kN]}$$

$$M_{\max;d} = (1/8) * q_{\text{rep; totaal}} * L^2 = (1/8) * 7,21 * 1,35^2 = 1,64 \text{ [kNm]}$$

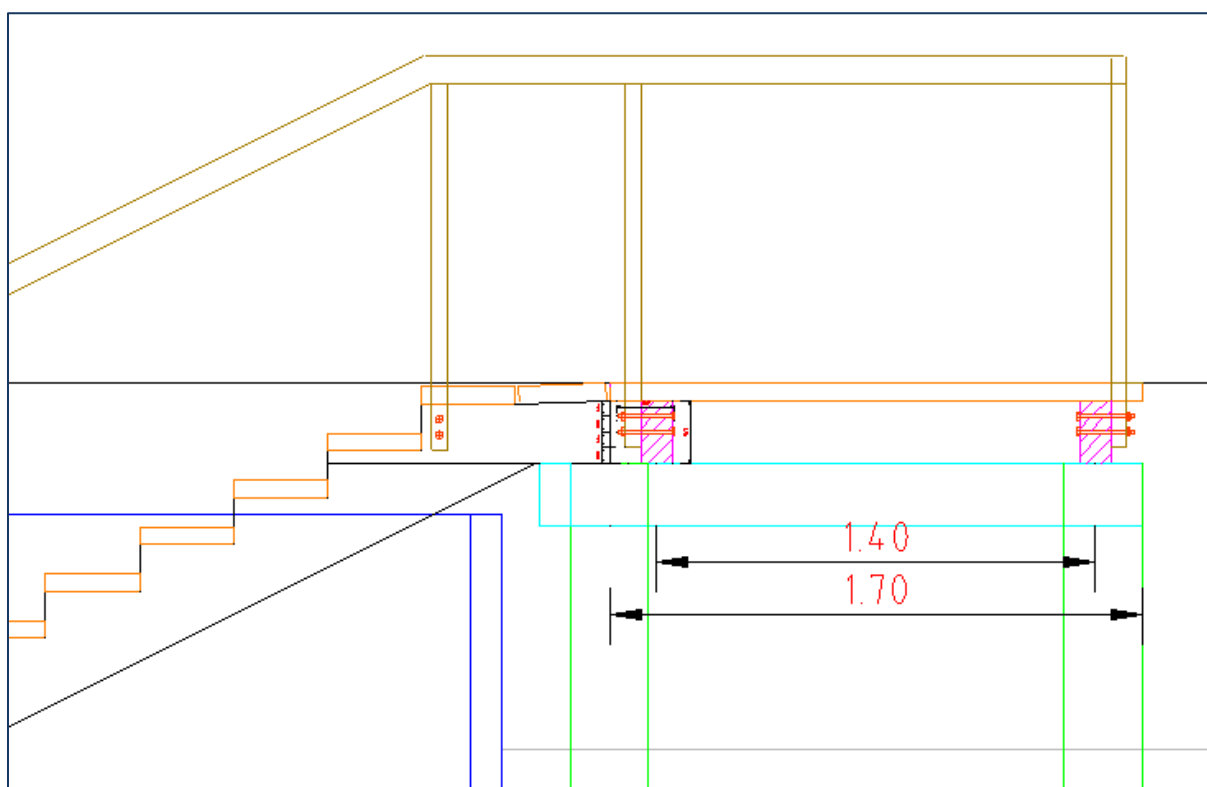
		Eis
Max. buigspanning σ_d	$= M_d / W_y$ $= 1,64 * 10^6 / 6,7 * 10^5$ $= 2,46 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{t,m;u;d}$ $< 28,1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 28,1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. schuifspanning τ_d	$= V_{\max;d} / A$ $= 4,87 * 10^3 / 200 * 100$ $= 0,24 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{v;u;d}$ $< 2,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 2,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. verplaatsing δ_{midden}	$= ((5/384) * q_{\text{rep; totaal}} * L^4) / (E * I)$ $= ((5/384) * 7,21 * 1350^4) / (8100 * 6,7 * 10^7)$ $= 0,58 \text{ [mm]}$	$< 1/250 * L$ $< 1/250 * 1350$ $< 5,4 \text{ [mm]}$

5.1.4. Conclusie

De maatgevende langsligger voldoet ruimschoots aan alle eisen conform NEN 6760. De maatgevende langsligger mag worden toegepast in beide aanlandingen.

De langsligger wordt toegepast ondanks dat deze overgedimensioneerd is. Deze overdimensionering wordt verantwoord met het gebruik van planken met standaardafmetingen (uitvoering is eenduidiger, door de aanwezigheid van minder typen balken) én de wens om een extra veiligheidsmarge in te bouwen in verband met onverwachte belastingen.

5.2. Maatgevende Dwarsdrager



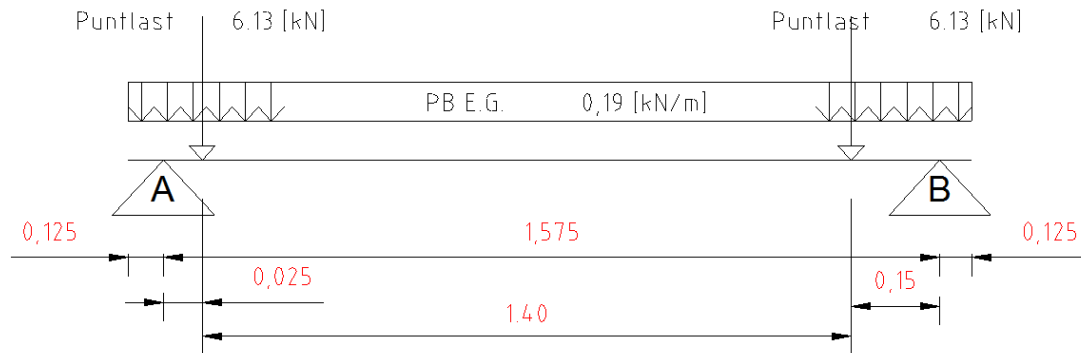
Figuur 25: De aanlanding in vooraanzicht, met langsliggers (roze), dwarsdragers (lichtblauw) en funderingspalen (lichtgroen)

5.2.1. Eigenschappen

Hout sterkteklasse	= D50
Afmetingen drager (h x b)	= 200 x 100 [mm]
Oppervlakte drager A	= 20.000 [mm ²]
Gewicht drager G	= 8 [kN/m ³]
Elasticiteitsmodulus E	= 9000 [N/mm ²] * 0,9 (red. factor voor vochtige omgeving)
	= 8100 [N/mm ²]
I_y drager ($(1/12) * b * h^3$)	= $6,7 * 10^7$ [mm ⁴]
W_y drager ($(1/6) * b * h^2$)	= $6,7 * 10^5$ [mm ³]

5.2.2. Belastingen

	Belastingen	Bel. factor	q_{rep} [kN/m]
PB - Eigen gewicht	$8 \text{ [kN/m}^3] * 0,2 \text{ [m]} * 0,10 \text{ [m]} = 0,16 \text{ [kN/m]}$	1,2	0,19
PB – Puntlasten langsligger	$0,5 * q_{totaal} * L$ $0,5 * 7,21 \text{ [kN/m]} * 1,70 \text{ [m]} = 6,13 \text{ [kN]}$	-	-
$q_{rep; totaal}$ [kN/m]			0,19



Figuur 26: Belastingen op dwarsdrager

5.2.3. Controle

$$\begin{aligned}\sum F_v &= 0; & -A_v + 6,13 + (1,825 \cdot 0,19) + 6,13 - B_v &= 0 \\ & & A_v + B_v &= 12,61 \text{ kN} \\ \sum T_A &= 0; & -6,13 \cdot 0,025 - 0,35 \cdot 0,788 - 6,13 \cdot 1,575 + B_v \cdot 1,575 &= 0 \\ & & B_v &= 6,40 \text{ kN} \\ & & A_v &= 12,61 - 6,40 = 6,21 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\max;d} &= 6,4 \text{ [kN]} \\ M_{\max;d} &= 6,40 \cdot 1,575 = 10,1 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

		Eis
Max. buigspanning σ_d	$= M_d / W_y$ $= 10,1 \cdot 10^6 / 6,7 \cdot 10^5$ $= 15,04 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{t,m;u;d}$ $< 28,1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 28,1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. schuifspanning τ_d	$= V_{\max;d} / A$ $= 6,40 \cdot 10^3 / 200 \cdot 100$ $= 0,32 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{t,v;u;d}$ $< 2,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 2,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. verplaatsing δ_{midden}	$= ((5/384) \cdot q_{\text{rep; totaal}} \cdot L^4) / (E \cdot I)$ $= ((5/384) \cdot (12,61/1,575) \cdot 1575^4) / (8100 \cdot 6,7 \cdot 10^7)$ $= 1,18 \text{ [mm]}$	$< 1/250 \cdot L$ $< 6,3 \text{ [mm]}$

5.2.4. Conclusie

De maatgevende dwarsdrager voldoet ruimschoots aan alle eisen conform NEN 6760. De maatgevende langsligger mag worden toegepast in beide aanlandingen.

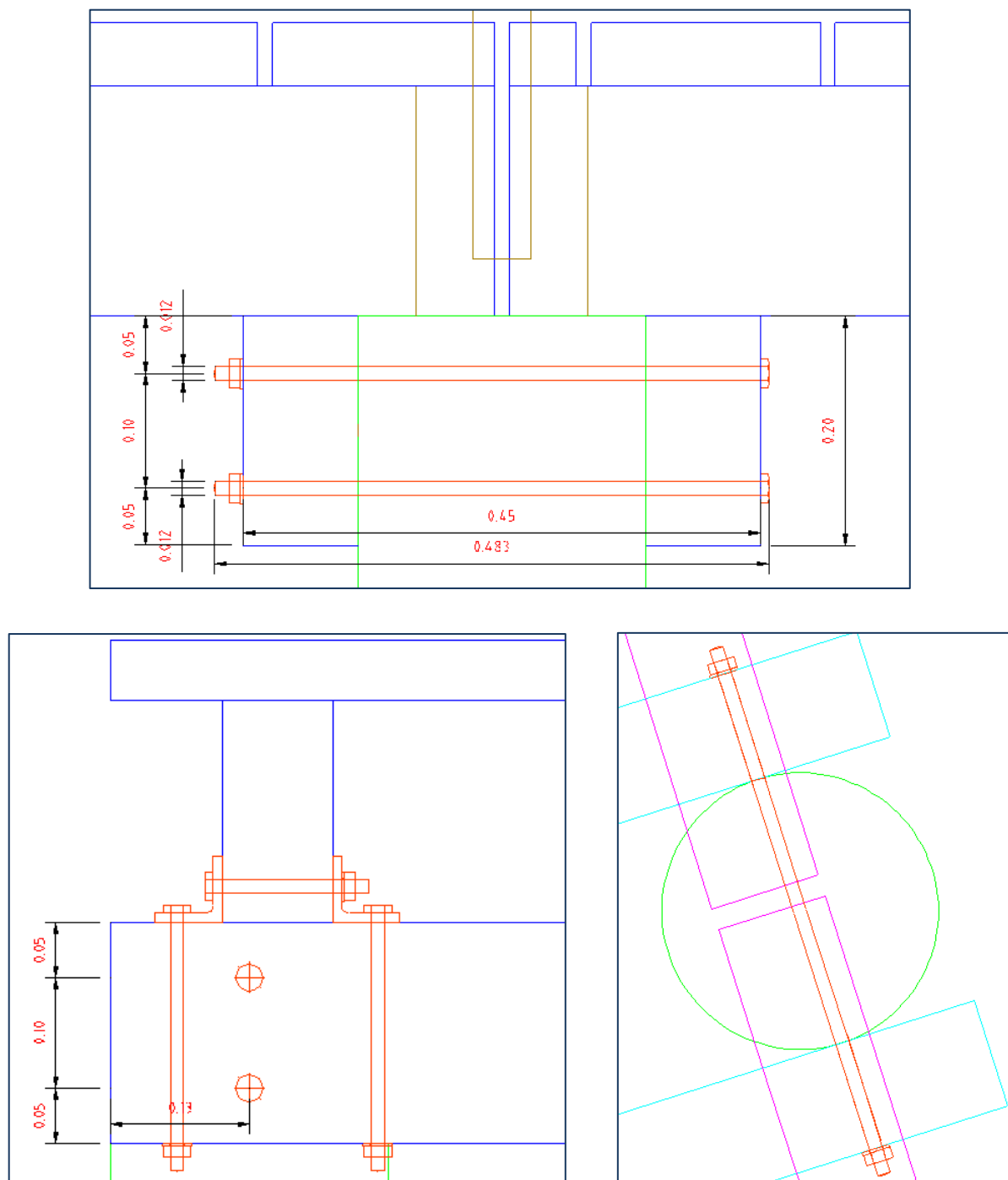
De dwarsdrager wordt toegepast ondanks dat deze overgedimensioneerd is. Deze overdimensionering wordt verantwoord met het gebruik van planken met standaardafmetingen (uitvoering is eenduidiger, door de aanwezigheid van minder typen balken) én de wens om een extra veiligheidsmarge in te bouwen in verband met onverwachte belastingen.

