

ONDERZOEKSRAPPORT

AFSTUDEERSTAGE JAN VERHAGE



RAPPORT NUMMER ONDERZOEKSRAPPORT_003_1.1_06-06-2019

J. VERHAGE
STUDENT CIVIELE TECHNIEK

Project	:	Ontwerp verkeersbrug Otheensche Kreek
Opdrachtgever	:	Provincie Zeeland
Document	:	Onderzoeksrapport
Document naam	:	Onderzoeksrapport_003_1.1_06-06-2019
Status	:	Definitief
Plaats uitgave	:	Middelburg
Stagebegeleider (Provincie Zeeland)	:	C.H. Steur
Stagedocent (HZ)	:	P.E. Romijn
Auteur	:	J. Verhage
Studentnummer	:	00070515
Opleiding	:	Civiele techniek
Cursuscode	:	-
Gecontroleerd door	:	P.E. Romijn & C.H. Steur
Goedgekeurd door	:	-
Paraaf	:	-
Adres	:	Bezoekadres 1 Provinciehuis, Abdij 6 4331 BK Middelburg Bezoekadres 2 Waterschap Scheldestromen, Kanaalweg 1 4337 PA Middelburg Postadres Postbus 6001 4330 LA Middelburg E-mail provincie@zeeland.nl Fax +31 118 626949
Onderwijsinstelling	:	HZ University of Applied Sciences Het Groene Woud 1 4331 NB Middelburg Tel. 0118-489000 www.hz.nl

Basisgegevens

Documentnaam	Onderzoeksrapport_003_1.1_06-06-2019
Auteur	Jan Verhage
Revisie	1
Status	Definitief

Distributie:	Organisatie:	Versie:	Datum:
P.E. Romijn	HZ University of Applied Sciences	0.1	24-05-2019
P.E. Romijn	HZ University of Applied Sciences	1.1	06-06-2019

Afkortingen

BBE	:	Biobased Economy
CROW	:	Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de verkeerstechniek
DO	:	Definitief ontwerp
EHS	:	Ecologische hoofdstructuur
hbo	:	Hoger beroeps onderwijs
KLIC	:	Kabels en Leidingen Informatie Centrum
mv	:	Maaiveld
NAP	:	Normaal Amsterdams Peil
PvE	:	Programma van eisen
ROK	:	Richtlijn ontwerp kunstwerken
SO	:	Schets ontwerp
VO	:	Voorlopig ontwerp
$A_{s,req}$	:	Benodigde hoeveelheid wapeningsstaal in mm ²
$A_{s,prov}$	:	Hoeveelheid toegepast wapeningsstaal in mm ²
M_{Ed}	:	Maximaal optredend moment
V_{Ed}	:	Maximaal optredende dwarskracht
N_{Ed}	:	Maximaal optredende normaalkracht
W_{tot}	:	Maximaal optredende doorbuiging
W_{max}	:	Maximaal toegestane doorbuiging

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport dat is opgesteld als afstudeeropdracht: 'Ontwerp verkeersbrug(gen) Otheensche Kreek'. Doormiddel van deze afstudeeropdracht wordt de studie civiele techniek op de HZ University of Applied Sciences afgerond. Het afstuderen is uitgevoerd door het opstellen van een ontwerp voor de verkeersbrug(gen) over de Otheensche Kreek. De afstudeeropdracht is uitgevoerd in opdracht van de Provincie Zeeland. Tijdens het afstuderen hebben de medewerkers van de Provincie Zeeland mij begeleid om tot het gewenste eindresultaat te komen. Vooral de heer C.H. Steur heeft mij begeleid vanuit de Provincie Zeeland. Begeleidend docent vanuit de HZ University of Applied Sciences was de heer P.E. Romijn.

Tijdens mijn studie civiele techniek is mijn interesse voor het constructief ontwerpen binnen de civiele techniek steeds verder gaan groeien. In mijn 3^e studiejaar ben ik dan ook een minor constructief ontwerpen gaan volgen op de Hogeschool Rotterdam. Doormiddel van deze minor heb ik, naast de gewone constructieve lessen tijdens de opleiding, mij nog verder kunnen verdiepen in het constructief ontwerpen. Eveneens tijdens het 3^e studiejaar heb ik veel geleerd van de uitvoering van projecten in de civiele techniek. Deze ervaring heb ik opgedaan door stage te lopen bij Boskalis Nederland op het project N62 Sloeweg fase 2. De theorie en ervaring die ik opgedaan heb tijdens mijn studie, heb ik goed in kunnen zetten tijdens het opstellen van het onderzoeksrapport.

Ter afronding van de studie civiele techniek dient de student een afstudeerscriptie op te stellen. Voor deze afstudeerscriptie is het noodzakelijk dat de student een realistisch probleem/opdracht uit de praktijk onderzoekt/uitwerkt. Voor deze opdracht is het van belang dat deze bij een organisatie uitgewerkt wordt, die aansluiting vindt met de civiele techniek. De doelgroep van deze scriptie is voornamelijk mijn begeleiders en overige geïnteresseerden met een constructieve achtergrond.

Vanuit de HZ University of Applied Sciences zijn er diverse competenties opgesteld waaraan de afstudeeropdracht moet voldoen. Deze zijn verdeeld in onderzoeks- en beroepsgerichte competenties. Deze competenties zijn terug te vinden in het portfolio. De onderzoek competenties zijn algemene leerdoelen waaraan een hbo-student in zijn afstudeerscriptie moet voldoen. De beroepsgerichte competenties zijn gericht op de opleiding civiele techniek.

Op dit moment wil ik de Provincie Zeeland en met name de heer C.H. Steur bedanken, die met zijn kennis en ervaring op het gebied van constructief ontwerpen mij heeft willen begeleiden met het opstellen van het onderzoek. Eveneens wil ik de heer P.E. Romijn bedanken die bereid was om mij te begeleiden vanuit de HZ University of Applied Sciences.

Middelburg, 23-05-2019

Jan Verhage



Samenvatting

De N290 traject Terneuzen – Zaamslag is geheel of grotendeels toe aan reconstructie. De N290 is vormgegeven als een gebiedsontsluitingsweg, waarop een snelheidsregime gehanteerd wordt van 80 kilometer per uur. Het dwarsprofiel van het tracé Terneuzen – Zaamslag voldoet niet aan het Duurzaam Veilig principe en dient aangepast te worden. Door deze aanpassing van het dwarsprofiel voldoet de bestaande brug voor het autoverkeer over de Otheensche Kreek eveneens niet. Voor de brug over de Otheensche Kreek dient er een nieuw ontwerp opgesteld te worden. Om antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag zijn er een 11-tal deelvragen opgesteld die het uiteindelijke antwoordt geven op de hoofdvraag: *‘Hoe ziet het technische ontwerp er uit van de verkeersbrug(gen) in de N290 over de Otheensche Kreek, rekening houdend met de omgeving en de fasering tijdens de uitvoering?’* In het eerste gedeelte van de deelvragen wordt informatie vergaard die van toepassing is op het ontwerp. In het tweede gedeelte van de deelvragen worden voornamelijk verschillende varianten beschouwd die mogelijk zijn voor het ontwerp. Uiteindelijk is de gekozen variant uitgewerkt tot een constructief ontwerp. Doormiddel van een onderzoeksmethode wordt per onderzoeksactiviteit bepaald hoe er antwoord wordt gegeven op de desbetreffende deelvraag.

Tijdens het opstellen van het rapport is er stapsgewijs gewerkt naar een oplossing voor de brug over de Otheensche Kreek in de N290. Uiteindelijk is ervoor gekozen om 1 brug tot een constructief ontwerp uit te werken. Echter, in de beginfase is het onderwerp breed gehouden, dit omdat er verschillende mogelijkheden waren om het verkeer over de Otheensche Kreek te laten verplaatsen.

Allereerst is er gestart met een omgevingsonderzoek, dit onderzoek legt de basis van het uiteindelijk constructieve ontwerp. Vanuit de omgeving zijn er diverse stakeholders aanwezig. De primaire- en secundaire stakeholders hebben hun eisen en wensen aangegeven. Hun eisen en wensen zijn in het ontwerp, voor zover mogelijk, meegenomen. Daarnaast is er bepaald hoe tijdens het volledige proces met de stakeholders omgegaan dient te worden. Vanuit de omgeving, stakeholders en alle overige richtlijnen die van toepassing zijn op de Kraagbrug zijn de eisen en wensen verzameld. Deze verzameling vormt het programma van eisen (PvE). Aan de hand van het PvE is schetsmatig een fasering van de bouwfase opgesteld, deze fasering bepaald hoe de verkeersgroepen over de Otheensche Kreek verplaatst worden. Tot dan toe zijn alle 3 de verkeersgroepen (voet- en fietsverkeer, autoverkeer en parallelverkeer) meegenomen in het ontwerp.

Als constructief ontwerp is de brug voor het autoverkeer uitgewerkt. Voordat er berekend kan worden zijn er een 2-tal variantenstudies uitgevoerd. In variantenstudie 1 zijn er een 6-tal constructietypen onderzocht, die uit het vooronderzoek volgden. Uit deze variantenstudie volgt het constructietype: kokerliggerbrug zonder tussensteunpunten. In variantenstudie 2 zijn alle constructie onderdelen van de kokerliggerbrug onderzocht aan de hand van de voorkennis. De meeste geschikte constructie onderdelen worden toegepast in het ontwerp.

Aan de hand van de geldende eurocodes, ROK richtlijnen, CROW richtlijnen en het lesmateriaal van de HZ University of Applied Sciences en de Hogeschool Rotterdam zijn de kokerliggers, landhoofden en overgangsconstructies berekend. De kokerliggers zijn op DO-niveau berekend en de landhoofden en overgangsconstructies op VO-niveau. Van de constructie is een constructie tekening opgesteld, daarnaast zijn van de hoofdconstructie onderdelen wapeningstekeningen opgesteld.

De bevindingen van het onderzoek betekenen dat er een gedegen constructief ontwerp is opgesteld van de autoverkeersbrug, waarbij alle invloeden van de omgeving, waaronder de overige verkeersgroepen beschouwd zijn. Aan de hand van dit rapport kunnen in een later stadium de constructieve ontwerpen van de brug voor voet- en fietsverkeer en de brug voor het parallelverkeer opgesteld worden.

Inhoud

Basisgegevens.....	2
Voorwoord	3
Samenvatting.....	4
Hoofdstuk 1: Inleiding	7
1.1 Achtergrond.....	7
1.2 Probleemstelling.....	10
1.3 Doelstelling.....	10
1.4 Vraagstelling	11
1.5 Introductie organisatie en begeleiding	11
1.6 Leeswijzer	12
1.7 Functie onderzoeksrapport	12
Hoofdstuk 2: Theoretisch kader	13
2.1 Omgevingsanalyse kruising N290 met Otheensche Kreek.....	13
2.1.1 Omgeving.....	13
2.1.2 Locatie onderzoek bestaande Kraagbrug	14
2.1.3 Kraagbrug (Provinciale weg).....	14
2.1.4 Kraagbrug (voet- en fietsverkeer)	15
2.1.5 Verkeersgegevens N290	15
2.2 Omgevingsfactoren	16
2.2.1 Ondergrondgegevens	16
2.2.2 Ecologie	16
2.2.3 Flora en fauna Otheensche Kreek	18
2.2.4 Peil Otheensche Kreek.....	19
2.2.5 Kabels en leidingen.....	20
2.3 Stakeholderanalyse	21
2.4 Programma van eisen.....	22
2.5 Faseringen tijdens uitvoering en keuze combinatie.....	23
2.5.1 Fasering tracé N290 Terneuzen - Zaamslag	23
2.5.2 Fasering uitvoering Kraagbrug	23
2.5.3 Keuze combinatie en brug.....	24
2.6 Vooronderzoek varianten.....	26
2.6.1 Constructie mogelijkheden Kraagbrug.....	26
2.6.2 Keuze constructie varianten	31
2.6.2 (Innovatieve) materialen per constructie onderdeel	31

Hoofdstuk 3: Methode	34
3.1 Onderzoeksmethoden	34
3.2 Onderzoeksactiviteiten	34
3.3 Onderzoeksinstrumenten.....	39
Hoofdstuk 4: Resultaten.....	40
4.1 Variantenstudie 1: constructietype.....	40
4.2 Variantenstudie 2: (innovatieve) materialen	41
4.3 Tekeningen	42
4.4 Berekeningen.....	42
4.4.1 Voorschriften, richtlijnen en programmatuur.....	42
4.4.2 Eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten	42
4.4.3 Belastingen	43
4.4.4 Belastingcombinaties en momentaanfactoren	43
4.4.5 Spreiding koker- en randliggers.....	43
4.4.6 Berekening kokerliggers	44
4.4.7 Berekening landhoofden	45
4.4.8 Berekening overgangsconstructies	46
Hoofdstuk 5: Conclusie.....	47
Hoofdstuk 6: Discussie en vervolgonderzoek.....	49
Hoofdstuk 7: Aanbevelingen	51
Hoofdstuk 8: Bibliografie.....	53
Hoofdstuk 9: Figuren- en tabellenlijst	54
Hoofdstuk 10: Appendices	55

Hoofdstuk 1: Inleiding

Dit onderzoeksrapport is opgesteld naar aanleiding van de afstudeerstage bij de Provincie Zeeland. In het onderzoeksrapport worden alle onderdelen behandeld die antwoord geven op de deelvragen en uiteindelijk de hoofdvraag. De Provincie Zeeland is voornemens het wegtracé van de N290 geheel of grotendeels te reconstrueren. In de bestaande situatie kruist het verkeer de N290 de Otheense Kreek ten oosten van Terneuzen doormiddel van een aparte brug voor het fiets- en voetverkeer en een aparte brug voor het overige verkeer. In de nieuwe situatie dient er voor al het verkeer een brug gerealiseerd te worden die de 3 partijen scheidt. Namelijk het fiets- en voetverkeer aan de noordzijde, sneller autoverkeer in het midden en landbouwverkeer aan de zuidzijde.

1.1 Achtergrond

De Provincie Zeeland is voornemens twee trajecten in Oost Zeeuws-Vlaanderen gedeeltelijk of geheel te vervangen. De N290 Vogelwaarde-Terhole (Rapenburg Tol – de rotonde Hulsterweg) en de N290 Terneuzen – Zaamslag (Spuiweg – Groeneweg). Zie Figuur 1. Het traject maakt deel uit van het kwaliteitsnet Goederenvervoer en – Landbouwverkeer en heeft een ontsluitende functie van Oost-Zeeuws-Vlaanderen. (Evelein R. & Walraven D., 2015)



Figuur 1: Tracé reconstructie N290

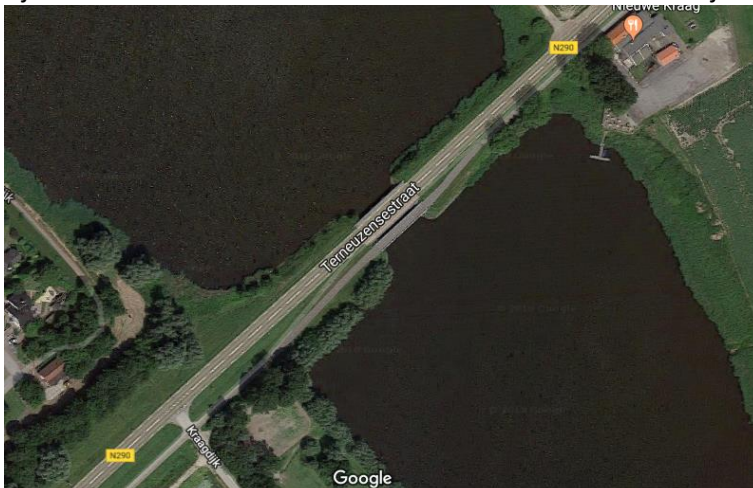
De inrichting van het traject Terneuzen – Zaamslag beantwoordt niet aan de eisen die de Provincie Zeeland aan een gebiedsontsluitingsweg stelt (basiskennmerken CROW). De maatvoering van zowel het fietspad, de tussenberm als de rijbaan is onvoldoende, zeker in relatie tot de verkeersintensiteit (circa. 10.000 motorvoertuigen/etmaal, waarvan 8% vrachtverkeer). Daarnaast is de realisatie van een parallelweg nodig om landbouwverkeer te scheiden van het snellere verkeer op de N290. Eveneens zijn de rijbanen van de N290 en het fietspad in een kwalitatief slechte staat. Vernieuwing van het wegdek en een verbreding van de rijbanen, het fietspad en de middenberm dienen dit probleem op te lossen. De Provincie Zeeland heeft plannen liggen om het huidige dwarsprofiel aan te passen. Bij de aanpassing van het dwarsprofiel dient het langzame landbouwverkeer gescheiden te worden van het snellere autoverkeer op de N290. De aanpassing die de Provincie Zeeland voornemens is, hangt mede samen aan de verwachte groei van de wijk Othene.