5.3. Detaillering verbinding dwarsligger met funderingspaal

5.3.1. Aanvullende randvoorwaarden

- Op de aanlandingsconstructie worden overall identieke verbindingen tussen dwarsligger en funderingspaal toegepast. Dit dient het vereenvoudigen van het bouwproces ten doel.
- De berekening geschiedt conform de paragrafen 10.23 t/m 10.25 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk.
- Als verbindende constructies worden bouten toegepast, met de volgende eigenschappen;

Bouten(/moeren/sluitringen): kwaliteit/sterkteklasse; 4.6, type: M12 (zie hoofdstuk 10 document *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*)



Figuur 27(boven), 28(linksonder) & 29(rechtsonder): De boutverbindingen in resp. zij-, voor- en bovenaanzicht

5.3.2. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
Verticale maximale puntlast conform paragraaf 6.2.	9,75 [kN] * 2	NVT	19,5
F _{rep,vert;totaal} [kN]			19,5

5.3.3. Controle (conform NEN 6770)

Stuik:

Formule: $F_{c;u;d} = 2 * \alpha_c * f_{t;d} * d_{b;nom} * t$

Eis: $\frac{F_{c;s;d}}{F_{c;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{c;s;d}$ = onderhevige stuikkracht [kN] = 19,5 / 4
= 4,88 [kN]

$F_{c;u;d}$ = Grensstuikkracht [N] of [kN] =
 α_c = stuikfactor = 0,483 [-]
 $f_{t;d}$ = treksterkte te verbinden materiaal = 30 [N/mm²]
 $d_{b;nom}$ = nominale boutdiameter = 12 [mm]
 t = dikte van de te verbinden plaat = 450 [mm]

Invullen levert:

$F_{c;u;d} = 2 * \alpha_c * f_{t;d} * d_{b;nom} * t$
 $F_{c;u;d} = 2 * 0,483 * 30 * 12 * 450$
 $F_{c;u;d} = 156.492 \text{ [N]} = 156,5 \text{ [kN]}$

$\frac{F_{c;s;d}}{F_{c;u;d}} \leq 1$

$\frac{4,88}{156,5} \leq 1$

voldoet

Afschuiving

Formule: $F_{v;u;d} = 0,48 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$

Eis: $\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{v;s;d}$ = onderhevige afschuivingskracht [kN] = 19,5 / 4
= 4,88 [kN]

$F_{v;u;d}$ = Grensschuifkracht [N] of [kN] =
 $f_{t;b;d}$ = treksterkte van de bout = 400 [N/mm²]
 $A_{b;s}$ = spanningsdoorsnede bout = 84,3 [mm²]

Invullen levert:

$F_{v;u;d} = 0,48 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$
 $F_{v;u;d} = 0,48 * 400 * 84,3$
 $F_{v;u;d} = 16.186 \text{ [N]} = 16,2 \text{ [kN]}$

$\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} \leq 1$

$\frac{4,88}{16,2} \leq 1$

voldoet

Trek

Formule: $F_{t;u;d} = 0,72 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$

Eis: $\frac{F_{t;s;d}}{F_{t;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{t;s;d}$ = onderhevige trekkracht [kN] = 19,5 / 4
= 4,88 [kN]

$F_{t;u;d}$ = Grenstrekkkracht [N] of [kN] =
 $f_{t;b;d}$ = treksterkte van de bout = 400 [N/mm²]
 $A_{b;s}$ = spanningsdoorsnede bout = 84,3 [mm²]

Invullen levert:

$F_{t;u;d} = 0,72 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$
 $F_{t;u;d} = 0,72 * 400 * 84,3$
 $F_{t;u;d} = 24.278 \text{ [N]} = 24,3 \text{ [kN]}$

$\frac{F_{t;s;d}}{F_{t;u;d}} \leq 1$

$\frac{4,88}{24,3} \leq 1$

voldoet

Combinatie trek en afschuiving

Eis: $\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} + \frac{F_{t;s;d}}{1,4 * F_{t;u;d}} \leq 1$

Invullen levert:

$\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} + \frac{F_{t;s;d}}{1,4 * F_{t;u;d}} \leq 1$

$\frac{4,88}{16,2} + \frac{4,88}{1,4 * 24,3} \leq 1$

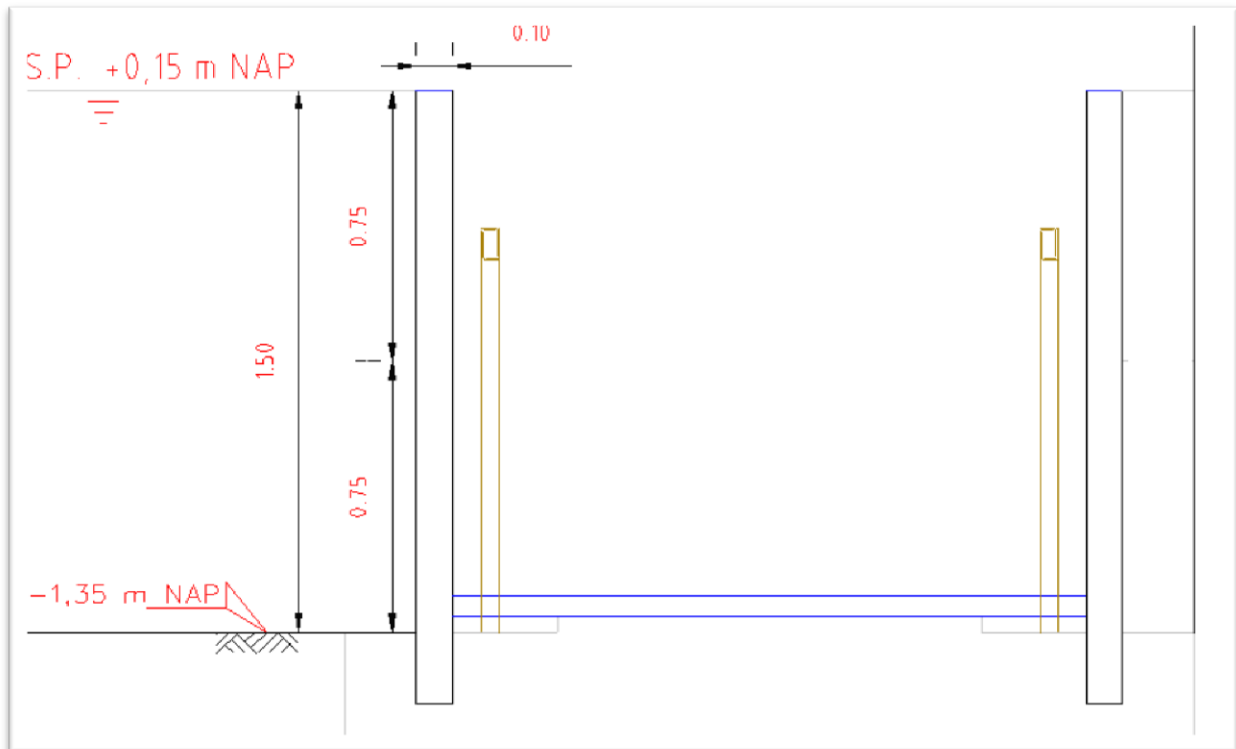
voldoet

5.3.4. Conclusie

De verbinding voldoet aan alle eisen conform NEN 6760. Dit type verbinding mag worden toegepast in de aanlandingen.

6. BEREKENINGEN BRUGDEKELEMENT

6.1. Stabiliteit maatgevende PMMA/PC-wand



Figuur 30 De maatgevende wand in vooraanzicht (in relatie tot het brugdek), inclusief maatgevend waterpeil.

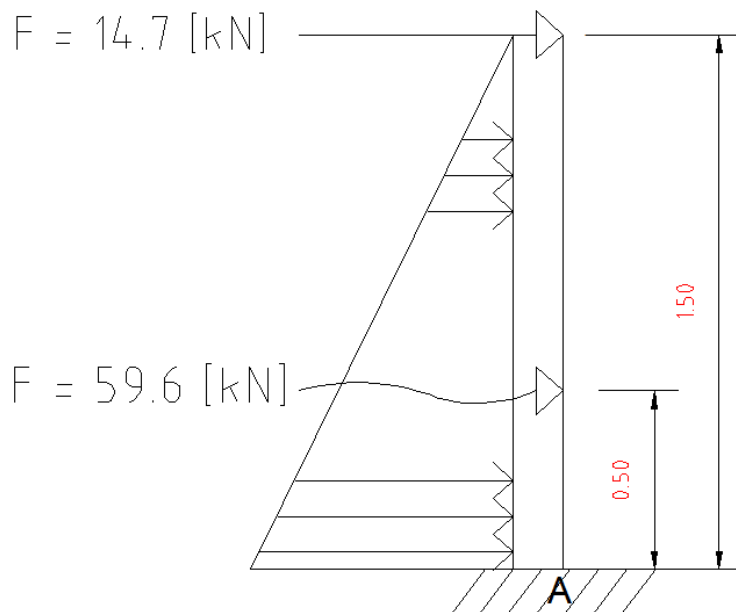
6.1.1. Eigenschappen Wand (vanaf waterbodem)

Voldoen aan veiligheidsklasse	= 3
Afmetingen wand vanaf (h x b _{PMMA})	= 1500 x 75 [mm]
Oppervlakte wand A	= [mm ²]
Gewicht ligger G	= 1190 [kg/m ³] = 11,9 [kN/m ³]
Elasticiteitsmodulus E	= 3188 [N/mm ²] * 0,9 (red. factor voor vochtige omgeving)
	= 2870 [N/mm ²]
Repr. druk/trek/buigsterkte f _{m;u;d}	= 61,3 [N/mm ²]
Max. aanvaarde schuifspanning f _{t;u;d}	= 1 [N/mm ²]
I _y drager ((1/12) * b * h ³)	= 1,45 * 10 ⁸ [mm ⁴]
W _y drager ((1/6) * b * h ²)	= 3,87 * 10 ⁶ [mm ³]

Als uitgangspunt wordt gesteld dat de wand een volledige inklemming heeft bereikt in combinatie met het onderwaterbeton en een trekstang. Tevens wordt er enkel gekeken naar het PMMA deel van de wand, omdat dit deel de gehele belasting moet afdragen.

6.1.2. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
PB - Waterdruk	$F = 0,5 \cdot q \cdot g \cdot h^2 \cdot b$ (q = 1000 kg/m = 10 kN/m) $F = 0,5 \cdot 1000 \text{ [kg/m]} \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]} \cdot 1,5 \text{ [m]}^2 \cdot 4,5 \text{ [m]}$ $F = 49,7 \text{ [kN]}$	1,2	59,6
VB – Bijzondere belasting agv aanvaringen	$F = m \cdot g$ $F = 1000 \text{ [kg]} \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$ $F = 9810 \text{ [N]} = 9,81 \text{ [kN]}$	1,5	14,7
		F _{rep; totaal} [kN]	72,1



Figuur 31: Belastingen op wand

6.1.3. Controle

$$\begin{aligned}\Sigma F_h &= 0; & -A_h + 59,6 + 14,7 &= 0 \\ & & A_h &= 74,3 \text{ [kN]} \\ \Sigma T_A &= 0; & -59,6 \cdot 0,5 - 14,7 \cdot 1,5 + A_T &= 0 \\ & & A_T &= 51,9 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Conform *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde* is er sprake van inklemmingsgeval 4, dit betekent:

$$\begin{aligned}V_{\max;d} &= 74,3 \text{ [kN]} \\ M_{\max;d} &= 14,7 \cdot 1,5 + 59,6 \cdot 0,5 = 51,9 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Max. buigspanning σ_d	$= M_d / W_y$ $= 51,9 \cdot 10^6 / 3,87 \cdot 10^6$ $= 13,41 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	<u>Eis</u> $< f_{m;u;d}$ $< 61,3 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 61,3 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. schuifspanning τ_d	$= V_{\max;d} / A$ $= 74,3 \cdot 10^3 / 1500 \cdot 4500$ $= 0,01 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$< f_{v;u;d}$ $< 1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $< 1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
Max. verplaatsing δ_{midden}	$= (q \cdot L^4) / (30 \cdot E \cdot I)$ $= ((10) \cdot 1500^4) / (30 \cdot 2870 \cdot 1,45 \cdot 10^8)$ $= 4,05 \text{ [mm]}$	$< 1/250 \cdot L$ $< 1/250 \cdot 1500$ $< 6 \text{ [mm]}$

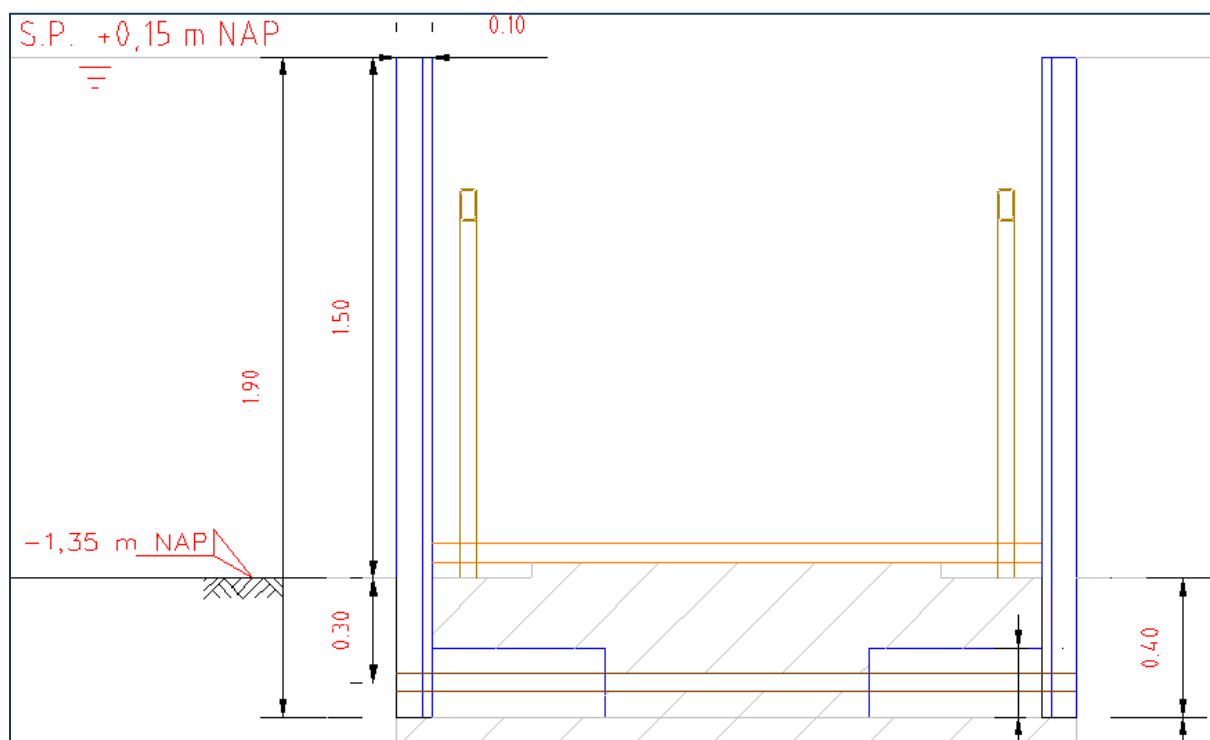
6.1.4. Conclusie

De maatgevende buitenwand voldoet ruimschoots aan alle eisen conform NEN 6760. De PMMA buitenwand mag worden toegepast in het brugdek.

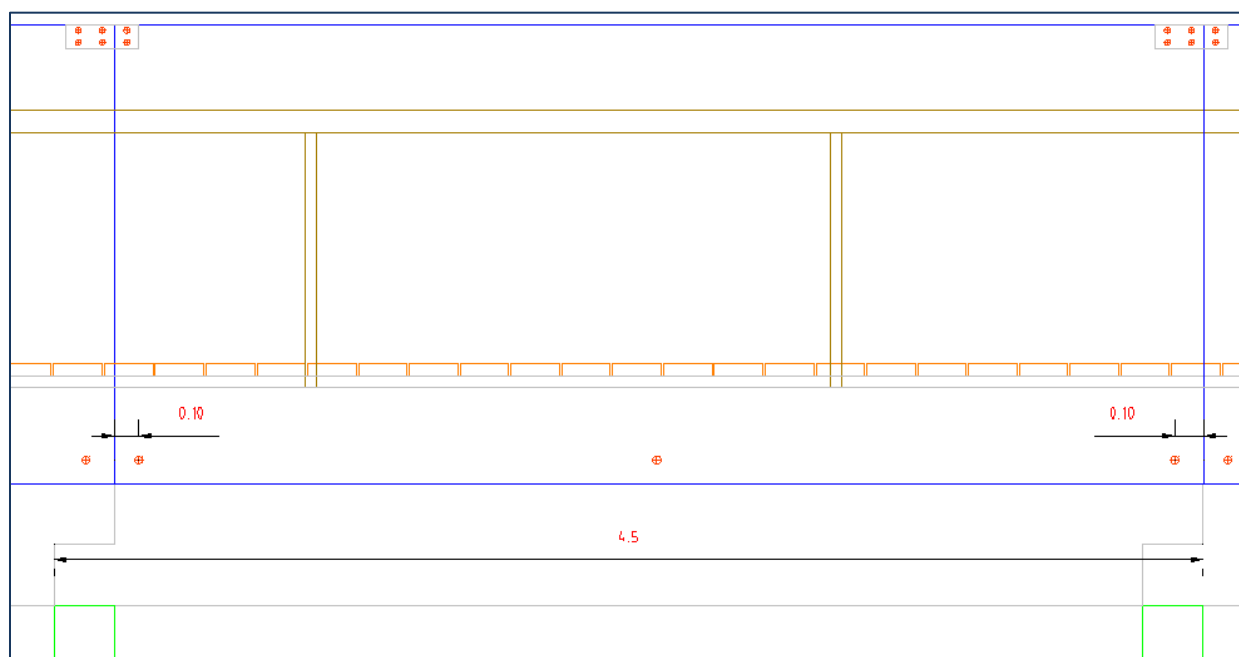
6.2. Inklemming maatgevende PMMA/PC-wand

6.2.1. Aanvullende Randvoorwaarden

- De situatie van paragraaf 6.1 wordt vertaald naar een situatie waarin inklemming in het kantelpunt A nog bereikt moet worden.
- De nieuwe situatie gaat uit van een inklemming die bereikt wordt met een drietal trekstangen, zie figuur 19 en 20.
- Trekstaaf: sterkteklasse staal S275, roestvrij, volumiek gewicht 78 [kN/m³], diameter $\Phi = 35$ [mm], $A_{doorsnede} = 962,1$ [mm²]



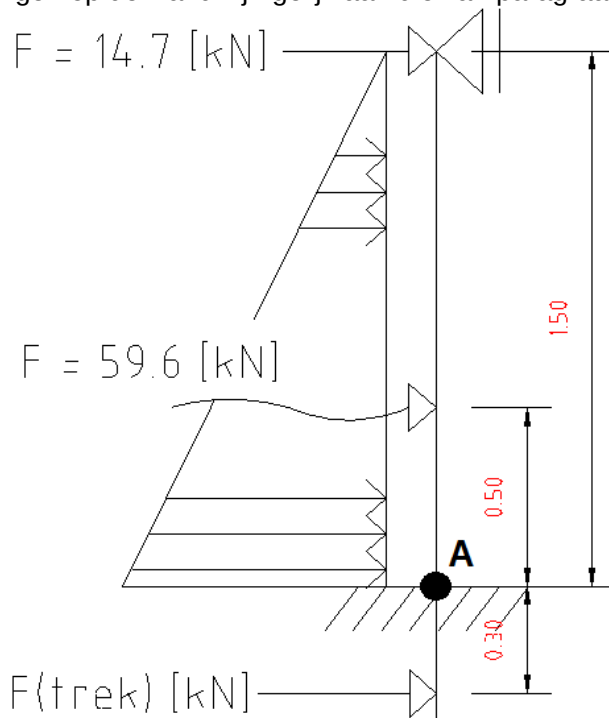
Figuur 32: De inklemmingssituatie van de wanden in vooraanzicht



Figuur 33: De inklemmingssituatie van de wanden in vooraanzicht

6.2.2. Belastingen

De belastingen op de wand zijn gelijk aan die van paragraaf 6.1.



Figuur 34: De belastingssituatie

6.2.3. Controle

$$\Sigma T_A = 0; \quad -59,6 \cdot 0,5 - 14,7 \cdot 1,5 + F_{\text{trek}} \cdot 0,3 = 0$$

$$F_{\text{trek};d} = 172,8 \text{ [kN]}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. trekspanning } \sigma_{\text{trek};u;d} &= F_{\text{trek};d} / A_{\text{doorsnede;trekst}} \\ &= 172,8 \cdot 10^3 / (0,25 \cdot \pi \cdot 35^2) \\ &= 179,6 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

Eis

$$\begin{aligned} &< f_{t;tr/dr;u;d} \\ &< 229,2 \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ &< 229,2 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

6.2.4. Conclusie

De toe te passen trekstang voldoet aan de eis conform NEN 6760 m.b.t. de trekspanning. Op basis hiervan kan er geconcludeerd worden dat de trekstang in de brugdekelementen mag worden toegepast.

6.2.5. Toepassing

De trekstangen moeten in paren van drie per element als volgt worden toegepast: één trekstang vlak voor elk uiteinde van een element (x2) en één trekstang in het midden van het element. (zie figuur 32 en 33)

6.2.6. Bijzonderheden

Het is van belang dat de trekstangen **niet** worden voorgespannen, omdat de trekstangen zijn berekend op een uitzonderingssituatie. Worden de trekstangen wel voorgespannen dan kan de wand krom worden getrokken door de stang, met alle gevolgen van dien.

Tevens is het belangrijk om het beton rond punt A (het kantelpunt van de wand) te verstevigen door middel van een metalen plaat om beschadiging te voorkomen.

6.3. Controle stabiliteit brugdekelement tijdens kritieke toestand

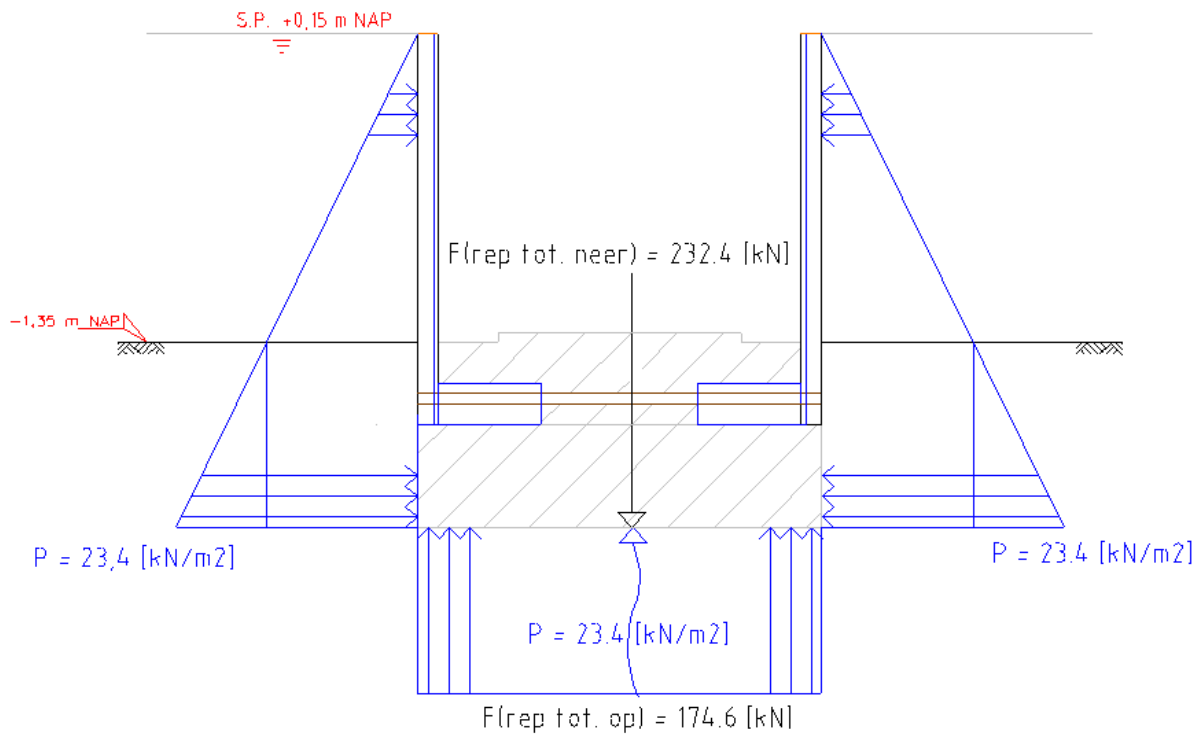
6.3.1. Aanvullende Randvoorwaarden

- De meest kritieke toestand kan zich voordoen wanneer men gedurende de uitvoering de prefab elementen op de bodem heeft laten zakken en er zich tegelijkertijd een piek in het waterpeil van de gracht voordoet.
- De prefab elementen zijn nog niet aangekleed met meubilair, maar zijn wel al waterdicht gemaakt.
- De lichtste uitvoering van het prefab element is in dit geval maatgevend (zie figuur 33).
- De berekening geschiedt conform hoofdstuk 2 uit het document; *Toegepaste vloeistofmechanica*, door Ir. I.W. Nortier en Ir. P. de Koning, ISBN 90 401 0318 6, 7^e druk.

6.3.2. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
PB – Horizontale waterdruk + hor. gronddruk kleig zand ²⁷	$P_{hor} = 10 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot h + 10 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot h \cdot f_{hor}$ $P_{hor} = 10 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 1,5 \text{ [m]} + 10 \cdot 0,9 \cdot 0,5$ $P_{hor} = 19,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \text{ (* bel. Factor 1.2 = 23,4)}$		
PB – Verticale waterdruk (omhoog)	$P_{vert} = P_{hor}$ $P_{vert} = 19,5 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ $F = P \cdot l \cdot b$ $F_{vert \text{ omhoog}} = 19,5 \cdot 4,5 \cdot 1,96$ $F_{vert \text{ omhoog}} = 172,0 \text{ [kN]}$	1,2	206,4
F _{rep} ; totaal op [kN]			206,4
PB – e.g. Beton naast wand (neerwaarts)	$F = G \cdot h \cdot l \cdot b$ $F = 23 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 4,5 \text{ [m]} \cdot 1,76 \text{ [m]} +$ $23 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,2 \text{ [m]} \cdot 4,5 \text{ [m]} \cdot 0,76 \text{ [m]}$ $F = 61,3 \text{ [kN]}$	1,2	73,5
PB – e.g. Beton onder wand (neerwaarts)	$F = G \cdot h \cdot l \cdot b$ $F = 23 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,5 \text{ [m]} \cdot 4,5 \text{ [m]} \cdot 1,96 \text{ [m]}$ $F = 101,4 \text{ [kN]}$	1,2	121,7
PB – e.g. PMMA/PC wand links (neerwaarts)	$F = G \cdot h \cdot l \cdot b$ $F = 11,9 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 1,9 \text{ [m]} \cdot 4,5 \text{ [m]} \cdot 0,1 \text{ [m]} +$ $11,9 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,2 \text{ [m]} \cdot 4,5 \text{ [m]} \cdot 0,5 \text{ [m]}$ $F = 15,5 \text{ [kN]}$	1,2	18,6
PB – e.g. PMMA/PC wand rechts (neerwaarts)	$F = G \cdot h \cdot l \cdot b$ $F = 11,9 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 1,9 \text{ [m]} \cdot 4,5 \text{ [m]} \cdot 0,1 \text{ [m]} +$ $11,9 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,2 \text{ [m]} \cdot 4,5 \text{ [m]} \cdot 0,5 \text{ [m]}$ $F = 15,5 \text{ [kN]}$	1,2	18,6
F _{rep} ; totaal neer [kN]			232,4

²⁷ In werkelijkheid werkt de horizontale waterdruk (10 kN/m³) slechts tot op het niveau van de waterbodem op het kunstwerk. De horizontale gronddruk welke veroorzaakt wordt door kleig zand, is gelijk aan de horizontale waterdruk * factor $f_a = 0,5$ [-].