Aan de oostzijde van Terneuzen bevindt zich de wijk 'Othene'. In Figuur 2 is doormiddel van het rode kader de wijk Othene aangeduid. Op 1 januari 2018 had Othene 3.348 inwoners, 1.827 mannen en 1.721 vrouwen. De komende jaren zal Othene erg uitbreiden gezien de plannen. Een projectontwikkelaar realiseert in samenwerking met de Gemeente Terneuzen een 108 hectare groot uniek woningbouwplan Othene-Zuid. Als de inwoners van Othene richting de Westerschelde tunnel willen, moeten ze door Terneuzen om bij de N62 te komen. Gezien de verwachte groei van Othene is het daarom van groot belang voor gemeente Terneuzen dat er een aansluiting naar het zuiden komt naar de N290. Deze aansluiting voorkomt dat de verkeersdruk in Terneuzen niet nog groter wordt. In het nieuwe ontwerp is dus van belang dat er een nieuw aansluiting ontworpen wordt die Othene verbindt met de N290. De blauw lijn geeft de verbinding weer tussen Othene en de N290. De blauwe lijn is het project van Gemeente Terneuzen namelijk de Laan van Othene doortrekken. In de rode cirkel sluit de Laan van Othene aan op de N290. Voor deze aansluiting heeft de Provincie Zeeland een rotonde als definitief ontwerp gekozen. De rotonde zal ter hoogte van de rode cirkel in Figuur 2 gelokaliseerd zijn. Het wegtracé Terneuzen – Zaamslag is aangeduid met de 2 groene lijnen.



Figuur 2: Situatiebeeld van omgeving N290 Terneuzen - Zaamslag (Google, z.d.)

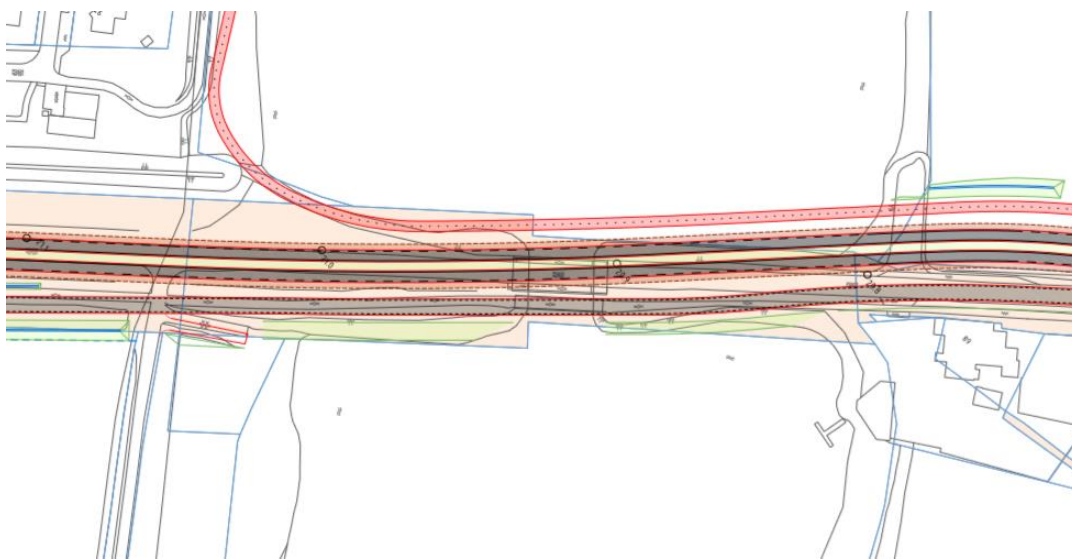
De Provincie Zeeland hecht grote waarde aan een duurzaam veilig verkeer over de N290. Dit wegtracé kruist ten oosten van Terneuzen de Otheense Kreek. De Otheense Kreek start in de Kleine Dulper en loopt uit in de Westerschelde. In het huidige ontwerp ter hoogte van de Otheense Kreek is het fietsverkeer gescheiden van het autoverkeer. Het fietspad bevindt zich ten zuiden van de rijbaan. Het landbouwverkeer moet zich over de normale rijbaan verplaatsen zie Figuur 3.



Figuur 3: Huidige situatie kruising Otheense Kreek (Google, z.d.)

In het nieuwe ontwerp worden deze 3 weggebruikers gescheiden. Zie Figuur 4. Deze afbeelding toont het bovenaanzicht van een mogelijk ontwerp voor de kruising van de N290 met de Otheensche Kreek. Er is gekozen voor een her locatie van de fietsbrug voor het fietsverkeer ten noorden van de rijbaan. Het meeste fietsverkeer verplaatst zich aan de noordzijde van de N290. Een aantal jaar geleden is de Gemeente Terneuzen begonnen met het realiseren van het 'rondje Kreek'. Met dit 'rondje Kreek' wordt een ronde bedoeld rondom de Kreek. Aan de noordzijde ligt op dit moment al een brug voor het voet- en fietsverkeer. Evenals de paden aan de oost- en westzijde van de Kreek. Ontbrekend is enkel de zuidzijde nog van de ronde, inclusief de brug over de Otheensche Kreek.

In het plan wordt uitgegaan van een nieuwe vrij liggende brug voor langzaam verkeer ter hoogte van de N290. Voor het landbouwverkeer is in het nieuwe ontwerp gekozen voor een brug ten zuiden van de N290 aangezien er zich zuidwestelijk veel landbouwpercelen bevinden. Eveneens kan in het nieuwe ontwerp het fietsverkeer ook gebruik maken van de landbouwbrug.

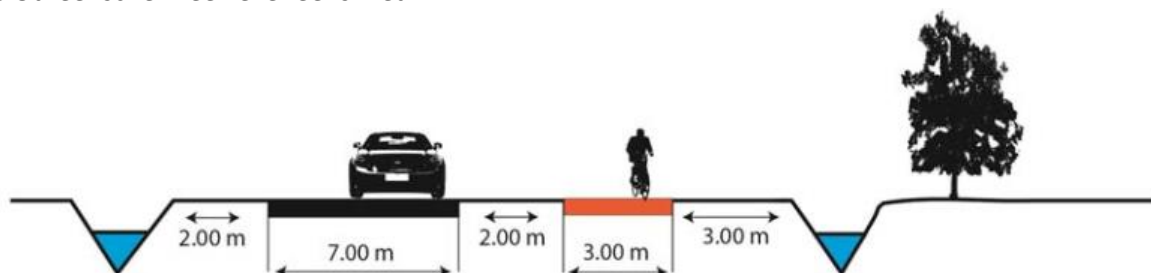


Figuur 4: Ontwerptekening brug bij kruising Otheensche Kreek (Evelein R. & Walraven D., 2015)

Voor het daadwerkelijk kunnen opstellen van een ontwerp voor de Kraagbrug dient bekend te zijn hoe de verschillende verkeersgroepen over de Otheensche Kreek verplaatst worden. Zodra dit bekend is kan er gestart worden met het ontwerpen van verschillende constructie varianten en (innovatieve) materialen.

1.2 Probleemstelling

De N290 traject Terneuzen – Zaamslag is geheel of grotendeels toe aan reconstructie. Dit traject scoort hoog op de prioriteitenlijst van het Kwaliteitsnet Landbouwverkeer en is gedefinieerd als prioritair knelpunt in het Kwaliteitsnet Goederenvervoer. De N290 is vormgegeven als een gebiedsontsluitingsweg waarop een snelheidsregime gehanteerd wordt van 80 kilometer per uur. Het dwarsprofiel van het tracé Terneuzen – Zaamslag voldoet niet aan het Duurzaam Veilig principe. Het wegprofiel is te smal en er zijn veel erftoegangswegen direct aangesloten op de N290. Het dwarsprofiel van de N290 tussen de Drieweg en de Groenweg is weergegeven in Figuur 5. Door de noodzakelijke aanpassing van het dwarsprofiel voldoet de bestaande brug voor het autoverkeer over de Otheense Kreek eveneens niet.



Figuur 5: Dwarsprofiel N290 (tussen de Drieweg en de Groenweg) (Evelein R. & Walraven D., 2015)

Daarnaast geldt vanuit het Handboek Wegontwerp 2013 voor een gebiedsontsluitingsweg het volgende uitgangspunt:

- *Scheiding van fietsers, bromfietsers, tractoren en overige zelfrijdende werktuigen met beperkte snelheid (volledige geslotenverklaring).*

In de bestaande situatie bevindt het landbouwverkeer zich nog op de hoofdrijbaan van de gebiedsontsluitingsweg. Conform het Handboek Wegontwerp 2013 is het gewenst het landbouwverkeer te scheiden en hiervoor parallelvoorzieningen te treffen.

De fietsbrug in de bestaande situatie bevindt zich ten zuiden van de hoofdrijbaan. Gezien het fietsverkeer wat zich over de Otheense Kreek verplaatst is het gewenst dat het fietsgedeelte zich ten noorden van de hoofdrijbaan bevindt. Deze keuze hangt af van de volgende gegevens:

- Fietsverkeer Terneuzen – Zaamslag en andersom;
- Fietsverkeer vanuit en/of naar de wijk Othene;
- Plannen gemeente Terneuzen voor 'Rondje Kreek'

1.3 Doelstelling

Het doel van de afstudeeropdracht is om een ontwerp te maken van de verkeersbrug(en) N290 over de Otheense Kreek. Het ontwerp van deze brug(en) hoort bij het gehele wegtracé ontwerp N290 tussen Terneuzen en Zaamslag. Het doel van de Provincie Zeeland is om de N290 veiliger in te richten en de doorstroming te verbeteren. Dit zorgt er mede voor dat de ontsluiting van het gebied (de ruit om Axel) verder wordt geoptimaliseerd. Uitgangspunt daarbij is de Duurzaam Veilig principes van CROW te hanteren die gelden voor een gebiedsontsluitingsweg.

1.4 Vraagstelling

Om aan de doelstelling te kunnen voldoen dient er allereerst een gedegen onderzoek te worden uitgewerkt. Dit onderzoek wordt uitgevoerd aan de hand van hoofd- en deelvragen. De hoofdvraag luidt als volgt:

‘Hoe ziet het technische ontwerp er uit van de verkeersbrug(gen) in de N290 over de Otheensche Kreek, rekening houdend met de omgeving en de fasering tijdens de uitvoering?’

De hoofdvraag is opgesplitst in verschillende deelvragen:

1. Hoe ziet de bestaande situatie eruit bij de kruising van de N290 met de Otheensche Kreek?
2. Wat zijn de omgevingsfactoren die van invloed zijn op het ontwerp van de verkeersbrug(gen)?
3. Wie zijn de stakeholders die van belang zijn voor het ontwerp van de verkeersbrug(gen), wat zijn hun eisen en wensen en hoe moet met de desbetreffende stakeholder worden gehandeld?
4. Hoe ziet het programma van eisen eruit?
5. Hoe verloopt de fasering van de uitvoering van het wegtracé N290 Terneuzen – Zaamslag?
6. Hoe worden de verschillende verkeersgroepen over de Kraagbrug geleid?
7. Welke typen constructie(s) zijn er mogelijk voor het ontwerp inclusief schetsontwerpen en welk constructie type is het meest geschikt?
8. Welke (innovatieve) materialen kunnen er gebruikt worden voor de verkeersbrug(gen) per constructie onderdeel?
9. Hoe ziet het voorlopig ontwerp (VO) er uit inclusief de bepaling van de meest geschikte materialen die gebruikt worden per constructie onderdeel?
10. Hoe ziet het berekeningsrapport eruit van de constructie aan de hand van het VO?
11. Hoe ziet het definitief ontwerp (DO) eruit van één specifiek onderdeel?

Bovenstaande deelvragen worden tijdens de afstudeerstage behandeld. In het onderzoeksrapport wordt informatie weergegeven die sommige deelvragen al volledig beantwoordt. Sommige deelvragen worden tot in detail uitgewerkt zoals variantenstudies, voor die deelvragen wordt gebruik gemaakt van een bijlage.

1.5 Introductie organisatie en begeleiding

Begeleiding Provincie Zeeland

De opdrachtgever voor het ontwerpen van de verkeersbrug(gen) is de Provincie Zeeland. De Provincie Zeeland is een overheidsorganisatie. De Provincie Zeeland is gevestigd in Middelburg, namelijk op 2 locaties. De hoofdlocatie is het abdijcomplex en de afdeling infrastructuur zit in het Waterschap kantoor.

Het provinciebestuur zet in op economische ontwikkeling, groei en innovatie van Zeeland. Ze benutten daarbij de strategische ligging in zee, tussen Rotterdam en Antwerpen. Ook kiezen we bewust voor de sectoren waar Zeeland sterk in is zoals de procesindustrie met biobased economy, de havens en logistiek, recreatie en toerisme, energie, landbouw en agro food, visserij en aquacultuur. Ook plattelandsontwikkeling en natuurherstel zijn onderwerpen waar het provinciebestuur aan werkt. Het bestuur wordt ondersteund door de provinciale organisatie onder leiding van de provinciesecretaris/directeur.

Vanuit de Provincie Zeeland zal dhr. C.H. Steur mij begeleiden tijdens de afstudeerstage. Zijn contactgegevens en die van de Provincie Zeeland zijn te vinden op de titelpagina.

Begeleiding HZ University of Applied Sciences

De begeleiding vanuit de HZ University of Applied Sciences wordt uitgevoerd door dhr. P.E. Romijn. Tevens is dhr. P.E. Romijn mijn 1^e examiner. Zijn contactgegevens zijn via de HZ University of Applied Sciences te verkrijgen, deze info is op de titelpagina te vinden.

1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 1 wordt de aanleiding van het probleem gepresenteerd inclusief het doel van het onderzoek. In hoofdstuk 2 wordt alle relevante literatuur beschreven en wordt op de eerste deelvragen antwoord gegeven. In hoofdstuk 3 is beschreven hoe het antwoord op de deelvragen gevonden wordt. In hoofdstuk 4 zijn de resultaten weergegeven die gevonden zijn op de deelvragen. In dit hoofdstuk wordt voornamelijk antwoord gegeven op de laatste deelvragen. Hoofdstuk 5 behandelt de conclusie van het onderzoek. In de conclusie wordt de onderzoeksvraag op basis van de resultaten van het onderzoek beantwoord. In hoofdstuk 6 is de discussie van het onderzoek weergegeven, in de discussie wordt er op de conclusies van het onderzoek ingegaan. In hoofdstuk 7 zijn de aanbevelingen beschreven, waarmee de schrijver adviseert wat de opdrachtgever na het onderzoek zou moeten gaan doen. Hoofdstuk 8,9 en 10 behandelen respectievelijk de bibliografie, figuren- en tabellenlijst en de appendices.

1.7 Functie onderzoeksrapport

Het onderzoeksrapport is het hoofdonderdeel van het onderzoek. In het onderzoeksrapport zijn alle belangrijkste onderdelen toegevoegd. De functie van het onderzoeksrapport is om de lezer de belangrijkste onderdelen te laten lezen. Indien de lezer meer informatie verlangt over een bepaald onderdeel is deze informatie bijgevoegd in de appendices.

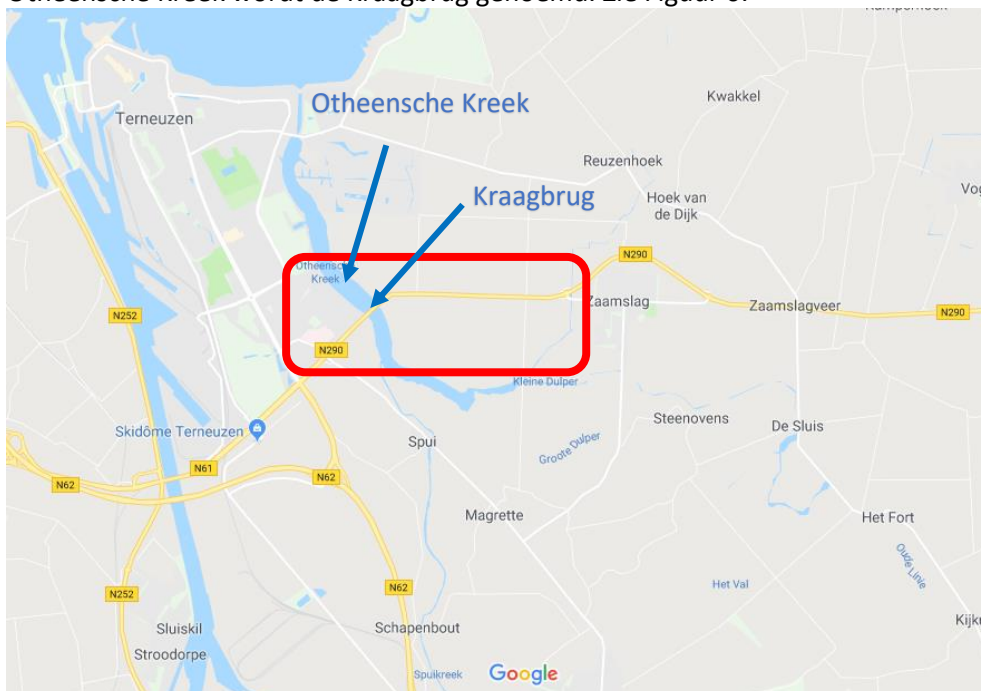
Hoofdstuk 2: Theoretisch kader

Nadat de probleemstelling is gedefinieerd en de onderzoeksvragen zijn opgesteld, is het van belang om te onderzoeken welke theorieën en ideeën er bestaan met betrekking tot het onderwerp. Het theoretisch kader vormt zo de wetenschappelijke achtergrond van het onderzoek.

2.1 Omgevingsanalyse kruising N290 met Otheensche Kreek

2.1.1 Omgeving

In deze paragraaf wordt een beschrijving gegeven van de locatie waarin het project is gelegen. Het project gebied bevindt zich in de Provincie Zeeland, in de regio van Zeeuws-Vlaanderen. Ten oosten van de stad Terneuzen en ten westen van Zaamslag. Tussen deze stad en dit dorp bevindt zich het traject van de N290 tussen Terneuzen – Zaamslag. Dit traject is aangeduid met het rode kader. De blauwe pijl duidt de kruising van de N290 met de Otheensche Kreek aan. De brug over de Otheensche Kreek wordt de Kraagbrug genoemd. Zie Figuur 6.



Figuur 6: Overzicht omgeving Kraagbrug (Google, z.d.)

Op dit moment bestaat de Kraagbrug uit een brug waarover het snellere autoverkeer zich verplaatst. De weg over deze brug dient als een 2x1 gebiedsontsluitingsweg zonder middenberm. Ten zuiden van deze brug ligt een voet- en fietsverkeer brug. Zoals verklaard in hoofdstuk 1 inleiding is de bestaande Kraagbrug toe aan vervanging. De bestaande brug wordt gesloopt en er worden nieuwe verbindingen gerealiseerd voor de verschillende verkeersgroepen over de Otheensche Kreek.

Otheensche Kreek

In 2007 heeft BoschSlabbers een plan opgesteld voor Gemeente Terneuzen van het 'Rondje Kreek'. In dit plan is veel informatie beschikbaar over onder andere de Otheensche Kreek. BoschSlabbers omschrijft de Kreek als volgt:

“De Otheensche Kreek is een landschappelijk element van formaat. Met een lengte van ruim 2 kilometer en een breedte van soms meer dan tweehonderd meter, vormt de Kreek een ruimtelijke buffer tussen Terneuzen en de nieuwe wijk Othene. De schaal en maat van het Zeeuw-Vlaamse landschap is door de afmetingen van de Kreek voelbaar in de stad. De westelijke oever is momenteel ingericht als parkzone met een afwisseling van grasvlakken, bospercelen en solitaire bomen. De Kreek zelf is in gebruik als zwem-, vis- en vaarwater. Grote boten komen er niet, het zijn uitsluitend kleine

roeiboten en zeilscheepjes. De doorvaarthoogte onder de Kraagbrug (1,90 meter) is bepalend voor de aard van de scheepvaart. De roeivereniging van Dow Benelux uit Terneuzen maakt gebruik van de Kreek en heeft een eigen botenhuis in de noordwesthoek van het gebied. De oostelijke oever is nog niet ingericht. In het kader van deze opdracht wordt een parkzone ontwikkeld tussen de woonwijk Othene en de Kreek”.

(Bosch Slabbers, 2007)

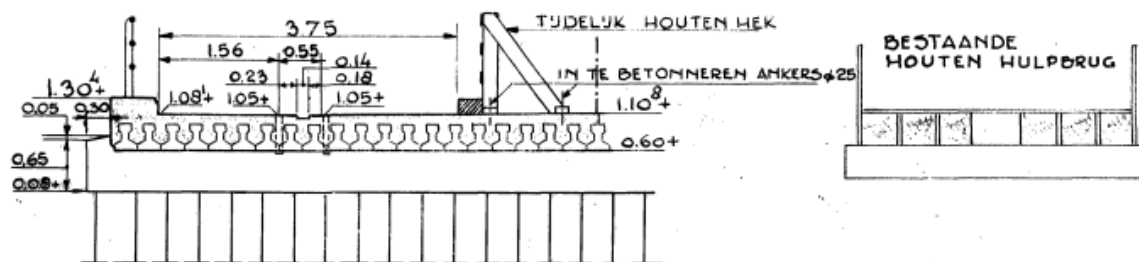
2.1.2 Locatie onderzoek bestaande Kraagbrug

Op 13 februari 2019 is er door C.H. Steur en J. Verhage een locatie onderzoek uitgevoerd om een goede inschatting te krijgen van de bestaande bruggen. Tijdens dit locatie onderzoek zijn er diverse foto's gemaakt die een beeld geven van de bruggen. In Appendix A zijn de foto's inclusief toelichting aangegeven.

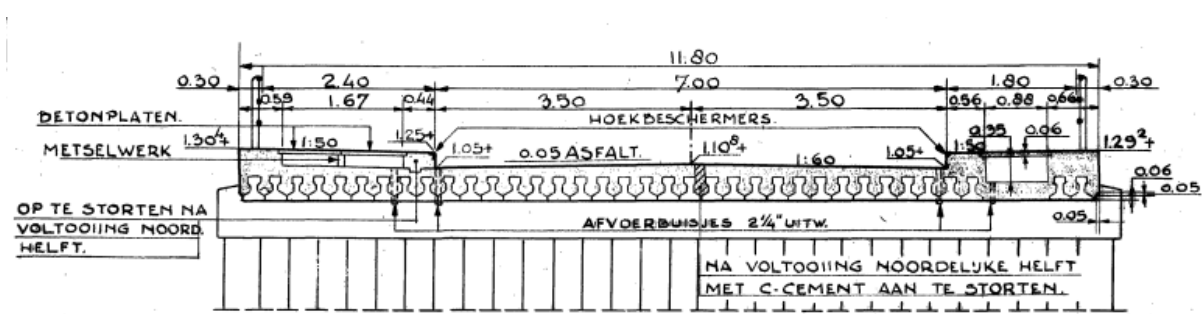
2.1.3 Kraagbrug (Provinciale weg)

De Kraagbrug voor het gewone autoverkeer is een traditionele betonbrug met landhoofden, pijlerwanden met onderslagbalken, liggers en dek. Via de Provincie Zeeland is van Rijkswaterstaat van deze brug een handgetekende tekening beschikbaar. Tijdens de bouw is deze brug gefaseerd aangelegd, eerst is de zuidzijde gerealiseerd en is daar tijdelijk het verkeer op gegaan. Doormiddel van een tijdelijk houten hek en de bestaande houten hulpbrug is het verkeer gescheiden van de noordzijde. Deze situatie is weergegeven in Figuur 7. Daarna is men gestart met het realiseren van de noordzijde van de brug. Nadat deze brug gerealiseerd was, lag het fietspad op dezelfde brug aan de zuidzijde. Deze situatie is weergegeven in Figuur 8. Het voormalige fietspad is nog aanwezig op de brug. In appendix A bijlage 1 is de ontwerptekening van deze brug weergegeven.

(Rijkswaterstaat, z.d.)



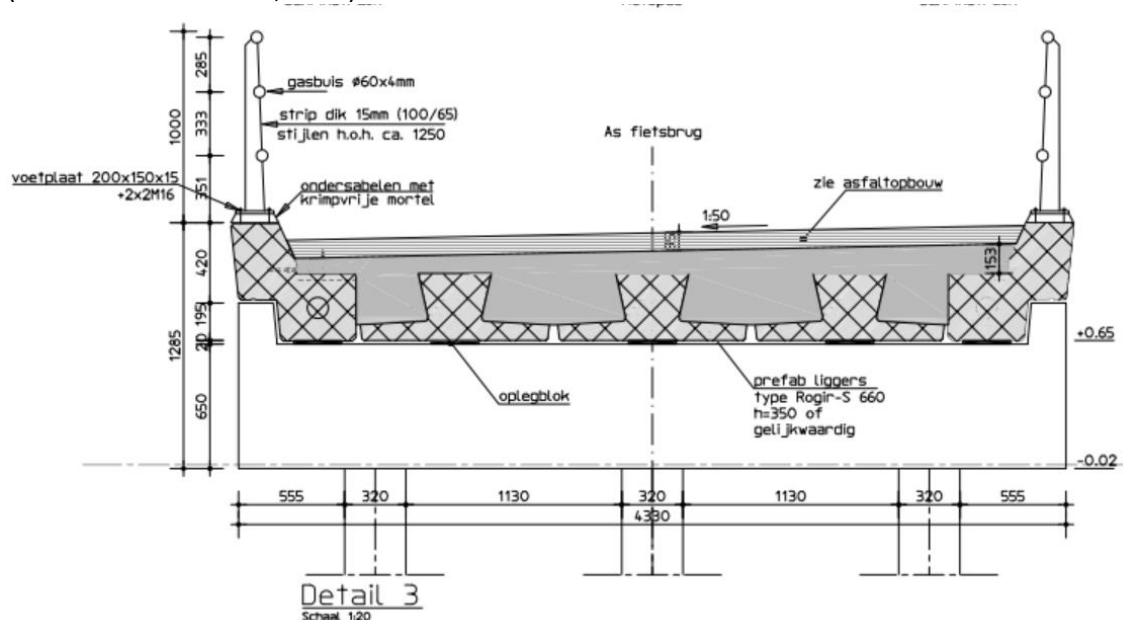
Figuur 7: Dwarsdoorsnede na voorlopige voltooiing zuidzijde (Rijkswaterstaat, z.d.)



Figuur 8: Dwarsdoorsnede na voltooiing noord- en zuidzijde (Rijkswaterstaat, z.d.)

2.1.4 Kraagbrug (voet- en fietsverkeer)

De Kraagbrug voor het voet- en fietsverkeer is in 2009 ontworpen en daarna gerealiseerd. Het ontwerp voor de fietsbrug is opgesteld door Arcadis Nederland BV in opdracht van Provincie Zeeland. Eveneens is dit een traditionele betonbrug met landhoofden, pijlers met onderslagbalken, prefab liggers en daaroverheen beton gestort. Zie Figuur 9. De ontwerptekening van de fietsbrug is bijgevoegd in appendix A bijlage 2.
(Arcadis Nederland BV, 2009)



Figuur 9: Dwarsdoorsnede bestaande fietsbrug (Arcadis Nederland BV, 2009)

2.1.5 Verkeersgegevens N290

Verkeersintensiteiten

De verkeersintensiteiten per voertuiglengte op werkdagen in 2013 zijn beschikbaar via het digitaal archief van de Provincie Zeeland. Deze kaart is toegevoegd in appendix A bijlage 3. De volgende gegevens gelden voor de locatie van de Kraagbrug:

Voertuigen <5,60 m	:	7652 voertuigen	90%
Voertuigen 5,60 – 12,20 m	:	564 voertuigen	7%
Voertuigen > 12,20 m	:	263 voertuigen	3%
Totaal aantal voertuigen	:	8479 voertuigen	

Via het Geoloket eveneens beschikbaar vanuit de Provincie Zeeland wordt het totaal aantal voertuigen in 2016 gemeten op 9100 voertuigen per werkdag.

Ongevallen

Vanuit het Geoloket van de Provincie Zeeland zijn alle ongevallen in kaart gebracht tussen 2003 en 2016. De belangrijkste informatie over de ongevallen van het tracé tussen Terneuzen en Zaamslag zijn:

Totaal aantal ongevallen	:	26
Aantal ongevallen met letsel	:	8

2.2 Omgevingsfactoren

In deze paragraaf worden alle belangrijke omgevingsfactoren behandeld. Hierbij worden bijvoorbeeld ondergrondgegevens, de ecologie, peilen en kabels en leidingen in kaart gebracht.

2.2.1 Ondergrondgegevens

Voor het bepalen van de draagkracht van de ondergrond dienen er ondergrond gegevens aanwezig te zijn voor het ontwerp. Van Der Straaten aannemingsmaatschappij b.v. heeft in opdracht van Provincie Zeeland in 2009 bodemonderzoek uitgevoerd voor de fietsbrug over de Otheensche Kreek. Voor het bodemonderzoek zijn 2 sonderingen uitgevoerd op de plaats van de toekomstige landhoofden. Op dit moment zijn enkel deze sonderingen aanwezig op de plaats van de Kraagbrug. In een later stadium, voordat de brug gerealiseerd wordt, dienen er bij de landhoofden en tussensteunpunten nog diverse sonderingen uitgevoerd te worden. In appendix B zijn de sondeergrafieken vertaald naar een grondlagen overzicht. Voor het bepalen van de grondlagen vanuit de sondeergrafieken wordt tabel 2b uit NEN-EN 1997-1+C1+A1:2016/NB+C1:2018 nl gebruikt.

Naar aanleiding van de sondeergrafieken en de gevonden grondlagen kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Vanaf het mv. tot circa 10 meter bevinden zich slappe leem of klei lagen. Vanaf 10 meter tot einde boring op 25 meter bevinden zich sterke zandlagen.
- In beide sonderingen wordt om circa 20 meter een piek gezien in de conusweerstand, dit kan duiden op een grindlaag.

2.2.2 Ecologie

Bij ontwikkelingen, zoals het project N290, waar mogelijk beschermde planten of dieren aanwezig zijn, krijgt de opdrachtgever te maken met de Wet natuurbescherming. Vanaf 1 januari 2017 heeft de nieuwe wet 3 wetten vervangen; de Natuurbeschermingswet 1998, de Boswet en de Flora- en Faunawet. De opdrachtgever mag geen schade toebrengen aan vogels en beschermde dieren of planten. Indien noodzakelijk heeft de opdrachtgever de mogelijkheid om een ontheffing aan te vragen. (natuurbescherming, 2019)

Natura 2000 gebieden

Planten en dieren laten zich niet tegenhouden door landsgrenzen. Natura 2000 richt zich daarom op het behoud en de ontwikkeling van gebieden in heel Europa. Natura 2000 is de overkoepelende naam voor gebieden die worden beschermd vanuit de Vogel- en Habitatrichtlijn. Volgens deze Europese richtlijnen moeten lidstaten specifieke diersoorten en hun natuurlijke leefomgeving (habitat) beschermen om de biodiversiteit te behouden. (Ministerie van Landbouw, z.d.)

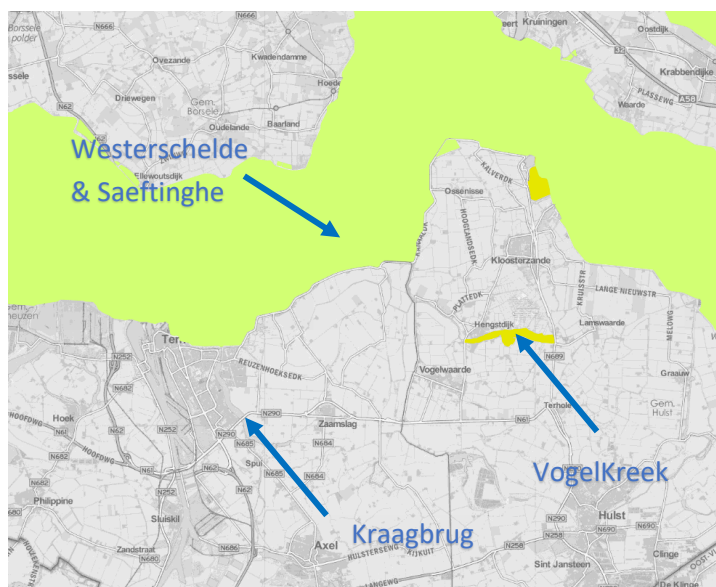
In de omgeving van de Kraagbrug bevinden zich een 2-tal Natura 2000 gebieden. In Figuur 10 is een overzicht weergegeven van de omgeving van de Kraagbrug in relatie tot de Natura 2000 gebieden. Het gaat om de volgende 2 Natura 2000 gebieden:

- Westerschelde & Saeftinghe (groen)
- VogelKreek (geel)

Het Nature 2000 gebied de Westerschelde & Saeftinghe bevindt zich op 2,75 km afstand van de Kraagbrug, volgens www.afstandmeten.nl. De Westerschelde is de zuidelijke tak in het oorspronkelijke mondingsgebied van de rivier de Schelde. Het is de enige zeetak in de Delta waar nu nog sprake is van een estuarium met open verbinding naar zee. Het betreft een zeer dynamisch gebied, mede door de trechtervorm ervan, waarin het getijverschil naar achteren erg groot wordt. Het estuarium bestaat uit diepe en ondiepe wateren, bij eb droogvallende zand- en slikplaten en schorren. Onder de schorren langs de Westerschelde bevindt zich het grootste schorregebied van

ons land: het Verdrongen Land van Saeftinghe. Door het grote getijverschil bevat het Verdrongen Land van Saeftinghe zeer hoge oeverwallen en brede geulen. (Ministerie van Landbouw, z.d.)