Figuur 34: De belastingssituatie

6.3.3. Controle

Eis stabiliteit:

Het brugdekelement is gefundeerd op stalen buispalen en is niet drijvend. Tevens is het dek volledig symmetrisch. Om die drie redenen kan worden geconcludeerd dat het kunstwerk stabiel is.

Eis opbarsten:

$$\begin{aligned}\Sigma F_v &\geq 0; \\ \Sigma F_v &\geq 232,4 - 206,4 \\ \Sigma F_v &\geq 26,0 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

voldoet

Eis horizontale verplaatsing:

$$\begin{aligned}\Sigma F_{h;weerst} &> \Sigma F_{h;waterdr.} \\ 0,5 * F_{rep;tot;neer} &> F_{rep;tot;hor} \\ 0,5 * 232,4 &> 206,4 - 206,4 \\ 116,2 &> 0\end{aligned}$$

voldoet

6.3.4. Conclusie

Door haar fundering en het feit dat het kunstwerk niet drijft, is het kunstwerk stabiel. Tevens is de som van de neerwaartse krachten groter dan de som van de opwaartse krachten. Wanneer dit het geval is, is er geen gevaar van opbarsten. Daarnaast is de weerstand tegen verplaatsing groter dan de totale horizontale waterdruk. Op basis van dit alles kan er geconcludeerd worden dat de brugdekelementen in kritieke toestand stabiel zijn en dus mogen worden toegepast.

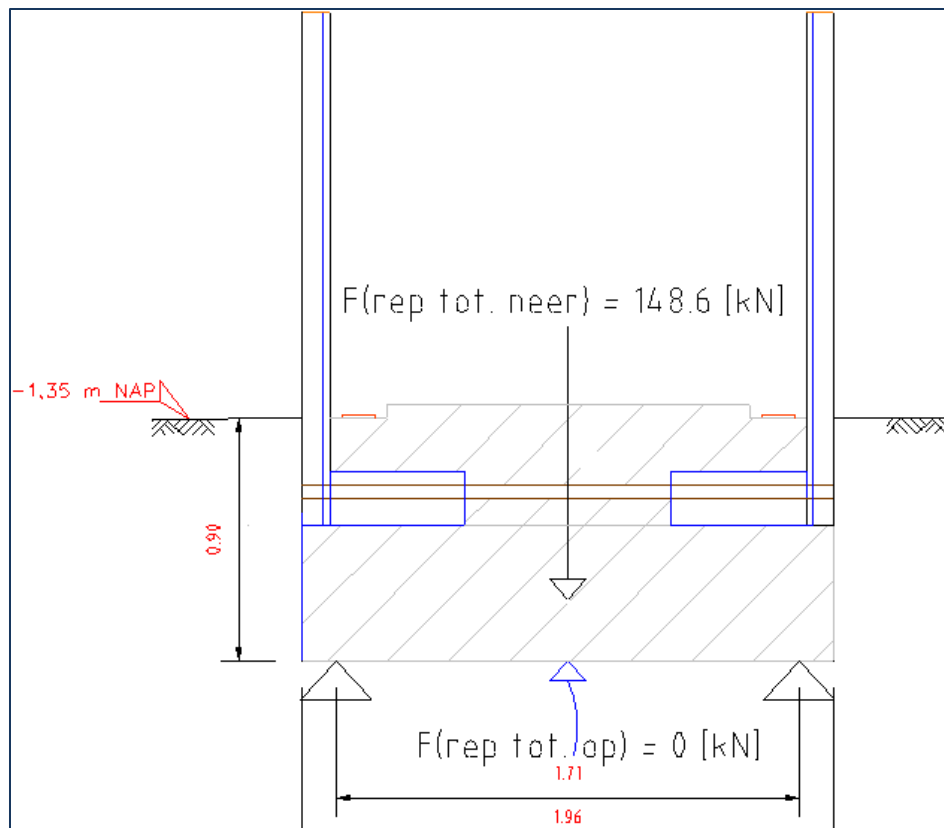
6.4. Bepalen maatgevende belasting brugdekelement op fundering

6.4.1. Aanvullende randvoorwaarden

- Al het beton wat wordt toegepast in het kunstwerk dient in een later stadium te worden geclassificeerd en berekend te worden op sterkte. De projectscope laat de betonberekeningen namelijk buiten beschouwing.
- Aangenomen wordt dat het beton dat toegepast wordt, de onderhevige belastingen kan afdragen naar de funderingspalen zonder daarbij te bezwijken. Er wordt dus vanuit gegaan dat het beton aan alle eisen voldoet.
- De meest ongunstige en dus maatgevende belastingssituatie voor de funderingspalen doet zich voor wanneer de waterstand op zijn laagste peil staat (geringe opwaartse druk) en wanneer het brugdek tegelijkertijd maximaal belast is (door meubilair en voetgangers).
- In het meest extreme geval wordt uitgegaan van droogstand van het waterbed. Dit komt neer op een waterstand van -1.35 m. NAP (zijnde de waterbodem).
- Het belastingsschema is symmetrisch. Dit betekent dat de oplegkrachten op punt A en punt B gelijk zullen zijn.
- De 'korte kant' van elk brugdekelement is belastingtechnisch maatgevend.
- Elk brugdekelement wordt ondersteund op vier funderingspalen.

6.4.2. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
PB – Verticale waterdruk (omhoog)	$F_{\text{vert omhoog}} = 0,0$ [kN]	1,2	0
F _{rep; totaal op} [kN]			0
VB – GVB	$F = P * l * b$ $F = 5$ [kN/m ²] * 2,25 [m] * 1,76 [m] $F = 19,8$ [kN]	1,5	29,7
PB – e.g. leuningwerk (x2)	$F = q * l$ $F = 0,1$ [kN/m] * 2,25 [m] * 2 [-] $F = 0,45$ [kN]	1,2	0,54
PB – e.g. dekdelen	$F = G * h * l * b$ $F = 8$ [kN/m ³] * 0,055 [m] * 2,25 [m] * 1,76 [m] $F = 1,74$ [kN]	1,2	2,09
PB – e.g. Beton naast wand (neerwaarts)	$F = G * h * l * b$ $F = 23$ [kN/m ³] * 0,25 [m] * 2,25 [m] * 1,76 [m] + 23 [kN/m ³] * 0,2 [m] * 2,25 [m] * 0,76 [m] $F = 30,7$ [kN]	1,2	36,8
PB – e.g. Beton onder wand (neerwaarts)	$F = G * h * l * b$ $F = 23$ [kN/m ³] * 0,5 [m] * 2,25 [m] * 1,96 [m] $F = 50,7$ [kN]	1,2	60,9
PB – e.g. PMMA/PC wand links (neerwaarts)	$F = G * h * l * b$ $F = 11,9$ [kN/m ³] * 1,9 [m] * 2,25 [m] * 0,1 [m] + $11,9$ [kN/m ³] * 0,2 [m] * 2,25 [m] * 0,5 [m] $F = 7,75$ [kN]	1,2	9,3
PB – e.g. PMMA/PC wand rechts (neerwaarts)	$F = G * h * l * b$ $F = 11,9$ [kN/m ³] * 1,9 [m] * 2,25 [m] * 0,1 [m] + $11,9$ [kN/m ³] * 0,2 [m] * 2,25 [m] * 0,5 [m] $F = 7,75$ [kN]	1,2	9,3
F _{rep; totaal neer} [kN]			148,6



Figuur 35: De maatgevende belastingsituatie op de korte kant van het brugdelement

6.4.3. Controle

Er wordt uitgegaan van

$$\begin{aligned} \text{Eis: } \Sigma F_v &= 0; & 148,6 - A_v - B_v &= 0 \\ & & A_v + B_v &= 148,6 \text{ [kN]} \\ & & A_v = B_v &= 148,6 / 2 = 74,3 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

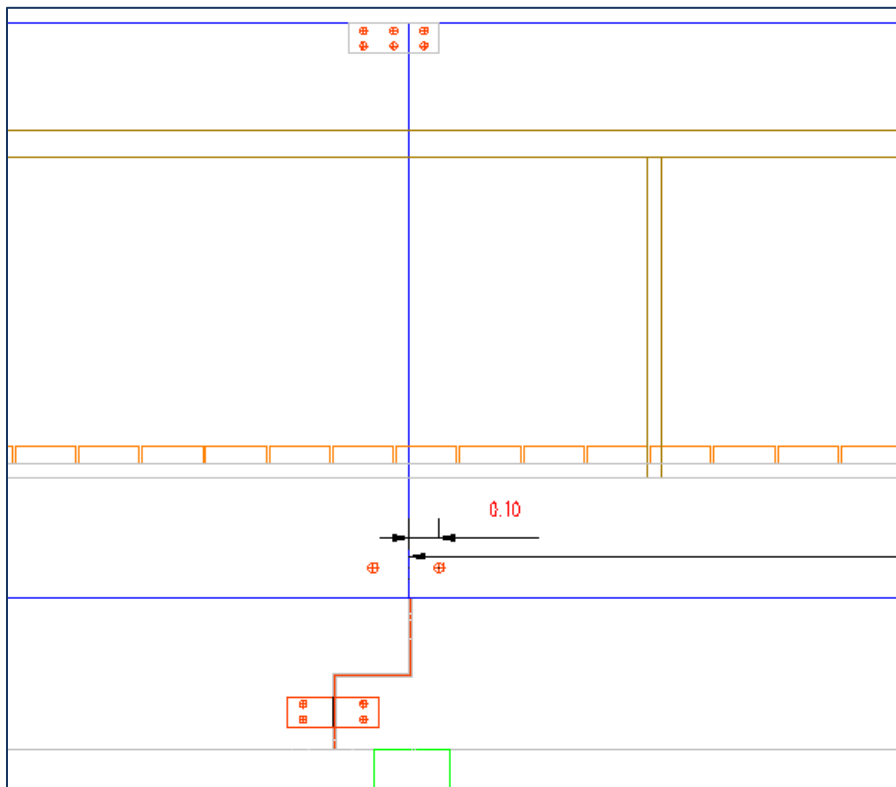
6.4.4. Conclusie

Elk element levert een belasting van $74,3 \text{ [kN]}$ op per funderingspaal, wanneer elk brugdelement ondersteund wordt op vier funderingspalen

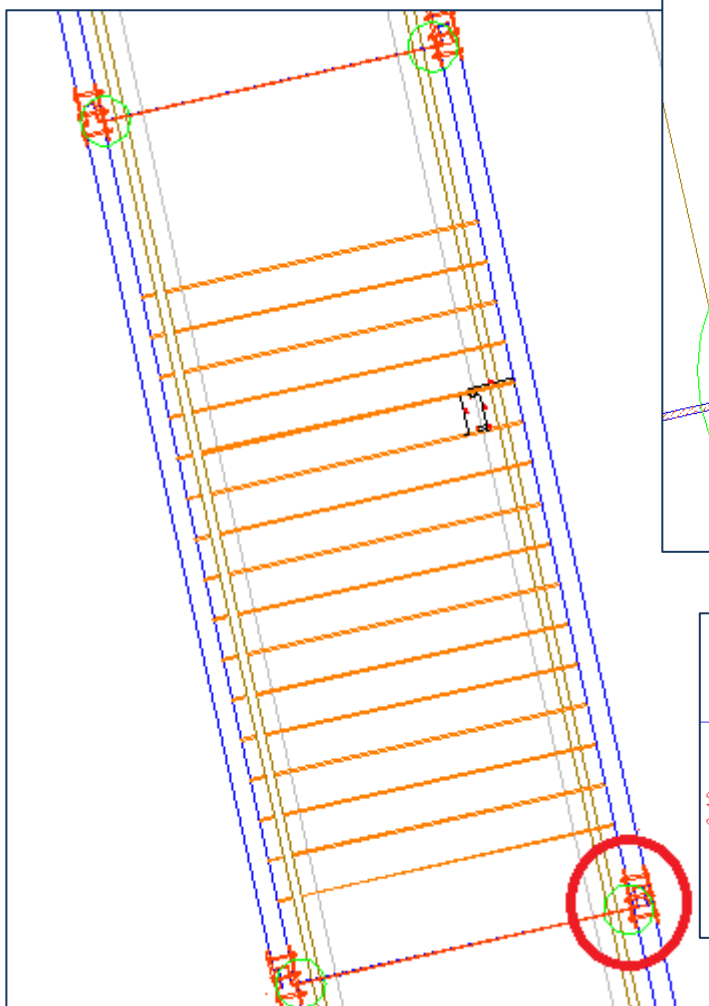
6.5. Detaillering (waterdichte) verbinding brugdelementen

6.5.1. Aanvullende randvoorwaarden

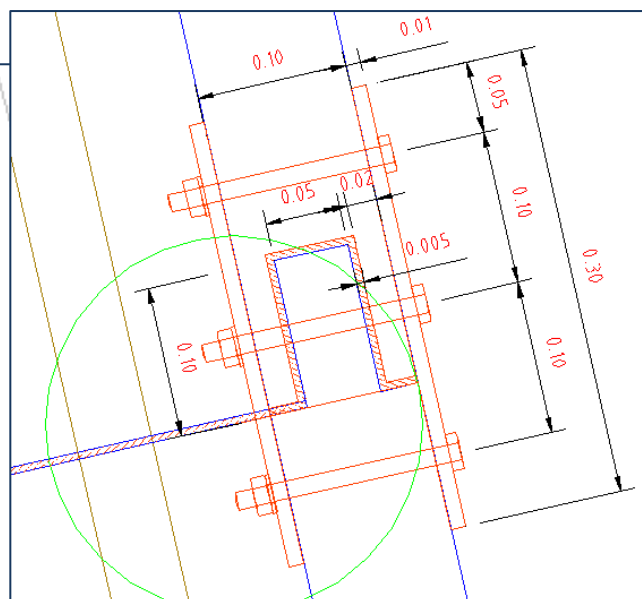
- Men bereikt een waterdichte verbinding tussen de onderlinge brugdelementen door:
 - De brugdelementen te voorzien van een **geschikte rubberen rand** van 0,5 -1 [cm] dik aan het uiteinde, waar men het volgende element gaat plaatsen. Dit dient te geschieden voordat men de elementen op hun eindbestemming positioneert.
 - De elementen worden vervolgens als een puzzel in elkaar gezet. Te beginnen aan de 5^e Binnenvestgracht-zijde.
 - Wanneer de elementen nauwkeurig in elkaar zijn geschoven, moeten de wanden aan de bovenzijde met een stalen plaat in combinatie met RVS-bouten (sterkteklasse nader te bepalen) aan elkaar worden verzekerd. Aan de onderzijde worden de elementen verbonden door middel van de combinatie stalen plaat en RVS-Fischer beton-ankerbouten (sterkteklasse nader te bepalen).
- De waterbodem is deels ontgraven zodat men de ankerboutverbinding aan de onderzijde van de elementen met een duikploeg aan elkaar vast kan schroeven. Dit team controleert tevens de opleggingen op de funderingspalen en dan met name de positionering.
- De verticale belastingen uit par. 6.4 zijn maatgevend voor de horizontale belastingen welke op de verbindingen komen te staan, wanneer een brugdelement dreigt te kantelen of verplaatsen onder invloed van bijvoorbeeld onverwachte zettingen. Deze verticale belastingen worden daarom overgenomen. (Omdat er sprake is van zowel een verbinding aan de bovenzijde als de onderzijde wordt de totale spanning van 2 halve elementen, verdeeld over de twee verbindingen. Dit komt neer op de situatie uit par 6.4)
- Bouten(/moeren/sluitringen): kwaliteit/sterkteklasse; 5.6, type: M12 (zie hoofdstuk 10 document *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*)
Fischer ankerbouten: FAN 16/20, grootste toegestane last per ankerbout $F_{rep} = 6$ [kN]
- De berekeningen geschieden conform paragraaf 10.23 t/m 10.25 uit het document; *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk.



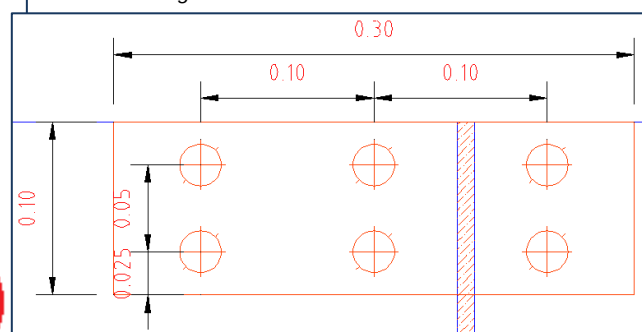
Figuur 36: De aansluiting van brugdelement op -element in zij-aanzicht.



Figuur 37: De aansluiting van brugdekelement op -element in bovenaanzicht (de rode cirkel geeft de positie van figuur 38aan).



Figuur 38: De aansluiting van de wanden van de elementen ingezoomd in bovenaanzicht.

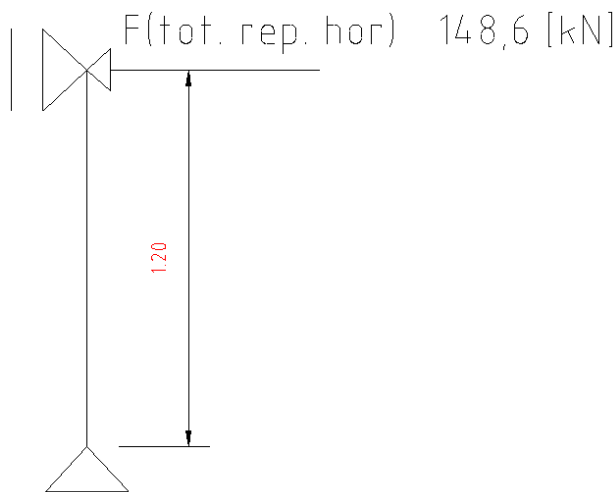


Figuur 39: De aansluiting van de wanden van de elementen ingezoomd in vooraanzicht.

6.5.2. Belastingen

Belastingen		Bel. factor	F _{rep} [kN]
PB – Horizontale waterdruk	F _{hor} = 0,0 [kN]	1,2	0
F _{rep} ; totaal hor [kN]			0
VB – GVB (hor.)	$F = P \cdot l \cdot b$ $F = 5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 2,25 \text{ [m]} \cdot 1,76 \text{ [m]}$ $F = 19,8 \text{ [kN]}$	1,5	29,7
PB – e.g. leuningwerk (hor.) (x2)	$F = q \cdot l$ $F = 0,1 \text{ [kN/m]} \cdot 2,25 \text{ [m]} \cdot 2 \text{ [-]}$ $F = 0,45 \text{ [kN]}$	1,2	0,54
PB – e.g. dekdelen (hor.)	$F = G \cdot h \cdot l \cdot b$ $F = 8 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,055 \text{ [m]} \cdot 2,25 \text{ [m]} \cdot 1,76 \text{ [m]}$ $F = 1,74 \text{ [kN]}$	1,2	2,09
PB – e.g. Beton naast wand (hor.)	$F = G \cdot h \cdot l \cdot b$ $F = 23 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 2,25 \text{ [m]} \cdot 1,76 \text{ [m]} +$ $23 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,2 \text{ [m]} \cdot 2,25 \text{ [m]} \cdot 0,76 \text{ [m]}$ $F = 30,7 \text{ [kN]}$	1,2	36,8

PB – e.g. Beton onder wand (hor.)	$F = G * h * l * b$ $F = 23 \text{ [kN/m}^3] * 0,5 \text{ [m]} * 2,25 \text{ [m]} * 1,96 \text{ [m]}$ $F = 50,7 \text{ [kN]}$	1,2	60,9
PB – e.g. PMMA/PC wand links (hor.)	$F = G * h * l * b$ $F = 11,9 \text{ [kN/m}^3] * 1,9 \text{ [m]} * 2,25 \text{ [m]} * 0,1 \text{ [m]} +$ $11,9 \text{ [kN/m}^3] * 0,2 \text{ [m]} * 2,25 \text{ [m]} * 0,5 \text{ [m]}$ $F = 7,75 \text{ [kN]}$	1,2	9,3
PB – e.g. PMMA/PC wand rechts (hor.)	$F = G * h * l * b$ $F = 11,9 \text{ [kN/m}^3] * 1,9 \text{ [m]} * 2,25 \text{ [m]} * 0,1 \text{ [m]} +$ $11,9 \text{ [kN/m}^3] * 0,2 \text{ [m]} * 2,25 \text{ [m]} * 0,5 \text{ [m]}$ $F = 7,75 \text{ [kN]}$	1,2	9,3
$F_{\text{rep; totaal hor. [kN]}}$			148,6



Figuur 40: Horizontale belastingen op wand-/betonverbinding

6.5.3. Controle boutverbinding wanden (conform NEN 6770)

Stuik:

Formule: $F_{c;u;d} = 2 * \alpha_c * f_{t;d} * d_{b;nom} * t$

Eis: $\frac{F_{c;s;d}}{F_{c;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{c;s;d}$ = onderhevige stuikkracht [kN] = 148,6 / 12 = 12,38 [kN]

$F_{c;u;d}$ = Grensstuikkracht [N] of [kN] =
 α_c = stuikfactor = 1,0 [-]
 $f_{t;d}$ = treksterkte te verbinden materiaal = 73,6 [N/mm²]
 $d_{b;nom}$ = nominale boutdiameter = 12 [mm]
 t = dikte van de te verbinden plaat = 100 [mm]

Invullen levert:

$$F_{c;u;d} = 2 * \alpha_c * f_{t;d} * d_{b;nom} * t$$

$$F_{c;u;d} = 2 * 1,0 * 73,6 * 12 * 100$$

$$F_{c;u;d} = 176.640 \text{ [N]} = 176,6 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{c;s;d}}{F_{c;u;d}} \leq 1$$

$$\frac{12,38}{176,6} \leq 1$$

voldoet

Afschuiving

Formule: $F_{v;u;d} = 0,48 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$

Eis: $\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{v;s;d}$ = onderhevige afschuivingskracht [kN] $= 148,6 / 12$
 $= 12,38$ [kN]

$F_{v;u;d}$ = Grensschuifkracht [N] of [kN] $=$
 $f_{t;b;d}$ = treksterkte van de bout $= 500$ [N/mm²]
 $A_{b;s}$ = spanningsdoorsnede bout $= 84,3$ [mm²]

Invullen levert:

$F_{v;u;d} = 0,48 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$
 $F_{v;u;d} = 0,48 * 500 * 84,3$
 $F_{v;u;d} = 20.232$ [N] = 20,2 [kN]

$\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} \leq 1$

$\frac{12,38}{20,2} \leq 1$

voldoet

Trek

Formule: $F_{t;u;d} = 0,72 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$

Eis: $\frac{F_{t;s;d}}{F_{t;u;d}} \leq 1$

Waarbij: $F_{t;s;d}$ = onderhevige trekkracht [kN] $= 148,6 / 12$
 $= 12,38$ [kN]

$F_{t;u;d}$ = Grenstrekkkracht [N] of [kN] $=$
 $f_{t;b;d}$ = treksterkte van de bout $= 500$ [N/mm²]
 $A_{b;s}$ = spanningsdoorsnede bout $= 84,3$ [mm²]

Invullen levert:

$F_{t;u;d} = 0,72 * f_{t;b;d} * A_{b;s}$
 $F_{t;u;d} = 0,72 * 500 * 84,3$
 $F_{t;u;d} = 30.348$ [N] = 30,3 [kN]

$\frac{F_{t;s;d}}{F_{t;u;d}} \leq 1$

$\frac{12,38}{30,3} \leq 1$

voldoet

Combinatie trek en afschuiving

Eis: $\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} + \frac{F_{t;s;d}}{1,4 * F_{t;u;d}} \leq 1$

Invullen levert:

$\frac{F_{v;s;d}}{F_{v;u;d}} + \frac{F_{t;s;d}}{1,4 * F_{t;u;d}} \leq 1$

$\frac{12,38}{20,2} + \frac{12,38}{1,4 * 30,3} \leq 1$

voldoet

6.5.4. Controle ankerboutverbinding beton (conform NEN 6770)

Aantal ankerbouten = $F_{\text{tot. rep hor.}} / F_{\text{max rep ankerbout}}$
= 148,6 [kN] / 6 [kN]
= 24,8 ankerbouten
= 25 ankerbouten toepassen aan de onderzijde.

6.5.5. Conclusie

De (anker)boutverbindingen voldoen aan alle eisen conform NEN 6760. Deze verbindingen mogen worden toegepast in de brugdekelementen.

7. FUNDERINGSBEREKENINGEN

7.1. Randvoorwaarden Funderingsberekening

Bij de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Tekening VO duikbrug d.d. 19-04-2012 (zie bijlage II)
- Sondering 1 (zie bijlage I)
 - q_{cl} = 15,2 [MPa]
 - q_{cII} = 12,7 [MPa]
 - q_{cIII} = 10,5 [MPa]
 - q_{cav} = 10,5 [MPa] = q_{cIII} ²⁸
- Grondverdringende stalen buispaal met gesloten punt Φ 250 mm (=D_{eq})
- Funderen vanaf het water en in beperkte ruimtes met de buispaal is mogelijk.
- Paalpuntniveau -15.00 m. NAP (paalpunt 8*diameter in dragende grondlaag)
- Belastingen / vervormingen conform: NEN 6702, 6706, 6720, 6723, 6740, 6743, 6760
 - Paalinstallatiefactor α_p = 1,0 [-]
 - Verh. schacht : voetfactor β = 1,0 [-]
 - Symmetriefactor s = 1,0 [-]
 - Inbrengmethodefactor α_s = 0,010 [-]
 - Hoev. Palen/Sond. factor ξ = 0,81 [-]
 - Design factor $Y_{m;b}$ = 1,25 [-]
 - Schuifspanningsfactor S_s = 0,25 [-]

7.2. Toelaatbare belasting op paalfundering

7.2.1. Draagkracht palen

De maximaal toelaatbare paalpuntspanning, en daarop aansluitend de draagkracht van de palen, wordt als volgt berekend:

$$\begin{aligned} \text{Max. Paalpuntspanning } \sigma_{r;punt;max} &= 0,5 * \alpha_p * \beta * s * ((q_{cl} + q_{cII}) * 0,5 + q_{cIII}) \\ &= 0,5 * 1 * 1 * 1 * ((15,2 + 12,7) * 0,5 + 10,5) \\ &= 12,23 \text{ [MPa]} = 12,23 \text{ [MN/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. Paalpuntkracht } F_{r;punt;max} &= \sigma_{r;punt;max} * A_{punt} \\ &= \sigma_{r;punt;max} * 0,25 * \pi * D_{eq}^2 \\ &= 12,23 * 0,25 * \pi * 0,25^2 \\ &= 0,60 \text{ [MN]} = 600 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. Schachtspanning } \sigma_{r;max;s} &= \alpha_s * q_{cav} \\ &= 0,01 * 10,5 \\ &= 0,105 \text{ [MN/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. Schachtkracht } F_{r;max;s} &= \sigma_{r;max;s} * A_{paal} \quad (A_{paal} = \text{omtrek} * L \text{ in dragende laag}) \\ &= \sigma_{r;max;s} * \pi * D_{eq} * L \\ &= 0,105 * \pi * 0,25 * 2 \\ &= 0,165 \text{ [MN]} = 165 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. Paalkracht } F_{r;max} &= F_{r;punt;max} + F_{r;max;s} \\ &= 600 + 165 \\ &= 765 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Repr. Max. Paalkracht } F_{r;rep} &= \xi * F_{r;max} \\ &= 0,81 * 765 \\ &= 620 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

²⁸ Dit geldt voor dit specifieke geval, dus niet altijd. Zie ook sondering 1 (bijlage I)

$$\begin{aligned}\text{Design Paalkracht } F_{r,d} &= F_{r,rep} / Y_{m;b} \\ &= 620 / 1,25 \\ &= 496 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

7.2.2. Negatieve Kleef

De bodem om de palen zorgt voor een extra druk naar beneden ('hangt' aan de palen). Dit fenomeen draagt de naam negatieve kleef en wordt als volgt stapsgewijs berekend:

Stap 1. Ten eerste wordt de bodemopbouw geïnterpreteerd.