Het Natura 2000 gebied de Vogelkreek bevindt zich op 8,76 km afstand van de Kraagbrug, volgens www.afstandmeten.nl. De Vogelkreek is een voormalige Kreek met omliggende vochtige en zoute graslanden. De Vogelkreek is een van de Kreekrestanten in Zeeuws-Vlaanderen die na de inpoldering van de vruchtbare zeekleigebieden ten behoeve van de landbouw zijn overgebleven. De Kreek vormde ooit onderdeel van een zeearm die in verbinding stond met de Westerschelde. (Ministerie van Landbouw, z.d.)



Figuur 10: Overzicht Natura 2000 gebieden omgeving Kraagbrug (Zeeland, z.d.)

In het reconstructie onderzoek van Tauw zijn beide Natura 2000 gebieden eveneens behandeld. In dit onderzoek wordt ervan uitgegaan dat gezien de onderlinge afstanden en de lokale aard van de werkzaamheden geen negatieve effecten kunnen optreden op de Natura 2000 gebieden.

Ecologische Hoofdstructuur

De Otheense Kreek is een ecologische hoofdstructuur (EHS). Natuurmonumenten omschrijft EHS als volgt: de Ecologische Hoofdstructuur is een netwerk van bestaande en te realiseren natuurgebieden in Nederland. Dit 'groene netwerk' beëindigt de versnippering van de natuur en vergroot de overlevingskansen van zeldzame dieren en planten. (Natuurmonumenten, 2010)

De N290 kruist deze EHS. De effecten van het voornemen dienen getoetst te worden aan de EHS. Daarbij dient in te worden gegaan op de aantasting, door het voornemen van de wezenlijke kenmerken en waarden van dit EHS-gebied. De wezenlijke kenmerken en waarden van dit gebied wordt gebaseerd op het Natuurbeheerplan, gecombineerd met een veldbezoek. Daarbij wordt de status van de uitvoering van het beheerplan vastgesteld. De inpassing van de EHS in het nieuwe ontwerp dient bij deze toetsing meegenomen te worden. Echter wordt in het onderzoek tijdens de afstudeerstage dit veldonderzoek achterwege gelaten. Wel dienen de wensen en eisen van natuurbeschermingsorganisaties beschouwd te worden tijdens het opstellen van het ontwerp. (Evelein R. & Walraven D., 2015)

Bosch Slabber heeft informatie verzameld in het plan voor het 'Rondje Kreek'. De natuurwaarden van het brakke water en de oevers zijn hier de dragers van de ecologische kwaliteiten. Bosch Slabber heeft informatie gekregen van natuurbeschermingsorganisatie de Steltkluut over de Otheense Kreek. Deze informatie is ingedeeld in de vakken van de Otheense Kreek. Vanuit deze organisatie

wordt duidelijk dat de Kreek, en in het bijzonder het oostelijke deel daarvan, een rustgebied is voor watervogels. Verder komt er de zeldzame Meervleermuis voor (zie Figuur 11), die onder de Kraagbrug doorvliegt bij het foerageren. Behoud en versterking van al deze natuurwaarden is uitgangspunt bij de planvorming.



Figuur 11: Meervleermuis (bron: Ecopedia)

(Bosch Slabbers, 2007)

Vanuit de gemeente Terneuzen is er een document verkregen met eisen, uitgangspunten en aandachtspunten. Dit document is opgesteld naar aanleiding van het plan voor een biobased fietsbrug. Aangaande de ecologie heeft Steven de Froy diverse punten beschreven. Steven de Froy is Senior beleidsmedewerker omgeving en economie bij gemeente Terneuzen. Het gehele document is te vinden in het portfolio bij het stakeholderoverleg met gemeente Terneuzen. Voor het ontwerp van de Kraagbrug zijn de volgende punten belangrijk:

- Geen lichthinder vanaf de brug voor de vleermuizen die in noord/zuid richting vliegen
- Passeerbaarheid onder de brug voor de vleermuizen:
 - o Zo hoog mogelijke brug
 - o Bruggen vanwege licht inval uit elkaar plaatsen
- Passeerbaarheid voor andere dieren in noord/zuid richting
- Indien mogelijk een loopgoot langs de brug voor dieren die passeren in oost/west richting

(Froy, 2013)

2.2.3 Flora en fauna Otheense Kreek

Het projectgebied ligt binnen het beschermde EHS. Binnen dit EHS komen (strikt) beschermde soort(groep)en, zoals vaatplanten, zoogdieren, amfibieën en vogels voor. Op voorhand kan niet uitgesloten worden dat het voornemen negatieve effecten heeft op deze soorten. Het effect van het voornemen op (strikt) beschermde soorten dient daarom getoetst te worden aan de hand van de wet natuurbescherming.

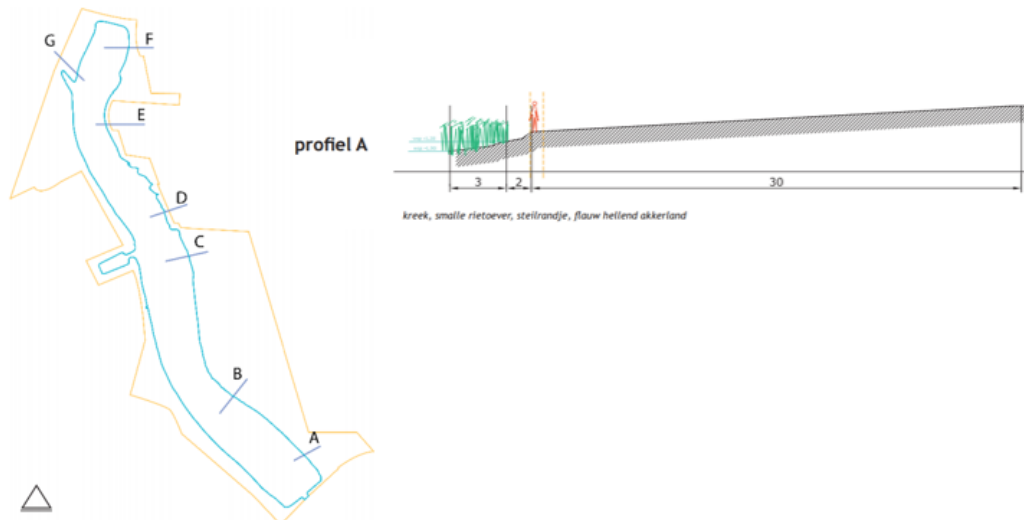
De aantasting van en hoe te handelen met de fauna in de Otheense Kreek is beschreven in 2.2.2 Ecologie. De aantasting van en hoe te handelen met de flora in de Otheense Kreek is bepaald in de wet natuurbescherming. Voor een project zoals bij de Kraagbrug dient er een vergunning aangevraagd te worden voor de werkzaamheden. Voor deze vergunning dient er een uitgebreid (veld)onderzoek uitgevoerd te worden, zodat de gevolgen van de werkzaamheden op de flora en fauna minimaal zijn. Gezien de richting van de afstudeerstage en de hoeveelheid werk wat dit onderzoek met zich meebrengt, wordt het onderzoek voor de vergunning niet uitgevoerd tijdens de afstudeerstage.

In het onderzoek wordt wel de bestaande situatie beschreven van de oeverconstructie nabij de Kraagbrug, zodat in het ontwerp deze oeverconstructie gehandhaafd kan blijven. Doormiddel van een overleg met de Gemeente Terneuzen zijn er diverse gegevens van de omliggende flora en fauna

verkregen. Voor het opstellen van een ontwerp worden de wensen en eisen aangaande de flora en fauna meegenomen.

Oeverconstructie

Vanuit het plan van Bosch Slabber zijn de oevers van de Otheensche Kreek verdeeld in 7 verschillende profielen. Zie Figuur 12. In Figuur 12 is eveneens profiel A weergegeven die van toepassing is bij de Kraagbrug.



Figuur 12: Oeverprofiel A Otheensche Kreek

Ten zuidwesten van de Kraagbrug bevindt zich een natuurvriendelijke oever. Natuurvriendelijke oevers zijn flauwe oevers met een geleidelijke overgang van land naar water. (Scheldestromen, 2015)



Figuur 13: Arcgis Scheldestromen afbeelding ter plaatse van Kraagbrug (Scheldestromen, 2015)

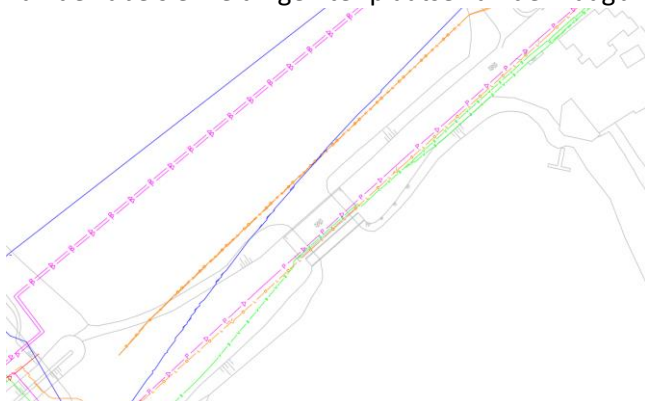
2.2.4 Peil Otheensche Kreek

Ten behoeve van het ontwerpen van de brug dienen de maatgevende hoogtes bekend te zijn van de Otheensche Kreek. Het waterschap Scheldestromen is verantwoordelijk voor het beheer van het water. Het waterschap Scheldestromen hanteert de volgende peilen:

Zomerpeil	:	-1,40 m NAP
Winterpeil	:	-1,60 m NAP
Bodemhoogte	:	-3,80 m NAP
Talud 1 (L)	:	1:3
Talud 1 (R)	:	1:4

2.2.5 Kabels en leidingen

Ter plaatse van de Kraagbrug komen diverse kabels en leidingen voor. Vanuit het Kabels en Leidingen Informatie Centrum (KLIC) zijn de gegevens opgevraagd. In Figuur 14 is een overzicht weergegeven van de kabels en leidingen ter plaatse van de Kraagbrug.



Figuur 14: KLIC-overzicht ter plaatse van Kraagbrug (KLIC, z.d.)

Van boven naar beneden gezien komen de volgende kabels voor inclusief beschikbare informatie:

Tabel 1: Overzicht kabels en leidingen Kraagbrug

Kleur op tekening:	Eigenaar:	Type:	Afmetingen:	Diepte:
Blauw	Delta	Water	-	Conform regels
Paars	Scheldestromen	Persleiding	-	Conform regels
Paars	Scheldestromen	Persleiding	-	Conform regels
Oranje	Delta	Gas lage druk	-	Conform regels
Blauw	Delta	Water	Ø600	Bovenkant -2,969 mNAP. Onderkant -3,604 mNAP.
Paars	Gem. Terneuzen	Persleiding	-	Conform regels
Groen	KPN	Data	-	Conform regels
Oranje	DNWG	Gas lage druk	-	Conform regels

2.3 Stakeholderanalyse

Om een beeld te krijgen welke organisaties, bedrijven en verenigingen een rol spelen voor het opstellen van een ontwerp van de Kraagbrug, is een stakeholderanalyse uitgevoerd. In het onderzoek wordt aan de hand van een stakeholderanalyse bepaald, welke betrokken partijen er zijn en op welke manier deze partijen bij het project betrokken zijn. Deze analyse kan worden gebruikt om vast te stellen welke partijen welke informatie nodig hebben, welke acties nodig zijn of om de projectgroep of eventuele stuurgroep te formeren.

In een project valt onderscheid te maken tussen primaire- en secundaire stakeholders. De primaire stakeholders staan dicht bij een project. Ze zijn meestal direct betrokken, werken mee en dragen bij aan het resultaat. Van de primaire stakeholders is een vertegenwoordiging aanwezig. Secundaire stakeholders staan wat verder van het project af, maar hebben hierbij wel een belang doordat het project ingrijpt op de leefomgeving of andere persoonlijk of algemene belangen raakt. Ondanks dat de afstand wat groter is, is er wel sprake van betrokkenheid in combinatie met een legitiem belang. (Projectmanagementsite.nl, z.d.)

Om tot een ontwerp te komen voor de Kraagbrug waarin alle eisen en wensen van de stakeholders zo goed mogelijk zijn meegenomen, dient er een stakeholderanalyse opgesteld te worden. Aan de hand van een inventarisatie van alle stakeholders zijn deze verdeeld in 2 groepen, namelijk de primaire- en de secundaire stakeholders. De primaire stakeholders zijn:

- Provincie Zeeland
- Waterschap Scheldestromen
- Gemeente Terneuzen

Met behulp van een Mendelow's stakeholders matrix worden alle stakeholders ingedeeld en kan men de wijze bepalen waarop de stakeholder benaderd dient te worden. De stakeholderanalyse is bijgevoegd in appendix C van het onderzoeksrapport.

Van alle stakeholders is een Mendelow's stakeholders matrix opgesteld in Figuur 15. Deze matrix geeft een beeld, welke acties uitgevoerd moeten worden door de Provincie Zeeland per stakeholder om hen betrokken te houden.



Figuur 15: Mendelow's stakeholders matrix project Kraagbrug

Uit de analyse volgt dat de primaire stakeholders nauw betrokken zijn bij het project. Gezien de gestelde tijd die er is voor het onderzoek, wordt de Provincie Zeeland het meest betrokken bij het project. Van de overige primaire stakeholders is de informatie verzameld die van belang is voor het ontwerp, verwacht wordt dat deze informatie voldoende is om het PvE voor het ontwerp op te kunnen stellen. Daarnaast wordt enkel in overleg met C.H. Steur de nodige informatie naar de andere primaire stakeholders gestuurd, daarnaast worden deze stakeholders niet nader geïnformeerd. De secundaire stakeholders zijn enkel genoemd en er is bepaald welke acties moeten worden genomen

door de Provincie Zeeland voor de desbetreffende stakeholder. Het belang en de invloed van de secundaire stakeholders is een interpretatie, die gemaakt is aan de hand van gevonden informatie van internet. In het onderzoek worden de wensen en eisen van de secundaire stakeholder waar mogelijk meegenomen in het ontwerp. Daarnaast worden, gezien de beschikbare tijd die er is voor het onderzoek, verder geen handelen ondernomen door de Provincie Zeeland aangaande de secundaire stakeholders.

Deze stakeholderanalyse geeft zodoende een beeld, welke stakeholders er bij het project betrokken zijn. Bij het daadwerkelijk realiseren van de Kraagbrug dient wel omgegaan te worden met de stakeholders, zoals beschreven in appendix C.

2.4 Programma van eisen

In deze paragraaf wordt het PvE opgesteld. Het PvE is een verzameling van alle inhoudelijke wensen/eisen die de opdrachtgever en andere stakeholders aan het resultaat stellen. De belangrijkste soorten eisen/wensen zijn:

- Functionele eisen/wensen

De functionele eisen bepalen de technische functionaliteit van het ontwerp. Hierin worden bijvoorbeeld de belastingen beschreven die het ontwerp moeten kunnen dragen of waar die belastingen gevonden kunnen worden. In deze categorie wordt ook vermeld hoelang de constructie aan de technische functionaliteit moet kunnen voldoen.

- Voorschriften en richtlijnen

Hierin worden de voorschriften vermeld waaraan de constructie moet voldoen, zoals NEN-codes.

- Technische eisen/wensen

De technische eisen zijn een verzameling van alle eisen die gesteld worden in de voorschriften en richtlijnen.

- Eisen/wensen met betrekking tot fasering tijdens uitvoering Kraagbrug

De eisen en wensen die van toepassing zijn op de fasering tijdens de uitvoering bepalen uiteindelijk de combinatie keuze. Aan de hand van de eisen en wensen wordt de fasering opgesteld voor de Kraagbrug in sub-paragraaf 2.5.2.

2.5 Faseringen tijdens uitvoering en keuze combinatie

De faseringen tijdens de uitvoering bepalen voornamelijk hoe de brug(gen) gebouwd worden. In deze paragraaf wordt de fasering van het tracé N290 Terneuzen – Zaamslag (waaronder de Kraagbrug valt) en de fasering van de Kraagbrug beschreven.

2.5.1 Fasering tracé N290 Terneuzen - Zaamslag

De uitvoering van de Kraagbrug valt onder de faseringen van het gehele traject N290 Terneuzen – Zaamslag. De volgende faseringen zijn bepaald voor de reconstructie:

1. Aanleg rotonde voor aansluiting Laan van Othene op de N290 en parallelweg tussen Drieweg en rotonde

Met de reconstructie 1^e fase is de Provincie Zeeland van plan om de Laan van Othene, die de gemeente Terneuzen aanlegt, aan te sluiten op de N290 doormiddel van de rotonde. Deze rotonde ligt in de bestaande N290. Tijdens de realisatie van de rotonde is het niet mogelijk om het verkeer wat zich over de N290 verplaatst weg te laten van deze route. Het verkeer op de N290 dient door te gaan dus wordt het verkeer lokaal omgelegd.