Grondopbouw	Niveau maaiveld:	+1,1	[m. NAP]
	Grondwaterstand:	- 1,0	[m. NAP]

Laag	niveau (tov NAP)	Laagdikte (m)	grondsoort	specificaties
1	+1,1 m. tot +0,5 m.	0,6	Zand	matig fijn
2	+0,5 m tot 0,0 m.	0,5	Klei	matig zandhoudend
3	0,0 m. tot -0,4 m.	0,4	Klei	stevig puinhoudend
4	-0,4 m. tot -3,7 m.	3,3	kleiig zand	/
5	-3,7 m. tot -12,3 m.	8,6	Zand	middelgrof
6	-12,3 m. tot -13,0 m.	0,7	klei/venig klei	piek in grafiek
7	-13,0 m. tot -19,6 m.	6,6	Zand	middelgrof
8	-19,6 m. tot onbekend	/	/	/

Tabel 1: De grondopbouw volgens uit sondering 1 (zie bijlage I).

Stap 2. Als men figuur 1 in acht neemt, is het belangrijk op te merken, dat de grondopbouw nog moet worden aangepast aan de situatie waarin de funderingspalen zich zullen bevinden. Dat is de tweede stap;

Grondopbouw	Niveau waterbodem:	-1,35	[m. NAP]
	Grondwaterstand:	- 1,0	[m. NAP]

Laag	niveau (tov NAP)	Laagdikte (m)	grondsoort	specificaties
1	-1,35 m. tot -3,7 m.	2,35	kleiig zand	/
2	-3,7 m. tot -12,3 m.	8,6	Zand	middelgrof
3	-12,3 m. tot -13,0 m.	0,7	klei/venig klei	piek in grafiek
4	-13,0 m. tot -15,0 m.	2,0	Zand	middelgrof

Tabel 2: De grondopbouw uit figuur 1 vertaald naar de situatie van de funderingspalen.

Stap 3. Met behulp van de bodemopbouw is het nu zaak om de gemiddelde korrelspanning per laag te berekenen.;

Grondopbouw		Niveau waterbodem:		-1,35	[m. NAP]
		Grondwaterstand:		-1,00	[m. NAP]
Laag	niveau [tov NAP]	Laagdikte [m]	grondsoort	Volumieke massa grond γ_g (nat) [kN/m ³]	Eff. massa grond γ'_{eff} [kN/m ³]
1	-1,35 m. tot -3,7 m.	2,35	kleiig zand	17	7
2	-3,7 m. tot -12,3 m.	8,6	Zand	20	10
3	-12,3 m. tot -13,0 m.	0,7	klei/venig klei	14	4
4	-13,0 m. tot -15,0 m.	2,0	Zand	20	10
Laag	niveau [tov NAP]	Laagdikte [m]	Eff. massa grond γ'_{eff} [in kN/m ³]	σ (korrel) boven [kN/m ²] σ (korrel) onder [kN/m ²]	σ (korrel) gemiddeld [kN/m ²]
1	-1,35 m.	2,35	7	0,00	8,23
	-3,7 m.			16,45	
2	-3,7 m.	8,6	10	16,45	59,45
	-12,3 m.			102,45	
3	-12,3 m.	0,7	4	102,45	103,85
	-13,0 m.			105,25	
4	-13,0 m.	2,0	10	105,25	115,25
	-15,0 m.			125,25	

Tabel 3: Berekening van de gemiddelde korrelspanning per grondlaag.

Stap 4. Berekenen van de schuifkracht per grondlaag en vervolgens de totale schuifkracht van alle grondlagen. Deze totale schuifkracht staat gelijk aan de kracht veroorzaakt door de negatieve kleeft per paal;

$$\begin{aligned}
 \text{Schuifkracht } \sigma_{\text{schuif}} &= \sigma_{\text{korrel gemiddeld}} * \text{laagdikte} * S_s * \text{omtrek paal } (\pi * D) \\
 \text{Laag 1} &= 8,23 * 2,33 * 0,25 * \pi * 0,25 = 3,76 \text{ [kN]} \\
 \text{Laag 2} &= 59,45 * 8,6 * 0,25 * \pi * 0,25 = 100,39 \text{ [kN]} \\
 \text{Laag 3} &= 103,85 * 0,7 * 0,25 * \pi * 0,25 = 14,27 \text{ [kN]} \\
 \text{Laag 4} &= 115,25 * 2 * 0,25 * \pi * 0,25 = 45,26 \text{ [kN]} \\
 \text{Negatieve kleeft } K_n &\quad \text{Tot.} = 163,7 \text{ [kN]}
 \end{aligned}$$

7.2.3. Toelaatbare belasting op paalfundering

De maximaal toelaatbare verticale belasting per paal als gevolg van de belasting op de constructie berekent men op de volgende manier;

$$\begin{aligned}
 \text{Max. toelaatbare belasting paal } F_{r;nd;d} &\leq F_{r;d} - F_{\text{neg.kl.}} \\
 &\leq 496 - 163,7 \\
 &\leq 332,3 \text{ [kN]}
 \end{aligned}$$

7.3. Belasting op paalfundering

De maximale verticale belasting treedt op bij palen die elk een kwart van de belastingen draagt van twee brugdekelementen (**zie bijlage III**).

Dit alles resulteert in 2 maal de berekende oplegging (74.3 kN) conform paragraaf 6.4;

Maximaal op te nemen belasting $F_{s;d}$ = $2 \cdot 74,3$ [kN]
= 148,6 [kN]

7.4. Controle draagkracht fundering

De maximaal toelaatbare belasting op de paalfundering bedraagt: $F_{r;nd;d} = 332,3 \text{ [kN]}$

De maximaal op te nemen belasting bedraagt: $F_{S;d} = 148,6 \text{ [kN]}$

NEN 6743

Eis: $F_{s;d} < F_{r;nd;d}$

$$148,6 < 323,3$$

voldoet

UC: $148,6 / 323,3 = 0,46$

7.5. Zetting

In het geval er (om wat voor reden dan ook) gekozen wordt om geen funderingspalen toe te passen, maar gebruik te maken van een andere fundatiemethode zal de grond als gevolg van de aanwezigheid van het te construeren kunstwerk gaan zettingen. Het is cruciaal om de mate van zetting duidelijk en goed in kaart te brengen om effectief tegen maatregelen te kunnen nemen. Op basis van de grondopbouw wordt in onderstaande tabel (conform NEN 6740) de totale zetting berekend. (uitgangspunt bovenbelasting $p_2 = 297,1$ [kN], 2 x belasting conform paragraaf 6.4).

BELANGRIJK: de opdrijvende krachten (a.g.v. waterdruk) zijn niet mee beschouwd, de zetting zal dus waarschijnlijk iets geringer zijn.

[illegible]

Tabel 4: Berekening van de te verwachten maximale zetting.

7.6. Conclusie

De grond verdringende stalen buispaal voldoet ruimschoots aan de eisen uit NEN 6743. Op grond hiervan mag de grondverdringende stalen buispaal (Φ 0,25 m) als fundering bij de constructie worden toegepast.

Overdimensionering wordt tegengesproken door het feit dat deze paal gangbaar is in de aanleg (vooral wanneer men de paal tot een diepte van -15m. aan moet brengen). Daarnaast oogt de paal in vergelijking met een dunnere paal een stuk meer solide en betrouwbaar. Dit draagt bij aan het veiligheidsgevoel dat het kunstwerk moet creëren.

Wanneer men besluit het kunstwerk ten uitvoering te brengen zonder gebruik te maken van funderingspalen wordt een totale (primaire en secundaire) zetting van 0,32 [m] verwacht. Om hinder door verzakking(en) te voorkomen moet er maatregelen worden getroffen. Een maatregel kan voorbelasting van de ondergrond zijn.

8. OVERIGE BEREKENINGEN

Onder de overige berekeningen valt ten eerste de berekening van de stroomsnelheden rond de Duikbrug en ten tweede de berekening van de afwateringsvoorziening voor het brugdek.

8.1. Aanvullende Randvoorwaarden

- De berekeningen worden uitgevoerd conform het document: *Toegepaste vloeistofmechanica*, door Ir. I.W. Nortier en Ir. P. de Koning, ISBN 90 401 0318 6, 7^e druk.
- De maatgevende neerslag wordt bepaald aan de hand van gegevens van het KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut).

8.2. Berekening afvoer en stroomsnelheden rond kunstwerk

8.2.1. Inleiding

Voor de poldergemalen gelden de volgende bemalingsnormen:

Agrarische gebieden: 10 m³/min/100 ha.

Stedelijke gebieden: 15 m³/min/100 ha.

Glastuinbouw, boomkwekerij en bollengebieden 15 m³/min/100 ha.

Plassengebieden: 8 m³/min/100 ha.

De totale boezemgemaalcapaciteit bedraagt momenteel 153 m³/s. Dit betekent dat voor heel Rijnland (100.000 ha) de totale bemalingscapaciteit ca. 10 m³/min/100 ha bedraagt. Als gevolg van de uitbreiding van gemaal Katwijk en de aanleg van bergingspolders zal de totale bemalingscapaciteit toenemen tot ca. 15 m³/min/100 ha.

8.2.2. Uitgangspunten

1. Polders: Voor het bepalen van de maatgevende afvoer dient uitgegaan te worden van de opgestelde polderbemalingscapaciteit + 10% extra (opvangen mogelijke ontwikkelingen, marge om onzekerheden op te vangen).
2. Voor de boezem dient uitgegaan te worden van het type gebied dat er achter ligt + een toeslag van 10%. Stel het achterliggende gebied bestaat voor 50% uit agrarisch en 50% uit stedelijk gebied dan wordt de totale bemalingscapaciteit. $0,5 * 10 + 0,5 * 15 = 12,5 + 10 \% = 13,75 \text{ m}^3/\text{min}/100 \text{ ha}$.
3. Uitgangspunt voor de berekening is dat de waterstand ter plaatse van het kunstwerk op het winterpeil zit. Op deze manier wordt bewerkstelligd dat ook bij relatief lage peilen het oppervlaktewater en/of de kunstwerken aan de afvoernormen voldoen.

Om een lang verhaal kort te maken, de maatgevende afvoer is:

$$Q = 15 \text{ m}^3/\text{min}/100 \text{ ha} + 10 \% = 16,5 \text{ m}^3/\text{min}/100 \text{ ha}$$

8.2.3. Toetsingsmethodiek

Voor de toetsing van nieuw aan te leggen oppervlaktewateren en kunstwerken aan de kwantiteitsvoorwaarden dienen de volgende stappen te worden doorlopen:

Stap 1: Bepalen grenzen

Aan het betreffende oppervlaktewater cq. kunstwerk moet een bepaald gebied worden toegekend dat op het oppervlaktewater cq. kunstwerk tot afstroming komt. Dit gebied moet op basis van geografische informatie (hoogtekaart, topografische kaart) en gebiedskennis worden bepaald. In dit geval het gemeentelijk informatiesysteem Giskit).

Met Giskit is de volgende oppervlakte bepaald:

$$A = 41.600 \text{ m}^2 = 4,2 \text{ ha}$$

Stap 2: Bepalen maatgevende afvoer

Het in stap 1 bepaalde oppervlak dient te worden vermenigvuldigd met de opgestelde bemalingscapaciteit + 10%.

$$Q_m = A * Q_b$$

Waarin:

Q_m = Maatgevende afvoer in m³/min;

A = Tot afstroming komend oppervlak dat door het oppervlaktewater of het kunstwerk moet worden afgevoerd in ha.

Q_b = Bemalingscapaciteit.