2. Aanleg tracé tussen rotonde Laan van Othene en rotonde Zaamslag

Met de reconstructie 2^e fase is de Provincie Zeeland van plan om het tracé tussen de nieuwe rotonde Laan van Othene en de rotonde Zaamslag te realiseren. Tijdens deze fase wordt er een doorgaande parallelweg voor het landbouwverkeer aangelegd aan de noordzijde. De hoofdfietsroute is nu via het nieuwe fietspad eveneens aan de noordzijde. Aan de zuidzijde wordt nog een parallelweg voor bestemmingsverkeer en fietsverkeer gerealiseerd.

3. Aanleg tracé tussen rotonde Laan van Othene en kruising Spuiweg

Met de reconstructie 3^e fase is de Provincie Zeeland van plan om het tracé tussen de nieuwe rotonde Laan van Othene en de kruising Spuiweg te realiseren. Bij deze fase wordt er een doorgaande parallelweg voor landbouwverkeer gerealiseerd aan de zuidzijde. De hoofdfietsroute is nu via het nieuwe fietspad aan de noordzijde.

In appendix E hoofdstuk 1 staan de faseringen beschreven en zijn er afbeeldingen van de overzichtstekeningen bijgevoegd.

2.5.2 Fasering uitvoering Kraagbrug

De fasering van de Kraagbrug is tot stand gekomen aan de hand van het opgestelde PvE in paragraaf 2.5 en de reeds beschreven randvoorwaarden. In deze sub-paragraaf wordt de fasering van de Kraagbrug zelf beschreven.

Fase 1: Fietsbrug

- 1.1 Verbreden dam aanzetten noordzijde zowel links als rechts conform ontwerp;
- 1.2 Realiseren fietsbrug noordzijde conform ontwerp;
- 1.3 Realiseren fietsverbinding tussen woonwijk Terneuzen en nieuwe rotonde Laan van Othene;
- 1.4 Voet- en fietsverkeer verplaatsen naar nieuwe hoofdfietsroute;

Fase 2: Parallelverkeersbrug

- 2.1 Verbreden damaanzetten zuidzijde zowel links als rechts, conform ontwerp fase 2 (verbreding van parallelweg ten behoeve van tijdelijk verkeer gebiedsontsluitingsweg wat op parallelweg komt);
- 2.2 Verwijderen oud fietspad inclusief oude fietsbrug;
- 2.3 Realiseren brug voor parallelweg conform fase 2 (verbreding van parallelweg ten behoeve van tijdelijk verkeer gebiedsontsluitingsweg wat op parallelweg komt, verhardingsbreedte 6,00 m met doorgetrokken as-streep);
- 2.4 Realiseren parallelverbinding tussen toekomstige tijdelijke slinger kruising Spuiweg en Kraagbrug conform ontwerp fase 2 (tijdelijke verhardingsbreedte bedraagt 6,00 m);
- 2.5 Gebiedsontsluitingsweg aansluiten met slingers naar bypass parallelweg.

Fase 3: Brug voor autoverkeer

- 3.1 Rest oude brug gebiedsontsluitingsweg en tracé tussen de brug en de slinger Spuiweg verwijderen. Eveneens gedeelte tussen oude brug en de slinger ten oosten van de brug verwijderen;
- 3.2 Nieuwe brug gebiedsontsluitingsweg realiseren;
- 3.3 Aansluitingen vanaf nieuwe brug tot aan slinger Spuiweg en vanaf nieuwe brug tot aan slinger ten oosten van nieuwe brug aanleggen.

Fase 4: Tracé Kraagbrug rotonde Laan van Othene en aansluitingen parallelweg

- 4.1 Tracé tussen Kraagbrug en rotonde Laan van Othene verwijderen en realiseren conform eindontwerp. Nieuwe weg voor autoverkeer bij slinger Spuiweg aansluiten richting kruising Spuiweg;
- 4.2 Parallelweg aansluiten op Spuiweg en parallelweg aansluiten vanaf Kraagbrug op rotonde Laan van Othene.

De fasering is schematisch weergegeven in appendix E.

2.5.3 Keuze combinatie en brug

Vanuit het PvE en de bepaling van de fasering is gebleken dat er in het ontwerp gekozen wordt voor 3 verschillende bruggen. In de eindsituatie een brug voor voet- en fietsverkeer, autoverkeer en landbouwverkeer.

Voor alle groepen een afzonderlijke brug

Bij deze mogelijkheid worden alle groepen gescheiden en krijgen ze een afzonderlijke brug. Een referentie hiervan is de overgang van de N253 tussen Oostburg en Draaibrug. Deze weg kruist het water van de Sophiapolder. Aan de noordzijde is een afzonderlijke parallelweg voor bijvoorbeeld landbouwverkeer. In Figuur 16 links. In het midden ligt een brug voor het autoverkeer en aan de zuidzijde ligt de brug voor voornamelijk fietsverkeer met daarnaast nog een parallelweg. In Figuur 16 rechts.



Figuur 16: Streetview ter plaatse van kruising N253 met Sophiapolder (Google, z.d.)

Voordelen:

- In het belastingmodel van de fietsbrug kan uitgegaan worden van geen zware belastingen met uitzondering van strooiwagens. Hierdoor hoeft de fietsbrug niet ontworpen te worden conform de uitgangspunten van normaal autoverkeer of landbouwverkeer. Deze relatief lage belastingen zorgen ervoor dat de brug geen hoge materiaal kosten met zich meebrengt.
- De bruggen zijn compleet afzonderlijk van elkaar te realiseren, zodoende kan stapsgewijs de brug per doelgroep worden aangelegd en wordt de fasering beter mogelijk gemaakt.
- Door de ruimte tussen de verschillende groepen neemt de veiligheid toe ten opzichte van andere bruggen.
- Gezien de eisen/wensen van gemeente Terneuzen voor de fietsbrug, kan er een speciaal een apart duurzaam ontwerp voor de fietsbrug opgesteld worden.

Nadelen:

- Deze variant zal erg duur uitvallen aangezien er 3 volledige bruggen gerealiseerd dienen te worden inclusief alle bijbehorende voorzieningen.
- Gezien de situatie bij de Otheensche Kreek zal er behoorlijk veel extra grond bij moeten komen om alle landhoofden in te passen op de locatie. In de bestaande situatie is er net genoeg ruimte voor de brug voor het autoverkeer en de brug voor de fietsers. Komt hier nog een brug bij moeten de 'damaanzetten' ter plaatse van de N290 verbreed worden.

Gezien de fasering tijdens de uitvoering is dit vrijwel de enige mogelijke combinatie als men rekening wil houden met de randvoorwaarden. Deze combinatie zal verder uitgewerkt worden tot een constructief ontwerp. Tijdens de afstudeerstage wordt er, gezien de interesse, voor gekozen om verder te werken met de brug voor het autoverkeer.

2.6 Vooronderzoek varianten

In deze paragraaf wordt er gestart met het onderzoek naar de verschillende varianten. In het theoretisch kader wordt de informatie gegeven wat geldt als vooronderzoek inclusief de schetsontwerpen van de verschillende constructie mogelijkheden. In het 2^e deel worden per constructie onderdeel de mogelijke materialen beschreven.

2.6.1 Constructie mogelijkheden Kraagbrug

Wereldwijd zijn er de afgelopen tientallen jaren gigantisch veel verschillende soorten bruggen gebouwd. De bruggen zijn onderverdeeld in 2 categorieën, beweegbare en vaste bruggen. Gezien het minimale aantal gebruikers onder de brug is er bij de Kraagbrug gekozen voor een vaste brug. Tegenwoordig zijn er zeer veel verschillende bruggen mogelijk, echter dienen er wel realistische mogelijkheden beoordeeld te worden. Met realistische mogelijkheden wordt bedoeld dat er buiten de binnenstad zelden hele futuristische bruggen voor auto of landbouwverkeer te zien zijn. Voor fietsbruggen ligt dit anders aangezien er met innovatie materialen vaak wel de belastingen op fietsbruggen opgenomen kunnen worden. In het onderzoek wordt echter de fietsbrug achterwege gelaten en wordt enkel de brug voor het autoverkeer uitgewerkt.

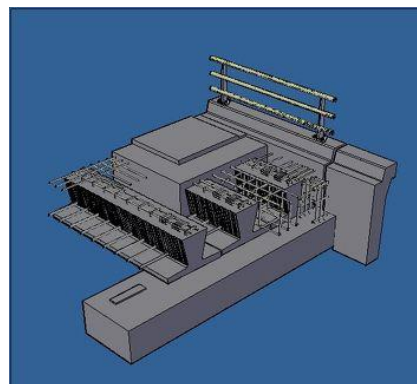
In het onderzoeksrapport worden de volgende constructie mogelijkheden onderzocht in het vooronderzoek:

- Volstortliggerbrug met tussensteunpunten;
- Kokerliggerbrug zonder tussensteunpunten;
- Railbalkliggers zonder tussensteunpunten
- Liggerbrug waarbij fietsbrug steunt op tussensteunpunten verkeersbrug;
- Liggerbrug in combinatie met boog zonder tussensteunpunten;
- Vierendeelbrug zonder tussensteunpunten;
- Vakwerkbrug zonder tussensteunpunten;
- Integraalbrug met tussensteunpunten;
- Portaalbrug met tussensteunpunten

Volstortliggerbrug met tussensteunpunten

Een liggerbrug is een brugtype waarbij liggers de overspanning vormen. Met name brugoverspanning van 6 tot 20 m worden als volstortliggerbrug gebouwd. Liggerbruggen worden in zowel staal als beton uitgevoerd, echter gezien de kosten worden de meeste liggerbruggen in beton gebouwd. Een voordeel van reguliere liggerbruggen is dat de lengte feitelijk ongelimiteerd is zolang geen grote of hoge overspanningen benodigd zijn. Ze zijn daarom uitermate geschikt voor zeer lange overspanningen waar geen grote doorvaarthoogte is benodigd en waar het ondiep genoeg is om brugpijlers in te bouwen. Een liggerbrug wordt met liggers in de lengterichting gebouwd. De bestaande bruggen in de N290 zijn eveneens liggerbruggen. Het voordeel van een liggerbrug is dat die in deze situatie, zoals bij de Otheense Kreek, veel gebruikt wordt. Daarnaast bevinden zich boven de brug weinig onderdelen, zodoende treedt er weinig horizonvervuiling op. Spanbeton Consolis ontwikkelt de zogenoemde SJP-FLEX liggers.

Figuur 17: Volstortligger SJP FLEX



Voordelen:

- Korte realisatietijd dus weinig overlast voor zowel verkeer als watergebruikers;
- Goede uitvoerbaarheid aangezien er veel ervaring is met het bouwen van liggerbruggen;
- Door gebruik te maken van volstortliggers, is er een relatief lage constructiehoogte nodig. De liggers en het dek werken als 1 geheel.

Nadelen:

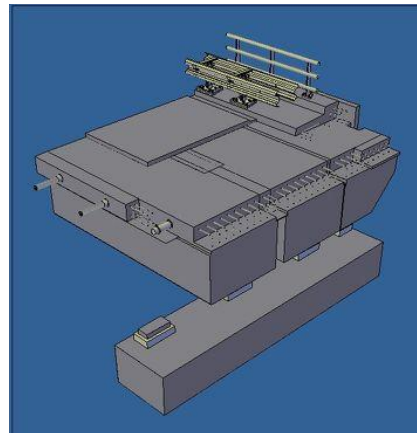
- Bij het gebruik van een betonnen liggerbrug verkleint men de kans op een eenvoudig circulair bouwproces, aangezien het beton gesloopt moet worden, gebroken en daarna als fundering kan dienen. Dit traject is een kostbaar proces.

Kokerliggerbrug zonder tussensteunpunten

Kokerbalken zijn rechthoekige voorgespannen liggers, die onderling tot een brugdek worden samengesteld door ter plaatse gestorte voegen en dwarsvoorspanning. De kokerbalken kunnen een overspanning halen van 20 tot 60 m. De kokers zelf hebben een vrij hoge constructie hoogte, echter is het gebruik van een afwerklaag voldoende, zodoende wordt er bespaard op een druklaag. Spanbeton Consolis ontwikkeld kokerbalkconstructies.

Figuur 18: Kokerbalkconstructies SKK

(Spanbeton Consolis, z.d.)



Voordelen:

- Geen noodzakelijke toepassing van druklaag
- Grote overspanningen haalbaar

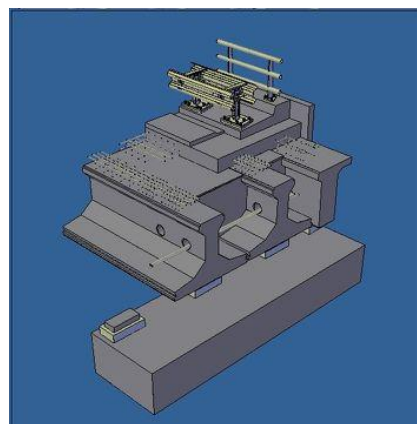
Nadelen:

- Hoge constructie hoogte
- Grote elementen, lastig voor transport

Railbalkliggerbrug zonder tussensteunpunten

Met railbalken kunnen brugdekoplossingen worden gerealiseerd met een zeer gering materiaalgebruik. Het brugdek wordt opgebouwd door meerdere liggers naast elkaar te plaatsen. De liggers worden onderling verbonden tot een rooster door middel van in het werk te storten eind dwarsdragers en een druklaag. Als er in de situatie geen, of een aanrijdbelasting van kleine waarde aanwezig is, kan er gekozen worden voor een grote h.o.h. afstand tussen de liggers. Het nadeel van dit constructie type is wel de hoge constructie hoogte die optreedt.

Figuur 19: Railbalkconstructie ZIPXL



Voordelen:

- Slanke liggers zorgen dus voor weinig materiaal gebruik
- Besparing mogelijk h.o.h. afstand bij geen of een lage aanrijbelasting aan de zijkant

Nadelen:

- Hoge constructie hoogte
- Vrij dikke druklaag nodig in verhouding met kokerliggers

Liggerbrug waarbij fietsbrug steunt op tussensteunpunten verkeersbrug

Deze constructie variant is gebaseerd op de referentie van één van de twee bruggen over de Beuningse Plas in de gemeente Beuningen. De verkeersbrug is van beton, de naastgelegen fietsbrug van staal. Doormiddel van drukstaven steunt de fietsbrug op de ondersteuning van de verkeersbrug. Het voordeel van deze constructie is dat er geen fundering gerealiseerd dient te worden voor de fietsbrug. Het nadeel is echter wel dat de fietsbrug, of gelijktijdig of na de autoverkeersbrug dient gebouwd te worden. In Figuur 20 is de situatie weergegeven. (IPV Delft, 2010)



Figuur 20: Liggerbrug waarbij fietsbrug steunt op tussensteunpunten verkeersbrug

Voordelen:

- Geen fundering aan te brengen voor fietsbrug, dus besparing qua kosten
- Weinig aantasting op EHS door geen fundering fietsbrug

Nadelen:

- Fietsbrug moet gelijktijdig of na realisatie van autoverkeersbrug worden aangelegd
- Realisatie van ondersteuning fietsbrug is lastig te bouwen wanneer er verkeer op autoverkeersbrug zit vanwege de veiligheid.
- De afstand tussen fietsbrug en autobrug zal niet groot kunnen zijn vanwege de ondersteuning van de fietsbrug. Hierdoor kan niet voldaan worden aan de wens van gemeente Terneuzen om de bruggen met tussenruimte te plaatsen voor de Meervleermuis, zodoende wordt de EHS aangetast.

Liggerbrug in combinatie met boog zonder tussensteunpunten

In Nederland zijn er een aantal stalen liggerbruggen in combinatie met een boog aanwezig. In de referenties is enkel gebruik gemaakt van houten bogen, echter zou een boog van staal of beton ook toegepast kunnen worden. Tussen de 2 houten bogen is gebruik gemaakt van stalen stabiliteitskruizen. Verder is gebruik gemaakt van stalen trekstangen tussen de bogen en het brugdek. IPV Delft heeft voor de gemeente Landgraaf een ontwerp opgesteld voor een liggerbrug in combinatie met houten boog. Dit ontwerp is uiteindelijk ook gerealiseerd in 2013. Het voordeel van deze brug is de hoge esthetica, daarnaast wordt geen gebruik gemaakt van tussensteunpunten en is de fundering eenvoudig te realiseren. Een ander voorbeeld is, dat deze brug na een x aantal jaar weer uit elkaar kan worden gehaald, zodoende scoort deze brug hoog op circulair bouwen. Een nadeel van deze brug is wel de hoogte boven het brugdek, dit heeft horizonvervuiling tot gevolg. Daarnaast is deze brug lastig uitvoerbaar en is er vrij veel overlast voor verkeer tijdens de bouw. Een referentievoorbeeld is weergegeven in Figuur 21.

(IPV Delft, 2013)



Figuur 21: Liggerbrug in combinatie met boog in Landgraaf

Voordelen:

- Brug is goed demonteerbaar, dus scoort goed op circulair bouwen
- Goede esthetica
- Eenvoudig realiseren van fundering

Nadelen:

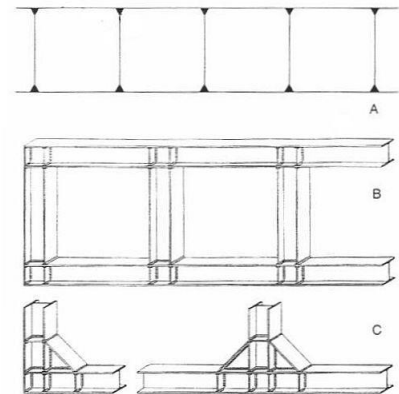
- Brug gaat erg de hoogte in, dus heeft horizonvervuiling tot gevolg
- Lastig te bouwen dus veel overlast voor verkeer tijdens bouwfase

Vierendeelbrug zonder tussensteunpunten

In tegenstelling tot een vakwerk dat opgebouwd is uit driehoekige elementen, bestaat een vierendeelligger uit vierhoekige elementen. Het grote verschil met de hierna besproken vakwerkbrug is dat de knopen van de vierendeelbrug in staat moeten zijn om momenten op te nemen. Zie Figuur 22 een vierhoek is namelijk niet vormvast. De driehoekige elementen van de vakwerkbrug zijn dit wel, waardoor in theorie de knopen daar als scharnierend kunnen opgevat worden. In een vierendeelbrug worden dan ook zware verbindingen gerealiseerd. Het nadeel van een vierendeelbrug is dat deze ook de hoogte in gaat en hierdoor horizonvervuiling tot gevolg heeft.

(Vlaams Ministerie, 2012)

Figuur 22: Momentvast verbindingen bij knooppunten vierendeelbrug (Vree, z.d.)



Voordelen:

- Voor de staven hoeft weinig materiaal toegepast te worden, dus lagere kosten
- Geen tussensteunpunten dus weinig aantasting van EHS

Nadelen:

- Bruggen worden zelden meer toegepast in Nederland, dus is er weinig ervaring en zal de realisatie lastiger zijn
- Horizonvervuiling door hoge brug

Vakwerkbrug zonder steunpunten

Een vakwerkbrug is een brug waarvan de hoofdliggers als een vakwerkligger is uitgevoerd. Een vakwerkligger is een samenstel van staven die tot vormvaste driehoeken zijn samengesteld en waarbij voor de berekening wordt aangenomen dat de verbindingen tussen de staven (knooppunten genaamd) scharnieren zijn. Daarnaast kan deze brug vooraf gebouwd worden op een andere locatie en daarna op de definitieve locatie geplaatst worden. Zodoende kan er vooraf gestart worden met de bouw en zodra de definitieve locatie gereed is, kan de brug geplaatst en afgebouwd worden. Dit zorgt voor een snelle uitvoering waarbij de overige gebruikers weinig last hebben van de uitvoering tijdens de bouwfase. Het nadeel van deze brug is echter wel dat de brug meedraagt aan horizonvervuiling. Daarnaast is het belangrijkste faalmechanisme van een stalen brug de vermoeiing van het staal. Hierdoor dienen er regelmatig inspecties uitgevoerd te worden met eventueel onderhoud tot gevolg.

Voordelen:

- Relatief lichte materialen nodig, dus lage realisatie kosten
- Brug kan eenvoudig buiten project worden gerealiseerd, dus weinig last voor overige verkeersgebruikers

Nadelen:

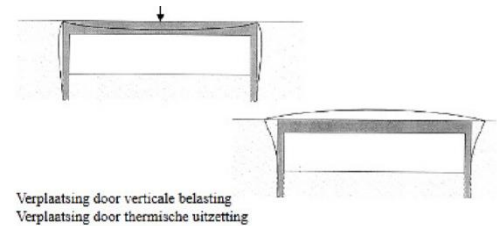
- Vrij veel horizonvervuiling
- Veel inspecties en onderhoud van staal

Integraalbrug met tussensteunpunten

De term integraalbruggen omvat alle bruggen waarbij de bovenbouw zonder uitzettingsvoegen doorloopt in de aangrenzende wegconstructie en waarbij de bovenbouw monoliet verbonden is met de onderbouw. Integraalbruggen worden steeds populairder omwille van de vele problemen met brugdekvoegen bij de klassieke brugtypes. Het ontwerp en de constructie van dergelijke bruggen zijn echter een stuk complexer.

Het kritieke punt bij de klassieke integraalbrug is de verbinding van de bovenbouw met de landhoofden en het gedrag van de landhoofden onder de uitzettingscycli van de bovenbouw. De landhoofden moeten in staat zijn om de uitzettingen en verkortingen van de bovenbouw onder invloed van temperatuur variatie, krimp en kruip zonder veel weerstand te kunnen ondergaan.

Integraalbruggen vereisen dus flexibele landhoofden.



Figuur 23: Schematische weergave gedrag bovenbouw integraalbrug

Het gevolg van de bewegingen die de landhoofden ondergaan, is dat de grond achter de landhoofden steeds verder verdicht wordt. Wanneer de bovenbouw krimpt, dan zal het landhoofd volgen. Er ontstaat een kleine spleet tussen de landhoofden en de grondaanvulling achter deze landhoofden. Door boven belasting zal de grond zetten tot deze spleet gevuld is. Wanneer de bovenbouw uitzet, zullen de landhoofden de grond achter de landhoofden samendrukken. Op deze manier ontstaat een mechanisme van zettende grond die steeds verder verdicht wordt. De gronddrukken achter de landhoofden kunnen zo zeer hoog oplopen. Aangezien de grond achter de landhoofden aanzienlijke zettingen kan vertonen, is het gebruik van vlotplaten achter integraalbruggen daarom noodzakelijk. (Vlaams Ministerie, 2012)

Voordelen:

- Goede overgang van weg naar kunstwerk
- Lage constructiehoogte ten opzichte van omgeving, geen horizonvervuiling

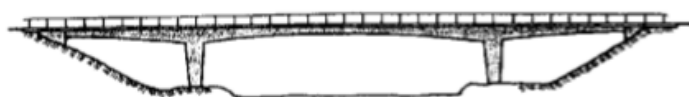
Nadelen:

- Lastig te realiseren
- Veel onderhoud ten behoeve van grond achter landhoofd

Portaalbrug met tussensteunpunten

Bij dit type brug is de bovenbouw ter plaatse van de pijlers monoliet aan de onderbouw verbonden. Zodoende ontstaat een buigstijve constructie. De knopen waar de pijlers of wanden samenkomen met het brugdek, worden zwaar belast op buiging en zijn kritieke onderdelen van deze brugtypes. Portaalbruggen worden toegepast zodra er weinig ruimte is voor een oeverconstructie met talud onder de brug. Portaalbruggen komen sterk overeen met integraalbruggen, zodoende ziet men vaak een combinatie.

De pijlers of wanden kunnen scharnierend op hun zool bevestigd worden. In Figuur 24 is een voorbeeld van een portaalbrug weergegeven.



Figuur 24: Portaalbrug

Voordelen:

- De gehele constructie werkt samen, zodoende kan er slanker geconstrueerd worden en kan er op materialen bespaard worden en is er een minimale constructiehoogte.
- Qua esthetica scoort deze brug goed, aangezien het oogt als één geheel.

Nadelen:

- De verbindingen, met name bij de fundering, zijn lastig te maken. Hierdoor dient gebruik gemaakt te worden van een zware fundering

2.6.2 Keuze constructie varianten

In het vooronderzoek van de constructie mogelijkheden zijn er diverse varianten beschouwd. Na het opstellen van het PvE en het bepalen van de fasering vallen er al een aantal varianten af die niet voldoen aan de randvoorwaarden.

Constructie mogelijkheid:	Valt af / valt niet af
Volstortliggerbrug met tussensteunpunten	Valt niet af
Kokerliggerbrug zonder tussensteunpunten	Valt niet af
Railbalkliggerbrug zonder tussensteunpunten	Valt niet af
Liggerbrug waarbij fietsbrug steunt op tussensteunpunten verkeersbrug	Valt af
Liggerbrug in combinatie met boog zonder tussensteunpunten	Valt niet af
Vierendeelbrug zonder tussensteunpunten	Valt af
Vakwerkbrug zonder tussensteunpunten	Valt niet af
Integraalbrug met tussensteunpunten	Valt niet af
Portaalbrug met tussensteunpunten	Valt af

- De liggerbrug waarbij fietsbrug steunt op tussensteunpunten verkeersbrug valt af, omdat het qua fasering niet mogelijk is de fietsbrug na de autoverkeersbrug te bouwen.
- De vierendeelbrug valt af omdat deze zelden meer in Nederland toegepast wordt. Daarnaast lijkt deze brug (constructief) erg veel op de vakwerkbrug. De vakwerkbrug wordt wel verder onderzocht.
- De portaalbrug zelf valt af, echter gaat deze verder met de integraalbrug. Portaalbruggen en integraalbruggen lijken (constructief) erg veel op elkaar.

2.6.2 (Innovatieve) materialen per constructie onderdeel

Per brugtype worden er bij bruggen diverse materialen gebruikt. Voorheen bouwde men alles in hout, beton of staal, terwijl nu er tegenwoordig veel meer gebruik wordt gemaakt van composiet of andere duurzame producten indien daartoe de mogelijkheid is. De keuze van materialen hangt af van het gekozen brugtype. Het onderzoek richt zich op de mogelijke materialen of typen per constructiedeel. Bijvoorbeeld wordt voor landhoofden enkel onderzoek gedaan naar hoog- of laaggefundeerde landhoofden. Voor bijvoorbeeld het leuningwerk of de geleiderail zijn er wel diverse (duurzame) materialen mogelijk. Zodoende worden er enkel relevante onderzoeken uitgevoerd.

Voor het beschrijven van de algemene informatie van sommige materialen wordt gebruik gemaakt van het onderzoek van Nicolien Stokman in opdracht van Mourik Groot-Amers B.V. De volgende materialen worden beschouwd in het afstudeeronderzoek:

- Hout;
- Beton;
- Staal;
- Composiet;
- Biobased
- Rubber

Hout

Voorheen werden alle bruggen gebouwd van hout vanwege de sterkte en vooral omdat het makkelijk te bewerken was. Hout is een opmerkelijk en veelzijdig materiaal, toepasbaar in vele soorten en maten. Hout is een natuurlijk materiaal en is dus 100% hernieuwbaar en daarmee een oneindige grondstof.

Het nadeel van hout is echter wel dat het niet goed bestand is tegen vocht. Om de levensduur van een bouwwerk te bevorderen is de constructie en de detaillering van groot belang. De basis hiervoor is het voorkomen of verminderen van een te hoge vochtbelasting en grondcontact. Feitelijk betekent dit dat er voorzieningen getroffen moeten worden om het water (inclusief dooizouten) vanaf het wegdek niet langs de constructie te laten lopen.

(Stokman, 2009)

Composiet

In de 19^{de} en 20^{ste} eeuw is men steeds meer gebruik gaan maken van kunststoffen. Deze kunststoffen werden gebruikt om producten zoals hout, leer en linnen niet meer te hoeven gebruiken. Daarnaast kunnen de kunststoffen zo gemaakt worden, zodat er gunstige eigenschappen gebruikt kunnen worden.

Op de website van technischwerken.nl heeft P. Geertsma een duidelijke beschrijving geplaatst over composiet. Composiet is een materiaal dat bestaat uit meerdere componenten die zijn samengevoegd. Een belangrijk bestandsdeel van het composiet is de hars. Deze hars is meestal een kunststof. Het voordeel van composiet is dat het materiaal in allerlei vormen uitvoerbaar is.

Composiet kan in tegenstelling tot staal niet roesten of oxideren, hierdoor heeft het materiaal een lange levensduur. In composiet kan gebruik gemaakt worden van verschillende soorten vezels, waaronder natuurlijke vezels.

(P. Geertsma, 2014)

Beton

Beton is samengesteld uit de grondstoffen cement, zand en een toeslagmateriaal, die in bepaalde verhoudingen onder toevoeging van water innig met elkaar worden vermengd, welk mengsel daarna tot een steenachtige massa verhardt. Beton neemt uitstekend drukspanningen op, echter geen trekspanningen, hiervoor wordt wapening aangebracht in de trekzone van beton. Er worden 3 soorten beton onderscheiden:

Lichtbeton	:	800 – 2000 kg/m ³
Normaal beton	:	2000 – 2600 kg/m ³
Zwaar beton	:	>2600 kg/m ³

Daarnaast valt er nog onderscheid te maken tussen 3 verschillende uitvoeringsmethoden:

- Vulbeton
- In het werk gestort beton ook wel in- situ beton genoemd
 - o Makkelijk voor grote onderdelen, echter moet het wel uitharden

- Prefab beton
 - o Snel en hoge betonkwaliteit mogelijk, transport is lastig bij grote constructieonderdelen.

Beton heeft een hoge druksterkte, maar een lage treksterkte. De treksterkte bedraagt circa 10% van de druksterkte. Wil men toch een hoge trekkracht op kunnen nemen, dienen er vezels of wapeningsstaven of voorspanning draden aangebracht te worden. Hier spreekt men van vezel versterkt beton, gewapend beton of van voorgespannen beton.

Staal

In de 20^e eeuw zijn er veel stalen bruggen gebouwd. Een stalen brug bouwt men snel op aangezien het een droge stof is die niet hoeft uit te harden. Een stalen brug vraagt na verloop van tijd veel onderhoud om corrosie tegen te gaan. Corrosie kan de draagconstructie aantasten en uiteindelijk kan de brug bezwijken. Om corrosie tegen te gaan past men een bescherm laag toe over het staal.

Staal is een homogeen materiaal en wordt onderworpen aan kwaliteitscontroleprocessen tijdens de fabricage en het walsen. Staal heeft zodoende een constante en betrouwbare kwaliteit. Zowel de verbindingen met bouten als de gelaste verbindingen zijn over het algemeen zichtbaar en dus eenvoudig te controleren op kwaliteit en veiligheid. Staal is een bouw materiaal dat 100% gerecycled kan worden.

Biobased

Biobased economy (BBE) gaat over de overgang van een economie die draait op fossiele grondstoffen naar een economie die draait op biomassa als grondstof. Voornamelijk uit de Gemeente Terneuzen volgt de wens om met duurzame biobased vlasvezel producten te werken. De vlasvezel komt rechtstreeks uit de natuur en wordt samengeperst tot een sterk product. Door te kiezen voor een biomassa als grondstof worden de fossiele grondstoffen van de planeet niet gebruikt.

(Biobasedeconomy, z.d.)

Rubber

Rubber wordt regelmatig toegepast in de civiele techniek, voornamelijk bij oplegblokken en voegovergangen. Er bestaan 2 soorten rubber: natuurlijk rubber en synthetisch rubber. Synthetisch rubber is gemaakt door de mens om natuurlijk rubber na te bootsen en om andere gunstige eigenschappen te kunnen gebruiken. Het voordeel van rubber is dat het materiaal na indrukken altijd weer zijn oude vorm terugkrijgt. Daarnaast beschermt rubber ook tegen schuren en dus schade van ruwe materialen tegen elkaar.

Hoofdstuk 3: Methode

In dit hoofdstuk wordt de methode beschreven voor het afstudeeronderzoek. In de methode wordt uitgelegd hoe antwoord gegeven wordt op de gestelde deelvragen. In het eerste gedeelte van hoofdstuk 3 wordt uitgelegd hoe de techniek bepaald is om tot het daadwerkelijke antwoord te kunnen komen. Deelvragen 1 t/m 6 zijn al beantwoord in het theoretisch kader. In de methode is beschreven hoe dit antwoord gevonden is. Deelvraag 7, 8 en gedeeltelijk 9 worden behandeld doormiddel van een variantenstudie. Het overige gedeelte van deelvraag 9 loopt gelijk met deelvraag 10. Nadien wordt uitgelegd hoe deelvraag 11 beantwoord wordt.

3.1 Onderzoeksmethoden

In deze paragraaf zijn de onderzoeksmethoden uitgewerkt. De onderzoeksmethoden zijn verworven van www.scribbr.nl. In het onderzoek wordt gebruik gemaakt van 6 onderzoeksmethoden:

- Beschrijvend onderzoek;
- Exploratief onderzoek;
- Veldonderzoek;
- Deskresearch;
- Kwantitatief onderzoek;
- Toetsend onderzoek.

In paragraaf 3.2 worden de verschillende onderzoeksmethoden toegepast.

3.2 Onderzoeksactiviteiten

In deze paragraaf worden de onderzoeksmethoden gekoppeld aan de deelvragen.

1. Hoe ziet de bestaande situatie eruit bij de kruising van de N290 met de Otheense Kreek?

Voor het beschrijven van de omgeving wordt gebruik gemaakt van een beschrijvend onderzoek.

2.1.1 Omgeving:

Doormiddel van Google Maps wordt uitgelegd in welk gebied het project speelt en waar de grenzen liggen.

2.1.2 Locatie onderzoek bestaande Kraagbrug:

Voor het locatie onderzoek naar de bestaande bruggen wordt een projectbezoek uitgevoerd. Van de bruggen worden foto's gemaakt en er wordt uitgelegd wat hierop te zien is.