Invullen levert:

$$Q_m = 4,2 \text{ [ha]} * 16,5 \text{ [m}^3\text{/min/100ha]} = 69,3 \text{ [m}^3\text{/min]} = 1,15 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Stap 3: Bepalen maatgevende waterdiepte

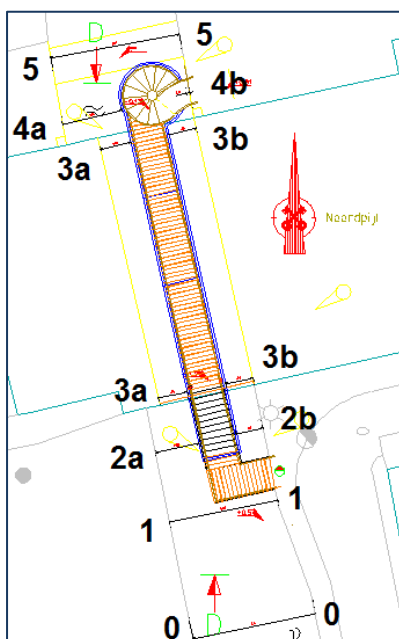
Gem. waterpeil: -0,60 [m. NAP] + 0,03 [m] fluctuatie winter

Winterpeil = -0,57 [m NAP]

Waterbodem = -1,35 [m. NAP] maatgevende waterdiepte = -0,57 <-> -1,35 = 0,77 [m]

Stap 4: Berekenen verval en maximale stroomsnelheid

Nu moet het betreffende oppervlaktewater cq. kunstwerk worden belast met de maatgevende afvoer. Deze berekening kan eenvoudig in bijvoorbeeld EXCEL worden uitgevoerd. Uitkomst van de hydraulische berekening is een bepaalde stroomsnelheid en een bepaald verval, zie de figuur hieronder:



Te hanteren formule(s):				Uitgangspunten:	
$u = \frac{Q}{A}, A = h(e) * b, h(e) = \frac{Q}{b * C * \sqrt{i}}$				evenwichtsdiepte $h(e)$ =	0,77 [m]
				Maatgevend debiet Q =	1,15 [m ³ /s]
				Coefficient Chezy C =	30 [m ^{0,5} /s]
waarbij:					
u = stroomsnelheid [m/s]				Eis:	
Q = maatgevend debiet [m ³ /s]				1) $u \leq 0,25$ [m/s]	
A = natte oppervlakte [m ²]				2) $i \leq 0,05$ [m/m]	
$h(e)$ = evenwichtsdiepte [m]					
b = lokale breedte watergang [m]					
C = Coefficient Chezy [m ^{0,5} /s]					
i = verhang [m/m]					
Berekeningen:					
Punt	b [m]	u [m/s]	i [m/m]	Voldaan aan eis 1	Voldaan aan eis 2
0	6,23	0,24	0,0001	ja	ja
1	5,51	0,27	0,0001	nee	ja
2a	2,20	0,34	0,0005	nee	ja
2b	1,36	0,55	0,0013	nee	ja
3a	1,45	0,53	0,0012	nee	ja
3b	1,40	0,53	0,0013	nee	ja
4a	3,00	0,25	0,0003	ja	ja
4b	0,17	4,39	0,0858	nee	nee
5	6,54	0,23	0,0001	ja	ja

Tabel 5: Berekening van de te verwachten stroomsnelheden.

Stap 5: Toetsen berekende waarden aan de criteria

Het berekende verval en de stroomsnelheid dienen vervolgens te worden getoetst aan de gestelde waterkwantiteitscriteria volgens het Hoogheemraadschap van Rijnland. Te weten een maximale stroomsnelheid van 25 cm/s en een maximaal verval van 5 cm (gemeten vanaf de dichtstbijzijnde primaire watergang tot en met het uiteinde van het peilvak).

De maximale berekende stroomsnelheid is 4,39 [m/s] (zie tabel 5). Dit voldoet niet aan de gestelde eis.

Het maximale verval is 0,086 [m]. Dit voldoet niet aan de gestelde eis.

8.2.4. Conclusie

Om deze constructie te mogen toepassen, ondanks dat deze niet voldoet aan de gestelde eisen, moet er een afwijkingsprocedure worden aangevraagd bij het Hoogheemraadschap van Rijnland. Daarnaast moeten er maatregelen worden getroffen om de bodem te beschermen tegen de (verwachte) te hoge stroomsnelheden.

8.3. Berekening afwateringsvoorziening brugdek

8.3.1. Inleiding

Het brugdek ligt grotendeels beneden het waterpeil van de Doelengracht. Het brugdek kan daarom, in tegenstelling tot de aanlandingsconstructie aan de 5^e Binnenvestgracht, niet op een natuurlijke manier water (door hemelwater of lichte lekkage) afvoeren naar het oppervlakte water. Het is echter, om droge voeten te houden in het kunstwerk, van belang dat hier een afwateringsvoorziening voor wordt aangelegd.

8.3.2. De afwateringsvoorziening

De afwateringsvoorziening zal bestaan uit de combinatie van een tweetal goten (0,045 m diep), die zich aan naast de linker- en rechterwand bevinden, een verlaging (0,1 m diep) om het water op te slaan/vangen, en een (klok)pomp.

Het principe werkt als volgt: Neerslag en/of lekkagewater wordt via de twee goten naar de verlaging geleid. Het (hemel-/lekkage-)water verzamelt zich in de verlaging in het brugdek aan de aanlandingsconstructie aan de Clusiustuin. Vanuit de verlaging wordt het water, met behulp van een (klok)pomp, het oppervlakte water (in dit geval de Doelengracht) ingepompt. De pomp zal pas gaan functioneren wanneer er een kritiek peil in de verlaging wordt geconstateerd door een speciaal daarvoor ingestelde sensor.

8.3.3. Minimaal pompvermogen

De (klok)pomp zal een minimaal pompvermogen (P_{pr}) moeten kunnen opbrengen om het water in het brugdek snel genoeg weg te pompen. Men spreekt van een minimaal pompvermogen, omdat als het maximale vermogen dat een pomp kan leveren minder is dan het minimale benodigde pompvermogen, dat zoveel betekent als dat de pomp het (lekkage/neerslag)water niet snel genoeg uit het brugdek naar het oppervlaktewater kan afvoeren. Hierdoor kan/zal het brugdek (langzaam) gaan overstromen en dat is niet wenselijk. Het minimale pompvermogen wordt hieronder berekend;

Te hanteren formule(s):		Uitgangspunten:	
$H_{pomp} = H_{stat} + H_w + H_v$		maatgevende regenbui =	0,029 [m/m2/h] (bron: KNMI)
$P_{pr} = (\rho * g * Q_{pomp} * H_{pomp}) / \xi$		Opp. kunstwerk neerslag A =	14,14 [m2]
waarbij:		Qpomp =	0,41 [m3/h] (0,029*14,14)
Hpomp = totale opvoerhoogte pomp [m]		Qpomp =	1,14E-04 [m3/s] (0,41/3600)
Hstat = statische opvoerhoogte [m]		Hstat =	1,525 [m] (zie tekening)
Hw,v = wrijvings-/vertragsverlies [m]		Hw,v =	0 [m] (verwaarloosbaar)
Ppr = minimaal benodigd pompvermogen [W]		ξ =	60 [%] (rekenwaarde)
ρ = soortelijke gewicht water [kg/m3]		g =	9,81 [m/s2] (rekenwaarde)
g = gravitatieconstante [m/s2]		Eis:	
Qpomp = benodigd pompdebiet dr neerslag [m3/s]		1) u ≤ 0,25 [m/s]	
ξ = pomprendement [%]		2) i ≤ 0,05 [m/m]	
Berekeningen:			
Hpomp = H stat + Hw + Hv			
Hpomp = 1,525 + 0 + 0			
Hpomp = 1,525 [m]			
Ppr = ($\rho * g * Q_{pomp} * H_{pomp}$) / ξ			
Ppr = (1000*9,81*0,41*1,525) / 0,6			
Ppr = 2,85 [W] + 50 % tbv lekkage			
Ppr = 4,28 [W]			

Tabel 6: Berekening van het minimaal benodigde pompvermogen.

8.3.4. Conclusie

De (klok)pomp, als onderdeel van de afwateringsvoorziening van het brugdek, zal minimaal 2,85 [W] moeten kunnen opbrengen. Een simpele dompelpomp (≥80 W) volstaat.

9. AANBEVELINGEN TAV DE UITVOERING

Om tot het gewenste eindproduct te komen is een degelijk uitvoeringsproces noodzakelijk. Een paar knelpunten waar men gedurende de (voorbereiding van de) uitvoering mee rekening dient te houden worden vertaald naar aanbevelingen. De aanbevelingen;

Fundering

- De funderingspalen van de aanlandingen dienen vanaf het grachtwater de bodem in worden geheid, omdat de aanlandingen niet op het dragen van dienstvoertuigen zijn berekend. Er hoeft geen rekening gehouden te worden met belemmeringen in de hoogte.
- De funderingspalen die het brugdek ondersteunen dienen vanaf het grachtwater de bodem in worden geheid, omdat het brugdek niet op het dragen van dienstvoertuigen is berekend. Dit heiproces zal grotendeels plaatsvinden in de overkluizing, daarom is het belangrijk dat de heistelling/methode is aangepast aan werken in kleine ruimtes. Dergelijke funderingstechnieken (funderen in kleine ruimtes en/of funderen vanaf het water) hebben zichzelf al bewezen. Een voorbeeld van een gespecialiseerd bedrijf is Walinco – puls- en heibedrijf B.V..

Brugdek- en aanlandingselementen

- Het is wenselijk om de brugdekelementen, en de aanlandingsconstructie aan de Clusiustuin zoveel mogelijk prefab op te bouwen. Dit zal het 'vereenvoudigen' van het bouwproces ten goede komen. Uitgangspunt is om deze elementen voor het positioneren zover af te krijgen dat ze enkel nog onderling moeten worden verbonden en aangekleed met meubilair (dekdelen en leuningwerk).
- Om de brugdekelementen aan te brengen kan men kiezen uit ten minste twee opties.
 - Ten eerste, zijnde de voorkeursoptie, een deel van de Doelengracht leeg pompen in combinatie met bijvoorbeeld het aanbrengen van damwanden en een werkvloer (nadat de funderingspeilen zijn aangelegd). De elementen kunnen ten slotte vanaf de gracht op de juiste plek worden gehesen.
 - Ten tweede kan men er eventueel voor kiezen om vanaf het water van de Doelengracht de constructieonderdelen te installeren met bijvoorbeeld behulp van een platbodem.
- Beide te construeren aanlandingen liggen buiten de overkluizing, de prefab elementen zullen hier relatief eenvoudig kunnen worden aangebracht vanaf beide kades.
- Men bereikt een waterdichte verbinding tussen de onderlinge brugdekelementen door:
 - De brugdekelementen te voorzien van een geschikte rubberen rand van 0,5 -1 [cm] dik aan het uiteinde, waar men het volgende element gaat plaatsen. Dit dient te geschieden voordat men de elementen op hun eindbestemming positioneert.
 - De elementen worden vervolgens als een puzzel in elkaar gezet (en tegen elkaar klemgezet). Te beginnen aan de 5^e Binnenvestgracht-zijde.
 - Wanneer de elementen nauwkeurig in elkaar zijn geschoven, moeten de wanden aan de bovenzijde met een stalen plaat in combinatie met RVS-bouten (sterkteklasse nader te bepalen) aan elkaar worden verzekerd. Aan de onderzijde worden de elementen verbonden door middel van de combinatie stalen plaat en RVS-Fischer betonankerbouten (sterkteklasse nader te bepalen).
 - Wanneer de verbinding te veel blijkt te lekken, kan men ervoor kiezen om bijvoorbeeld een smalle strook van PC aan de twee verbonden brugdek-elementen vast te smelten (aan de binnenzijde van het kunstwerk). Dit in combinatie met een kleine opstort van beton aan de onderzijde.
- De waterbodem is deels ontgraven zodat men de ankerboutverbinding aan de onderzijde van de elementen met een (duik)ploeg aan elkaar vast kan schroeven. Dit team controleert tevens de opleggingen op de funderingspalen en dan met name de positionering.

Aankleding, meubilair en installaties

- Het is wenselijk de verlichting van het kunstwerk volledig in de leuning aan te brengen. Op deze manier hoeft de monumentale overkluizing niet te worden aangetast (zie figuur 40).
- Het installeren van de leuningstijlen aan het brugdek en de kades van de Clusiustuin en 5^e Binnenvestgracht kunnen met een identieke methode plaatsvinden.
- De afwateringvoorziening kan worden ingevuld door de methodiek beschreven in paragraaf 8.3.
- Het is van belang dat de bodem beschermt wordt langs de Duikbrug. Er kunnen op bepaalde plekken dermate hoge stroomsnelheden ontstaan dat erosie van de bodem een feit is, wanneer er geen bodembescherming is aangebracht.

Overig

- Een deel van de berekeningen is niet meegenomen in de projectscope van het afstudeerproject en dient voordat de Duikbrug kan worden gerealiseerd, uitgevoerd te worden. Het gaat om de volgende berekeningen:
 - De constructieberekeningen van het aanlandingselement aan de Clusiustuin.
 - Alle sterkte berekeningen van het beton en haar wapening.



Figuur 41: Een voorbeeld van verlichting in het leuningwerk.

10. TOETSING ONTWERP AAN PROGRAMMA VAN EISEN

Het ontwerp dient te voldoen aan alle voorschriften en eisen uit het Programma van Eisen (rapport 1). Om dit op een structurele en overzichtelijke manier te controleren is er gekozen om gebruik te maken van onderstaande tabel;

Hoofdcategorie [-]	Subcategorie [-]	Voldaan aan eisen [JA/NEE/NNTB]
Projectniveau -	Bouwbesluit	NNTB
	Bouwverordening Leiden 1992	NNTB
	Handboek Kwaliteit Openbare Ruimte	JA
	Stedenbouwkundig (gem. Leiden)	JA
	Monumenten & Archeologie (gem. Leiden)	JA
	Verkeerskundig (gem. Leiden)	JA
	Civiel Technisch (gem. Leiden)	JA
	Beheer & Onderhoud (gem. Leiden)	JA
	Stadsruimte (gem. Leiden)	NEE
	Omgevingsdienst West-Holland	NNTB
	Hoogheemraadschap van Rijnland	NEE
	Universiteit Leiden / Hortus Botanicus	JA
	Overig	NNTB
Brugniveau -	Brugsysteem	JA
	Fundering	JA
	Aanlandingen	JA
	Brugdek	JA
	Leuningwerk	JA
Locatieniveau -	Systeem	NNTB
	Omliggende wegen	NNTB
	Watergang	NNTB
	Kabels & Leidingen	NNTB
Vergunningen -	/	NNTB
Financieel -	/	NNTB

Tabel 7: Controle eisen per categorie.

Een vlugge analyse leert dat er tot in de huidige status waarin het project zich bevindt (zijnde ontwerpfase), niet voldaan is aan alle eisen, te weten:

Stadsruimte (afdeling gemeente Leiden)

Er wordt niet voldaan aan de eis dat het kunstwerk niet te opzichtig mag zijn.