2.1.3 Kraagbrug (Provinciale weg) en 2.1.4 Kraagbrug (voet- en fietsverkeer):

Vanuit de Provincie Zeeland zijn de technische tekeningen beschikbaar. De informatie op deze tekeningen kan gebruikt worden als referentie materiaal.

2.1.5 Verkeersgegevens N290:

De Provincie Zeeland heeft databases beschikbaar waarin de verkeersgegevens staan vermeld. Deze verkeersgegevens bepalen de alfa-factoren van de verkeersbelastingen in het berekeningsrapport.

2. Wat zijn de omgevingsfactoren die van invloed zijn op het ontwerp van de verkeersbrug(gen)?

Evenals deelvraag 1 wordt hier ook gebruik gemaakt van beschrijvend onderzoek.

2.2.1 Ondergrondgegevens:

Ter plaatse van de fietsbrug zijn in 2009 sonderingen uitgevoerd voor de Provincie Zeeland. Voor het bepalen van de ondergrond ter plaatse van de Kraagbrug wordt de informatie uit deze sonderingen gehaald.

2.2.2 Ecologie:

Voor het bepalen van de Natura 2000 gebieden wordt informatie gebruikt uit databases van de Provincie Zeeland. Daarnaast is de informatie ten behoeve van de EHS uit het plan van Bosch & Slabber te halen.

2.2.3 Flora en fauna Otheense Kreek:

De aanwezige flora en fauna ter plaatse van de Otheense Kreek is al eerder onderzocht door Bosch & Slabber. Uit dit onderzoek wordt de benodigde informatie gehaald.

2.2.4 Peil Otheense Kreek:

Het Waterschap Scheldestromen is beheerder van de Otheense Kreek. Vanuit het Waterschap zijn de gegevens ter plaatse van de Kraagbrug te bepalen.

2.2.5 Kabels en leidingen:

Vanuit het KLIC zijn de ondergrond gegevens met betrekking tot de kabels en leidingen te verkrijgen. Provincie Zeeland heeft ter plaatse van de Kraagbrug een tekening waarin alle aanwezige kabels en leidingen vermeldt staan.

3. Wie zijn de stakeholders die van belang zijn voor het ontwerp van de verkeersbrug(gen), wat zijn hun eisen en wensen en hoe moet met de desbetreffende stakeholder worden gehandeld?

Voor het in kaart brengen van de stakeholders wordt gebruik gemaakt van exploratief onderzoek. Het doel van exploratief onderzoek is om het onderzoeksprobleem beter te begrijpen. Hiervoor wordt bijvoorbeeld naar belangrijke factoren omtrent het onderwerp, mogelijke relaties hiertussen en achterliggende motivaties hiervoor gezocht. Het onderzoeken van eisen en wensen van stakeholders valt onder de onderzoeksmethode van veldonderzoek (fieldresearch). Hiermee wordt data verzameld, geanalyseerd en geïnterpreteerd. Hiervoor worden verschillende dataverzamelmethodes gebruikt zoals interviews enzovoorts. De eisen/wensen van de primaire stakeholders worden verzameld doormiddel van interviews of het verwerven van informatie. De eisen/wensen van secundaire stakeholders worden via het internet verzameld of geïnterpreteerd aan de hand van beschikbare gegevens.

4. Hoe ziet het PvE eruit?

Aan de hand van de voorgaande deelvragen kunnen de belangrijkste functionele eisen en wensen voor het ontwerp verzameld worden in een PvE. Voor de technische eisen wordt gebruik gemaakt van het Handboek wegontwerp 2013 van het CROW, ROK 1.4 van Rijkswaterstaat en standaarden van Provincie Zeeland zelf. Eveneens worden bij deze deelvraag de technische mogelijkheden met betrekking tot de fasering behandeld. Met name het Handboek werk in uitvoering van het CROW handelt over de mogelijkheden tijdens de realisatie. Het opstellen van het PvE hoort voornamelijk thuis onder de categorie desk research.

5. Hoe verloopt de fasering van de uitvoering van het wegtracé N290 Terneuzen - Zaamslag?

2.5.1 Fasering tracé N290 Terneuzen - Zaamslag:

Voor het onderzoeken van de faseringen wordt informatie verkregen vanuit de Provincie Zeeland. De Provincie Zeeland heeft deze fasering bepaald aan de hand van alle eisen en wensen. Deze informatie valt onder de methode van beschrijvend onderzoek.

2.5.2 Fasering uitvoering Kraagbrug

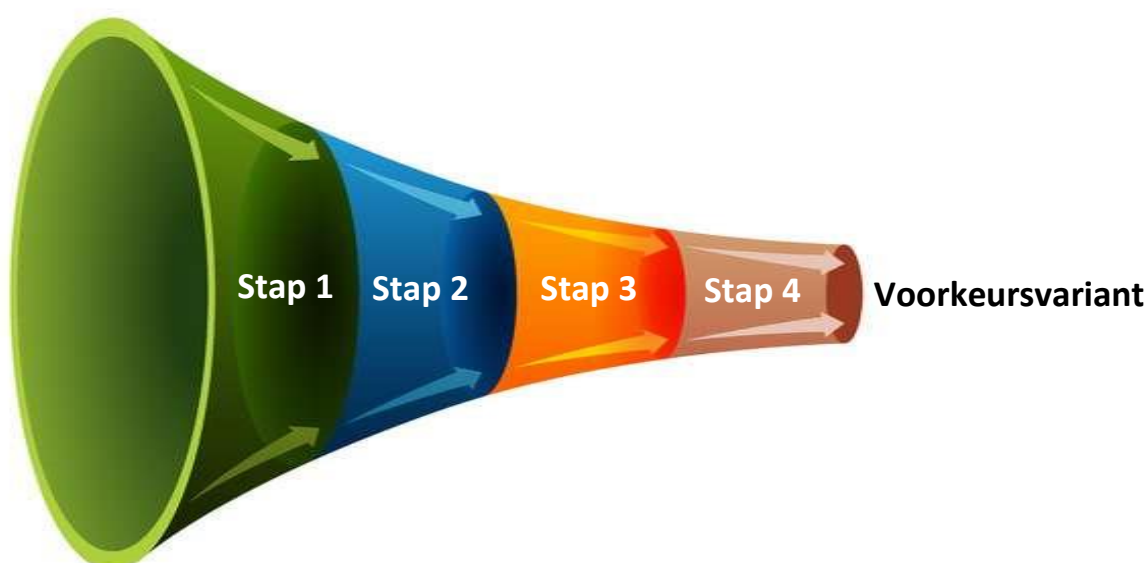
De fasering van de Kraagbrug is onderdeel van het onderzoek. Doormiddel van opgedane kennis van verkeersstromen en met behulp van het CROW wordt de fasering bepaald. Dit is deskresearch.

6. Hoe worden de verschillende verkeersgroepen over de Kraagbrug geleid?

Aan de hand van deelvraag 4 en 5 wordt uiteindelijk bepaald hoe de verschillende verkeersgroepen over de Kraagbrug worden geleid. Aan de hand van referentie bruggen wordt informatie verzameld hoe men in de praktijk er voor zorgt dat dergelijke verkeersgroepen veilig over water heen worden geleid. Dit onderzoek naar referentie bruggen valt voornamelijk onder deskresearch. Bij een deskresearch onderzoek worden alleen secundaire gegevens gebruikt, oftewel gegevens die al door anderen zijn verzameld. Doormiddel van een overleg met de Provincie Zeeland wordt er zonder een variantenstudie een variant gekozen die verder uitgewerkt wordt.

7. Welke typen constructie(s) zijn er mogelijk voor het ontwerp inclusief schetsontwerpen en welk constructie type is het meest geschikt?

Deze deelvraag wordt beantwoord door voornamelijk gebruik te maken van deskresearch. Bij een deskresearch onderzoek worden alleen secundaire gegevens gebruikt, oftewel gegevens die al door anderen zijn verzameld. Echter worden wel enkel relevantie constructie typen onderzocht die horen in de categorie: 'vaste bruggen'. Doormiddel van een variantenstudie worden de mogelijke constructietypen verder uitgewerkt. Van deze varianten worden schetsontwerpen opgesteld, zodat er een beeld ontstaat hoe de variant in de situatie van de Kraagbrug past. De verschillende varianten worden met elkaar vergeleken aan de hand van een multicriteria-analyse (MCA). Voor het bepalen van de meest geschikte constructie type wordt gebruik gemaakt van kwantitatief onderzoek. Van de opgestelde constructie typen in deelvraag 8 wordt een MCA opgesteld. Doormiddel van cijfers te geven in een MCA aan eigenschappen van ieder constructie type volgt er een totaalscore voor ieder type. Het constructie type met het hoogste cijfer is het meest geschikt. Het hele proces van deelvraag 7 is weergegeven in Figuur 25.



Figuur 25: Stappenplan variantenstudie

- Stap 1: Opstellen mogelijke varianten
- Stap 2: Selecteren varianten aan de hand van randvoorwaarden, PvE en faseringen en schetsontwerpen opstellen.
- Stap 3: Criteria en wegingsfactoren in MCA opstellen
- Stap 4: Varianten toetsen aan criteria in MCA

De varianten worden aan de hand van de volgende criteria beoordeeld:

- Financiële haalbaarheid
 - o Kosten materiaal
 - o Uitvoeringskosten
- Realisatietijd
- Uitvoeringsrisico's
- Overlast
 - o Verkeersgebruikers
 - o Watergebruikers
- Omgeving
 - o Esthetica
 - o Aantasting EHS tijdens uitvoering
 - o Definitieve aantasting EHS
- Duurzaamheid
 - o Onderhoud
 - o Mogelijkheid circulair bouwen

De wegingsfactoren worden bepaald door gebruik te maken van de paarsgewijze vergelijkmethode. In Figuur 26 is deze vergelijking weergegeven.

	Financiële haalbaarheid	Realisatietijd	Uitvoeringsrisico's	Overlast	Omgeving	Duurzaamheid	Totaal	Weging %
Financiële haalbaarheid		1	1	1	1	1	5	16,7
Realisatietijd	1		0	1	1	0	3	10,0
Uitvoeringsrisico's	1	2		2	2	1	8	26,7
Overlast	1	1	0		2	1	5	16,7
Omgeving	1	1	0	0		0	2	6,7
Duurzaamheid	1	2	1	1	2		7	23,3
Totaal							30	100,0

Figuur 26: Paarsgewijze vergelijking variantenonderzoek 1

8. Welke (innovatieve) materialen kunnen er gebruikt worden voor de verkeersbrug per constructie onderdeel?

Deze deelvraag wordt beantwoord door voornamelijk gebruik te maken van deskresearch. Bij een deskresearch onderzoek worden alleen secundaire gegevens gebruikt, oftewel gegevens die al door anderen zijn verzameld. Doormiddel van een variantenstudie worden de mogelijke (innovatieve) materialen verder uitgewerkt per constructie onderdeel. Op verschillende manieren worden de keuzes gemaakt voor het meest geschikte materiaal, de één doormiddel van het vergelijken van opties en de ander weer doormiddel van een MCA. Sommige constructie onderdelen zijn standaard bij iedere brug hetzelfde, deze onderdelen worden kort beschreven.

De volgende onderdelen van de constructie worden uitgewerkt:

- Paalfunderingen
- Landhoofden
- Oplegblokken
- Hoofdliggers, randoplossingen en randelementen
- Dwarsvoorspanning hoofdliggers
- Schampkanten
- Geleiderail en leuning
- Afwerklaag
- Landhoofdvoegen
- Overgangsconstructie
- Asfaltconstructie

9. Hoe ziet het voorlopig ontwerp (VO) er uit inclusief de bepaling van de meest geschikte materialen die gebruikt worden per constructie onderdeel?

Bij deze deelvraag wordt er een VO-tekening opgesteld van de constructie. Deelvraag 9 en 10 lopen min of meer gelijktijdig aangezien er in het VO-keuzes worden gemaakt die getoetst worden in het berekeningsrapport van deelvraag 10. In het VO worden de constructie onderdelen inclusief materialen ontworpen met behulp van Autocad.

10. Hoe ziet het berekeningsrapport eruit van de constructie aan de hand van het VO?

Voor het opstellen van een berekeningsrapport wordt er een toetsend onderzoek uitgevoerd. De constructie wordt ontworpen in deelvraag 9 en getoetst in deelvraag 10 met behulp van Matrixframe.

11. Hoe ziet het definitief ontwerp (DO) eruit van één specifiek onderdeel?

In de voorgaande deelvragen is de constructie ontworpen en getoetst. In deelvraag 11 wordt er nog één specifiek constructie onderdeel tot in detail uitgewerkt. Hierbij wordt voornamelijk toetsend onderzoek gebruikt.

(Scribbr, z.d.)

3.3 Onderzoeksinstrumenten

In deze paragraaf worden de verschillende onderzoeksinstrumenten benoemd die gebruikt worden bij het antwoorden op de deelvragen. Binnen de onderzoeksinstrumenten valt onderscheid te maken tussen algemene- en specifieke onderzoeksinstrumenten.

Algemene onderzoeksinstrumenten

In deze categorie vallen de bekende instrumenten die gebruikt worden voor het opstellen van antwoorden op deelvragen. De volgende instrumenten zijn van toepassing:

- Microsoft Officeprogramma's zoals Word en Excel;
- Internet voor het verwerven van informatie en onderzoeken;
- Literatuur voor het verwerven van informatie en onderzoeken uit boeken.
- Lesmateriaal van studie civiele techniek op:
 - o HZ University of Applied Sciences
 - o Hogeschool Rotterdam

Specifieke onderzoeksinstrumenten

In deze categorie vallen instrumenten die specifiek zijn voor technische doeleinden. De volgende instrumenten zijn van toepassing:

- Autodesk is de overkoepelende naam voor autocad en civil3d. Dit zijn ontwerpprogramma's waarmee tekeningen worden opgesteld;
- Matrixframe is een rekenprogramma voor het berekenen van constructies en het opstellen van uitvoer voor een berekeningsrapport. Matrixframe valt de splitsen in 1D-ligger, 2D-raamwerk, 2D-vakwerk, 2D-balkrooster, 3D-raamwerk, 3D-vakwerk, 2D-plaat en 2D-wand.

Hoofdstuk 4: Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek beschreven. Het eerste gedeelte van het onderzoek is voornamelijk theorie, dit is het gedeelte tot aan de variantenstudies oftewel 2.2 t/m 2.5. Die paragrafen vormen voornamelijk de input voor de variantenstudies en de uitwerking van het VO. Van dit gedeelte zijn de resultaten telkens beschreven in het de desbetreffende paragraaf, hierdoor worden deze resultaten niet nader genoemd in hoofdstuk 4.

Vanaf de variantenstudies zijn er wel resultaten op te nemen in dit hoofdstuk.

4.1 Variantenstudie 1: constructietype

In Figuur 27 is de MCA weergegeven van de variantenstudie naar het meest geschikte constructietype. De varianten zijn beoordeeld doormiddel van het toekennen van scores. De scores lopen van 1 (zeer slecht) tot 5 (zeer goed). De totstandkoming van criteria, wegingsfactoren en de scores is beschreven in appendix F.