Hoogheemraadschap van Rijnland

Sommige eisen van het Hoogheemraadschap van Rijnland zijn niet gehonoreerd. Zo wordt er ten eerste niet voldaan aan artikel 17 van Keur 2009, betreffende de eis om het project per aanvraag te beoordelen en ten tweede de eis rond de belemmering van de waterkwantiteit en onderhoud.

Verklaring

De Duikbrug betreft slechts een fictieve optie. Het uitgangspunt was om bij het ontwerp van de brug voornamelijk rekening te houden met de aspecten Esthetiek, Duurzaamheid en Innovatie. Voordat de Duikbrug verder mag worden uitgewerkt is het van belang om afwijkinsprocedures te starten op punten waar niet aan voldaan wordt en/of opnieuw overleg te plegen.

N.B. Van sommige categorieën eisenpakketten kan er pas tijdens of soms zelfs na de uitvoeringfase van het project worden vastgesteld of er is voldaan aan deze eisen. Deze categorieën zijn in dit hoofdstuk geclassificeerd met; nog nader te bepalen (afk. NNTB).

Bijlage I: Sondering 1, Rapenburg te Leiden

Bijlage II: Tekening VO duikbrug d.d. 19-04-2012

Bijlage III: Tekening duikbrug, maximaal belaste paal

5. PROCES-EVALUATIE

De aanvang van het afstudeerproces begon met het oriënteren op afstuderen onderwerpen. Al rap had ik een lijst met gewenste onderwerpen opgesteld. Gewapend met deze lijst ging ik op zoek naar een afstudeerstageplek bij mij in de buurt. Na de gemeente Leiden enthousiast te hebben gemaakt over mijn onderwerp; Bewaakte dagjeshaven in Leiden, heb ik een plek aangeboden gekregen bij de gemeente en ben ik begonnen met het schrijven van een werkplan. In een bepaald stadium werd dit onderwerp toch afgeketst en werd er na overleg gekozen voor het huidige onderwerp. De bestaande opzet van het werkplan heb ik toen aangepast op het nieuwe onderwerp en verder uitgewerkt tot een compleet document. Vervolgens heb ik mijn stageplek en werkplan ingediend bij de Haagse Hoge School. Na goedkeuring van mijn stageplek en werkplan ben ik begin februari begonnen met afstuderen. Ik ben me eerst gaan oriënteren op een opzet voor het Programma van Eisen en alle informatie die ik daarvoor nodig ging hebben. De volgende stap was om alle informatie te vergaren. Om dit te bereiken ben ik meerdere personen gaan benaderen voor een werkoverleg. Na alle informatie te hebben vergaard ben ik deze stapsgewijs om gaan zetten tot het Programma van Eisen. Nadat de inhoud van het Programma van Eisen relatief vast lag, ben ik begonnen met het opzetten en uitvoeren van de Alternatieven- en Variantenstudies. Hier rolden twee varianten uit. Beide varianten ben ik toen gaan uitwerken tot een voorlopig ontwerp. Vervolgens ben ik een van de varianten helemaal uit gaan werken en doorberekenen. Na dit te hebben afgerond, heb ik deze stap herhaald voor de andere variant. Daarna heb ik beide voorlopige ontwerpen verder uitgewerkt tot professionele tekeningen. Ten slotte heb ik mijn gehele onderzoek verwerkt in het afstudeerrapport in de huidige staat.

Het grote knelpunt waar ik tegen aan liep was het falen van mijn tijdbewaking. Het bleek heel lastig om goed te blijven vorderen met het onderzoek, wanneer er lastige projectfasen doorlopen moesten worden. De belangrijkste tip om toch op schema te blijven, is om deadlines voor jezelf op te stellen en toch door te zetten wanneer de puf op lijkt te zijn.

Het is verstandig gebleken om veel terug te koppelen naar de begeleiders vanuit de gemeente Leiden en vanuit mijn opleiding. Op deze manier kon er altijd tijdig worden bijgestuurd en de vorderingen van het project worden bewaakt. Zo zijn al mijn doelstellingen bereikt, binnen de gewenste termijn.

Ten slotte wil ik melden dat, ondanks dat het lastig is om vorderingen in competenties vast te leggen en/of stellen, ik toch aan mezelf gemerkt heb dat ik in staat ben om de beoogde beroepscompetenties toe te passen in de praktijk. Zo bleek ik tijdens mijn afstudeeronderzoek veel meer taken zelfstandig af te kunnen handelen dan ik voor aanvang van mijn afstuderen had durven hopen. De opleiding heeft deze competenties mij blijkbaar gemerkt en ongemerkt bijgebracht, vanwaar mijn vreugd.

6.LITERATUUROPGAVE

Bij de totstandkoming van dit document en de vijf rapporten, zijn onderstaande bronnen ter informatie gebruikt.

Literatuur:

- *Uitwerkingsvisie van de Structuurvisie Leiden 2025*, d.d. april 2011, Gemeente Leiden
- *Handleiding voor de afstudeeropdracht – opleiding Civiele Techniek*, d.d. sept 2011, door ing. M.G.M. Pat
- *Vastgesteld bestemmingsplan - Binnenstad II*, d.d. 16 januari 2007, Gemeente Leiden
- *Sondering: "Nieuwbouw in kas bij Hortus Botanicus a/h Rapenburg te Leiden"*, opdr.nr. 11-2011, sonderingnr. 1, d.d. 21-11-2011, Gemeente Leiden
- *Beleids- en Algemene regels – Inrichting Watersysteem Keur 2011*, Hoogheemraadschap Rijnland
- *Leggerkaart oppervlaktewater, blad 108, herziening 2011*, Hoogheemraadschap Rijnland
- *Keur Rijnland 2009*, d.d. 22-12-2009, Hoogheemraadschap Rijnland
- *Het Bouwbesluit inclusief de van toepassing zijnde Nota's van Toelichting*
- *De Bouwverordening Leiden 1992*
- *NEN-EN-normen 1990 t/m 1993, 6702, 6706, 6720, 6723, 6740, 6743, 6760, 6770 t/m 6774.*
- *Verkenkend Milieukundig Bodemonderzoek Botanisch Laboratorium, Nonnensteeg 1 en 3 te Leiden in opdracht van Architectenburo Vollmer B.V. Rapport 93.4540/TB*, d.d. december 1993.
- *Handboek Kwaliteit Openbare Ruimte, Deel I: Uitgangspunten, versie 1*, d.d. februari 2012
- *ASVV 2004, Aanbevelingen voor verkeersvoorzieningen binnen de bebouwde kom, publicatie 720, ISBN: 90 6628 402 1, auteur: CROW*, d.d. 01-04-2004
- *Online document: Handreiking voor de toepassing van afwegingsmethoden bij bodemsanering*, door Milieudienst gem. Groningen (afdeling bodem) i.s.m. Royal Haskoning Groningen, d.d. mei 2004.
- *Online document: Multicriteria-analyse (powerpoint bestand)*, door T. Heusinkveld, d.d. onbekend.
- *Online document: Polycarbonaat resins en toepassingen*, door drs. B. Groothuis, dr. T. Hoeks, dr. J. King jr. (GE plastics bv), d.d. maart 1998.
- *Online magazine: De Boomkwekerij*, editie 11, door Arno Engels, d.d. 17 maart 2006
- *Online document: Onvatbaar - constructieve bijlage glas*, door Stan Mathijssen, d.d. 25 april 2008.
- *Online document: Leerboek Materiaalkunde voor technici, hoofdstuk 10 Kunststoffen en hun toepassingen*
- *Document: Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*, door Ir. K.J. Briedé en Ir. R. Blok, ISBN 90 238 4201 4, 8^e druk
- *Literatuur: Toegepaste vloeistofmechanica*, door Ir. I.W. Nortier en Ir. P. de Koning, ISBN 90 401 0318 6, 7^e druk.

Software:

- *Het computerprogramma: Giskit viewer 2005*, Gemeente Leiden
- *De online database Kadaster t.b.v. de klic-melding*, Nederland
- *De online database Blackboard*, Haagse Hogeschool
- *Microsoft Excel 2007*
- *Computerontwerpprogramma AutoCAD 2009*

Internet:

- <http://maps.google.nl>
- www.cementonline.nl
- www.google.nl
- www.nen.nl
- www.electrisol.nl
- www.wikipedia.nl
- www.bouwwereld.nl
- www.louwers.nl
- www.reefsecrets.org

Bijlage I: Curriculum Vitae

Personalia

Naam en voorletters	:	Mike Nicolai, M.M.
Geboortedatum	:	25 augustus 1988
Geboorteplaats	:	Leiderdorp
Adres	:	Jaagpad 31, 2351 SW Leiderdorp
Telefoon huis	:	071-5893959
Mobiele telefoon	:	06-13958541
E-mail	:	mikem_nicolai@live.nl
Burgerlijke staat	:	Ongehuwd
Rijbewijs	:	AM en B
Vaarbewijs	:	Klein, deel I

Reguliere opleidingen

VWO-NT op het Visser 't Hooft Lyceum te Leiden (aanvang 2001, diploma 2007), pakket: Nederlandse taal, Franse taal 1, Duitse taal 1, Engelse taal, geschiedenis 1, algemene natuurwetenschappen, maatschappijleer 1, lichamelijke opvoeding 1, letterkunde, culturele en kunstzinnige vorming 1, wiskunde B1,2, natuurkunde 1,2, scheikunde 1,2, biologie 1

Technische opleidingen en aanvullende trainingen

HBO Civiele Techniek, Haagse Hogeschool te Den Haag: 2008 – heden

Minor(s): Duurzame projecttechnologie aan de Haagse Hogeschool: 2010
Waterbouwkunde aan de Haagse Hogeschool: 2011
Ingenieur & Docent aan de Haagse Hogeschool: 2011

Werkervaring

2010	Stagiair Civiele Techniek bij het bedrijf gebr. Schouls bv., werkzaam als practicum en constructeur
2009 – 2010	Tutor wiskunde op de Haagse Hogeschool
2008 – heden	Brugwachter Doesbrug te Leiderdorp
2008 – 2011	Studenttalent studentenuitzendbureau BV als bediening/afwas in Restaurants, congressen op-/afbouw, parkeerwacht in Corpus te Leiden en als barmedewerker bij de Universiteit Leiden.
2007 – 2009	Uitzendbureau Randstad BV als suppoost en parkeerwacht
2007 – 2009	ASA studentenuitzendbureau BV te Leiden als posterverspreider, "beddentester", magazijnmedewerker, hulp afbraak congres, OV-chipkaart adviseur, promotiemedewerker
2005 – 2007	Albert Heijn te Leiderdorp als vakkenvuller en versmedewerker
2000 – 2005	bij reclamebureau De Schakel als krant- en folderverspreider

Persoonlijke eigenschappen

Ik zou mezelf als volgt willen beschrijven: Betrokken, vriendelijk, ambitieus, hardwerkend, doorzetter, doelgericht en enthousiast.

Hobby's

Sporten (algemeen), go-karting, varen (met pleziervaartuigen), films kijken en uitgaan.

Taalvaardigheden

Goede beheersing, zowel in woord als geschrift, van de Nederlandse en Engelse taal (Cambridge CAE certificaat behaald op 26/01/10).

Redelijke beheersing, zowel in woord als geschrift, van de Franse en Duitse taal.

Enige basisbeheersing, zowel in woord als geschrift, van de Spaanse taal.

Computervaardigheden

Microsoft Office

Autocad

Bijlage II: Cijferlijst studieperiode Civiele Techniek

Bijlage III: Data, Planning en Afsprakenlijst

Planningen afstuderen voor jaarkalender

		allen	groep februari	april	juni	november
aanvraag AO ingeleverd		s7w5	b3w5	b4w5	b1w5	b2w5
werkplan ingeleverd		s7w10	b3w10	b4w10	b1w10	b2w10
start afstudeerfase		s8w1	b1w1	b2w1	b3w1	b4w1
presentatie werkplan		s8w2	b1w2	b2w2	b3w2	b4w2
samenvatting		s8w5	b1w5	b2w5	b3w5	b4w5
tussenpeiling		s8w8	b1w8	b2w8	b3w8	b4w8
inleveren concept		s8w15	b2w5	b3w5	b4w5	b1w5
eindpeiling		s8w16	b2w6	b3w6	b4w6	b1w6
inleveren definitief		s8w17	b2w7vr	b3w7vr	b4w7vr	b1w7vr
eindpresentatie	wat	s8w18	b2w8di	b3w8di	b4w8di	b1w8di
	v&v	s8w18	b2w8wo	b3w8wo	b4w8wo	b1w8wo
	constr	s8w18	b2w8wo	b3w8wo	b4w8wo	b1w8wo
cijferbepaling(toetscie)		s8w18	b2w8do	b3w8do	b4w8do	b1w8do
examencommissie		s8w19	b2w9	b3w9	b4w9	b1w9
diplomering		2x/jaar	b3w3	b4w10	b4w10	b3w3

-waarin: b1 t/m b4 de blokaanduiding is, w1 t/m w10 het weeknummer van het blok is

-waarin: de aanduiding ma,di,wo,do,vr de dag voorstelt

-groepsaanduiding(feb,apr,jun,nov) is genoemd naar maand eindpresentatie

-het eindcijfer (onder voorbehoud van de examencie) wordt door de toetscie vastgesteld

De met geel gemarkeerde kolom is van toepassing op mijn afstudeerperiode.

Afsprakenlijst

Datum	Tijdstip	Locatie	Bijzonderheden
14-3-2012	13:00	HHS	/
10-4-2012	16:15	HHS	Tussenpeiling
9-5-2012	14:30	HHS	/
XX-5-2012	NNTB	HHS	Eindpeiling