Criteria	Subcriteria	Wegingsfactor criteria	Wegingsfactor sub criteria	Variant 1: Volstortliggers		Variant 2: Kokerliggers		Variant 3: Railbalkliggers		Variant 4: Boogbrug		Variant 5: Vakwerkbrug		Variant 6: Integraalbrug	
				Beoordelingscijfer	Score	Beoordelingscijfer	Score	Beoordelingscijfer	Score	Beoordelingscijfer	Score	Beoordelingscijfer	Score	Beoordelingscijfer	Score
Financiële haalbaarheid	Kosten materiaal	16,7%	40%	4	0,47	4	0,67	4	0,57	2	0,23	2	0,23	5	0,73
	Uitvoeringskosten		60%	2		4		3		1		1		4	
Realisatietijd	-	10,0%	-	4	0,40	4	0,40	4	0,40	3	0,30	5	0,50	1	0,10
hijzige	-	26,7%	-	4	1,07	3	0,80	3	0,80	2	0,53	4	1,07	4	1,07
Overlast	Verkeersgebruikers	16,7%	70%	1	0,22	3	0,45	3	0,45	2	0,43	5	0,84	3	0,40
	Watergebruikers		30%	2		2		2		4		5		1	
Omgeving	Esthetica	6,7%	50%	5	0,21	4	0,29	3	0,25	1	0,19	1	0,20	5	0,20
	Aantasting EHS tijdens uitvoerig		10%	3		3		3		3		5		1	
	Definitieve aantasting EHS		40%	1		5		5		5		5		1	
Duurzaamheid	Onderhoud	23,3%	85%	3	0,63	4	0,83	4	0,83	1	0,37	1	0,37	4	0,83
	Mogelijkheid circulair bouwen		15%	1		1		1		5		5		1	
Overall score:		100%			3,00		3,44		3,30		2,06		3,21		3,33

Figuur 27: MCA variantenstudie constructietypen

Uit deze MCA volgt dat de kokerliggerbrug zonder tussensteunpunten als voorkeursvariant naar boven komt. De hoge score van deze variant wordt voornamelijk bepaald door de volgende factoren:

- Constructie is snel te realiseren met veel prefab materialen
- Geen tussensteunpunten dus geen aantasting EHS en weinig overlast watergebruikers
- Van het realiseren van de kokerbrug ondervindt het verkeer kort hinder van het plaatsen van de kokerliggers zelf, echter valt de rest van de constructie vrij eenvoudig te realiseren.
- Weinig onderhoud aangezien er veel (prefab) beton wordt toegepast wat relatief weinig onderhoud vereist
- Deze constructievariant komt het meest overeen met de railbalkliggerbrug, de railbalkliggerbrug heeft een hoger brugdek en hogere uitvoeringskosten door extra bekisting en het aanbrengen van een druklaag, dit zorgt ervoor dat de kokerliggerbrug hoger scoort.
- De kokerliggers hebben een hogere torsiestijfheid dan de railbalkliggers

4.2 Variantenstudie 2: (innovatieve) materialen

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van het onderzoek naar de (innovatieve) materialen van de kokerliggerbrug. Van sommige onderdelen is er maar 1 soort en materiaal toepasbaar gezien de constructie. De volgende constructie onderdelen zijn onderzocht:

Constructie onderdeel:	Materiaal/type:
Paalfunderingen	Prefab betonpalen, bij te grote momenten in palen wordt er bijvoorbeeld te kozen voor cast-in situ. Zodra er geluid- en trilling restricties opgelegd worden kan er gekozen worden voor Fundex palen
Landhoofden	Hooggefundeerd landhoofd met opstorting ten behoeve van vervangen oplegblokken
Oplegblokken	Type B
Hoofdliggers, randoplossingen en randelementen	Hoofdligger: SKK 1000 Randligger: Doormiddel van 1 afgeschuinde ligger
Dwarsvoorspanning	Volgt uit berekeningsrapport Appendix G
Schampranden	Beton in werk gestort C35/45 met ingestorte mantelbuizen met inwendige diameter van 110 mm.
Geleiderail en leuning	Eurorail-safe 2m Composiet leuning
Afwerklaag	Beton in het werk gestort
Landhoofdvoegen	1.2a2
Overgangsconstructie	Prefab stootplaten van 1000 mm breed, hoogte en lengte wordt bepaald in berekeningsrapport Appendix G.
Asfaltconstructie	Hydrofobeerlaag: MasterProtect H303 Asfalt tussenlaag/uitvullaag: AC 16 bind T1 Asfalt topklaag: SMA-NL 11A

Bovenstaande materialen/types voor de constructieonderdelen zijn tot stand gekomen na diverse onderzoeken in Appendix F.

4.3 Tekeningen

Als constructief ontwerp zijn een 5-tal tekeningen opgesteld:

- Constructietekening Kraagbrug
- Wapeningstekening kokerliggers
- Wapeningstekening landhoofd
- Palenplan
- Wapeningstekening overgangsconstructies

Deze tekeningen zijn toegevoegd als bijlage in appendix G. De dwars- en langsdoorsnede zijn weergegeven in Hoofdstuk 5: Conclusie.

4.4 Berekeningen

In het berekeningsrapport staat de technische en feitelijke onderbouwing van de verschillende constructie elementen. In deze paragraaf worden de belangrijkste gegevens/uitkomsten van ieder onderdeel beschreven. Het berekeningsrapport is weergegeven in appendix G.

4.4.1 Voorschriften, richtlijnen en programmatuur

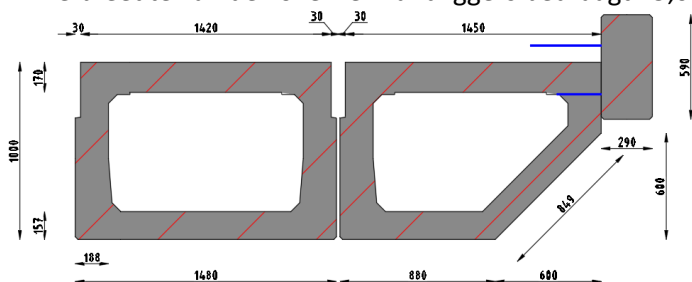
In het berekeningsrapport is gebruik gemaakt van: Eurocodes, richtlijn ontwerp kunstwerken [ROK] van Rijkswaterstaat, CROW richtlijnen en overige literatuur zoals studiemateriaal.

4.4.2 Eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten

Aan de hand van de verkeersgegevens kunnen de α_{Q1} , α_{Q1} , en de α_{gr} bepaald worden. Aan de hand van deze alfa-factoren mogen de verkeersbelastingen gereduceerd worden. Het maatgevend aantal vrachtwagens per jaar over een referentieperiode van 100 jaar bedraagt: 49823 vrachtwagens. Bij een overspanning van 30 m gelden de volgende correctiefactoren:

 $\alpha_{01} \text{ en } \alpha_{q1} : 0,96 [-]$ $\alpha_{gr} : 0,82 [-]$

Als constructietype wordt er gebruik gemaakt van voorgespannen kokerliggers met een overspanning van 30 m. Zie Figuur 28. De kokerliggers hebben een werkende breedte van 1500 mm. De buitenste kokerliggers zijn afgeschuinde randliggers. De breedte van het brugdek bedraagt 15,56 m. De breedte van de koker- en randliggers bedraagt 15,00 m.



Figuur 28: Dwarsdoorsnede koker- en randlijgger

De referentieperiode bedraagt 100 jaar, de bijbehorende levensduurklasse is 4 en de gevolgklasse is CC3. In de constructie wordt gebruik gemaakt van de volgende betonklassen:

C35/45: in het werk gestort beton

C60/75: prefab koker- en randliggers

C45/55: prefab heipalen en prefab stootplaten

De duurzaamheid wordt bepaald aan de hand van milieuklassen. Voor de bovenbouw geldt XC4, XD3 en XF4. Voor de onderbouw geldt XC4, XD3 en XF1.

4.4.3 Belastingen

De belastingen die optreden op de constructie zijn onder te verdelen in:

- Eigen gewicht
- Rustende belasting
- BM 1
 - o UDL
 - o Tandemstelsel
- BM 2 Zware as
- BM 4 Mensenmenigte
- Rem- en versnellingskrachten
- Windbelastingen

In appendix G hoofdstuk 4 zijn alle belastingen bepaald. In hoofdstuk 5 zijn de belastingen gecombineerd en in hoofdstuk 6 zijn de belastingen per constructie onderdeel bepaald.

4.4.4 Belastingcombinaties en momentaanfactoren

Fundamenteel:

(6.10a)

(6.10b)

Karakteristiek:

(6.14b)

Frequent:

(6.15b)

Quasi-blijvend:

(6.16b)

De uitkomsten van bovenstaande belastingcombinaties zijn beschreven in appendix G 6.3, 6.4.2 en 6.5.2. De momentaanfactoren worden bepaald conform [Eurocode 0] NB A2.2.6 is tabel NB.9 – A2.1 van toepassing voor momentaanfactoren voor bruggen voor weg- en langzaam verkeer.

4.4.5 Spreiding koker- en randliggers

In Matrixframe is er de mogelijkheid om een 2D-plaat met een constante hoogte in te voeren. Echter, deze plaat heeft een massieve doorsnede waarmee Matrixframe rekent. De kokerliggers hebben geen massieve doorsnede dus dienen de doorsnede gegevens handmatig bepaald en ingevoerd te worden. Deze doorsnede gegevens zijn de stijfheden in diverse richtingen. In een plaat zijn 5 stijfheden aanwezig:

- D_{xx} : buigstijfheid in langsrichting
- D_{yy} : buigstijfheid in dwarsrichting
- D_{xy} : torsie-stijfheid
- Dwarskracht stijfheid in langsrichting
- Dwarskracht stijfheid in dwarsrichting

In appendix G 6.1.2 zijn de stijfheden berekend voor holle koker- en randliggers en voor de massieve koker- en randliggers. In appendix G 6.1.3 is beschreven hoe deze stijfheden handmatig in Matrixframe ingevoerd zijn.

4.4.6 Berekening kokerliggers

In appendix G 7.1 t/m 7.4 is de maatgevende kokerligger berekend en getoetst. De belangrijkste uitkomsten van de berekeningen worden beschreven.

Langsvoorspanning:

Midden:

$A_{s,req}$	:	6406 mm ²	
$A_{s,prov}$	:	6582 mm ²	17 draden Ø15,7 op 420 mm uit neutrale lijn
			17 draden Ø15,7 op 370 mm uit neutrale lijn
Aanvangsvoorspanning :		11915 kN	

Bovenwapening:

Hamereind:

$A_{s,req}$	:	1466 mm ²	
$A_{s,prov}$	:	1810 mm ²	9 – Ø16

Veld:

$A_{s,prov}$	:	679 mm ²	6 – Ø12
--------------	---	---------------------	---------

Dwarskrachtwapening:

Hamereind deel 1-5:

$A_{s,req}$	:	805 mm ²	per 2-benige beugel
$A_{s,prov}$	:	1047 mm ²	Ø10 – 150

In de kop zijn nog diverse beugels en haarspelden toegevoegd om de voorspankrachten geleidelijk aan te brengen over de volledige doorsnede.

Veld deel 2-4:

$A_{s,req}$	:	1882 mm ²	per 2-benige beugel
$A_{s,prov}$	:	2094 mm ²	2 bgls Ø10 – 150

Veld deel 3:

$A_{s,req}$	:	626 mm ²	per 2-benige beugel
$A_{s,prov}$	:	785 mm ²	Ø10 – 200

Dwarsvoorspanning:

Hamereind deel 1-5:

$A_{s,req}$	:	3844 mm ²	
$A_{s,prov}$	:	4065 mm ²	Ø15,7 * 7 (draden per streng) * 1 streng per set 3 (sets over 4 m) = 4065 mm ²

Veld deel 2-4:

$A_{s,req}$	:	16915 mm ²	
$A_{s,prov}$	:	18972 mm ²	Ø15,7 * 7 (draden per streng) * 2 strengen per set * 7 (strengen over 7,77 m) = 18972 mm ² .

Veld deel 3:

$A_{s,req}$	:	23077 mm ²	
$A_{s,prov}$	:	28458 mm ²	Ø15,7 * 7 (draden per streng) * 3 strengen per set * 7 (strengen over 7,77 m) = 28458 mm ² .

Wapening ten behoeve van torsie:

In appendix G 7.3 is de benodigde wapening bepaald voor de torsieweerstand. De benodigde wapening mag opgeteld worden bij de benodigde wapening ten behoeve van de dwarskrachtbeugels. In de hamereinden is ten behoeve van de torsie geen extra wapening nodig vanwege de massieve doorsnede.

Lijven:

Tabel 2: Dwarskrachtwapening in combinatie met torsie wapening in de lijven

Deel:	$A_{s,req}$ dwarskracht:	$A_{s,prov}$ dwarskracht:	$A_{s,req}$ torsie:	$A_{s,req}$ dwarskracht+torsie:	$A_{s,prov}$ dwarskracht+torsie:
2-4	1882	2094	148	1330	2094
3	626	785	61	687	785

Flenzen:

Tabel 3: Dwarskrachtwapening in combinatie met torsie wapening in de flenzen

Deel:	$A_{s,req}$ dwarskracht:	$A_{s,prov}$ dwarskracht:	$A_{s,req}$ torsie:	$A_{s,req}$ dwarskracht+torsie:	$A_{s,prov}$ dwarskracht+torsie:
2-4 Boven	0	3*1047=3141	1199	1199	3 Ø10 – 300 1572 mm ² (gewijzigd)
2-4 Onder	0	2*1047=2094	1199	1199	2094
3 Boven	0	3*1047=3141	505	505	3 Ø10 – 300 1572 mm ² (gewijzigd)
3 Onder	0	785	505	505	785

Doorbuiging:

$$W_{tot} = W - toog \leq W_{max}$$

$$131,61 - 50 \leq 0,004 * 30000$$

$$81,61 \leq 120 \text{ mm} \quad \text{voldoet}$$

4.4.7 Berekening landhoofden

In appendix G 7.5 is het landhoofd berekend en getoetst. De belangrijkste uitkomsten van de berekeningen worden beschreven.

Onderwapening:

$$A_{s,req} : 4505 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} : 4909 \text{ mm}^2 \quad 10 - \text{Ø}25$$

Scheurwijdte controle voldoet niet dus wapening gewijzigd naar 16 – Ø25 $A_{s,prov} = 5027 \text{ mm}^2$.

Bovenwapening:

$$A_{s,req} : 4505 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} : 4909 \text{ mm}^2 \quad 10 - \text{Ø}25$$

Scheurwijdte controle voldoet niet dus wapening gewijzigd naar 20 – Ø25 $A_{s,prov} = 6283 \text{ mm}^2$

Verdeelwapening:

$$A_{s,req} : 901 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} : 1047 \text{ mm}^2 \quad \text{Ø}10 - 150$$

De haarspelden berekend bij de dwarskrachtwapening fungeren eveneens als verdeelwapening.

Flankwapening:

$$A_{s,req} : 718 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} : 804 \text{ mm}^2 \quad 4 - \text{Ø}16$$

Scheurwijdte controle voldoet niet dus wapening gewijzigd naar 6 - Ø16 $A_{s,prov} = 1206 \text{ mm}^2$

Dwarskrachtwapening:

$A_{s,req}$	:	6430 mm ²	per 2-benige beugel
$A_{s,prov}$	:	6786 mm ²	bgls Ø12 – 100 + 4 hrsp Ø12 – 100 4524 mm ² .

Frontwand onder- en bovenwapening

$A_{s,req}$	:	1917 mm ²	
$A_{s,prov}$	:	2200 mm ²	7 – Ø20

Frontwand verdeelwapening:

$A_{s,req}$	:	174 mm ²	
$A_{s,prov}$	:	201 mm ²	Ø16 – 150

Aan de koppen worden nog haarspelden Ø16 toegepast.

Aan de bovenzijde worden nog haarspelden Ø16 - 200

Wapening opstort:

Ter plaatse van de opstort worden er haarspelden in 2 richtingen toegepast van Ø16 – 100. De bijbehorende verankeringslengte van de haarspelden: 515 mm.

Maatgevende krachten in prefab heipalen:

Prefab heipalen 320 x 320 mm

N_{Ed} = 1295 kN

V_{Ed} = 45 kN

M_{Ed} = 263 kNm in paalkop

4.4.8 Berekening overgangsconstructies

In appendix G 7.6 is de overgangsconstructie berekend en getoetst. De belangrijkste uitkomsten van de berekeningen worden beschreven.

Onderwapening:

$A_{s,req}$	:	4132 mm ²	
$A_{s,prov}$	:	4419 mm ²	9 – Ø25

Bovenwapening:

$A_{s,req}$	:	1377 mm ²	
$A_{s,prov}$	:	1407 mm ²	8 – Ø16

Dwarskrachtwapening:

$A_{s,req}$	:	3142 mm ²	per 2-benige beugel
$A_{s,prov}$	:	3142 mm ²	2 bgls Ø10 – 100

Verdeelwapening:

$A_{s,req}$	:	892 mm ²	
$A_{s,prov}$	:	1006 mm ²	Ø8 – 200 * 2 = 1006

De dwarskrachtbeugels berekend bij de dwarskrachtwapening fungeren eveneens als verdeelwapening.

Doorbuiging:

$W_{tot} \leq W_{max}$

$3,5 \leq 0,004 * 4000$

$3,5 \leq 16$ mm voldoet

Hoofdstuk 5: Conclusie

In het onderzoek is gezocht naar een antwoord op de hoofdvraag: *‘Hoe ziet het technische ontwerp er uit van de verkeersbrug(gen) in de N290 over de Otheensche Kreek, rekening houdend met de omgeving en de fasering tijdens de uitvoering?’* Het doel is om een ontwerp te maken van de verkeersbrug(gen) in de N290 over de Otheensche Kreek. Het ontwerp van deze brug(gen) hoort bij het gehele wegtracé ontwerp N290 tussen Terneuzen en Zaamslag. Om dit doel te behalen zijn er verschillende stappen uitgevoerd die leiden tot een constructief ontwerp van de brug voor het autoverkeer. Er is gewerkt van breed naar smal. Allereerst is er uitvoerig naar de omgeving gekeken waarin het ontwerp zich bevindt. Vanuit stakeholders en overige eisen is de fasering tijdens de bouwfase bepaald. Uiteindelijk is er voor gekozen om de brug voor het autoverkeer uit te werken tot een constructief ontwerp. Tijdens het onderzoek zijn de volgende belangrijke conclusies op basis van de resultaten getrokken per onderdeel:

Bestaande situatie en omgeving:

De N290 tussen Terneuzen en Zaamslag kruist de Otheensche Kreek. In de bestaande situatie ligt er een brug voor het fiets- en voetverkeer, aan de noordzijde van deze brug bevindt zich de brug voor het autoverkeer en het landbouwverkeer. De huidige situatie voldoet niet aan de richtlijnen die het CROW aan een gebiedsontsluitingsweg stelt.

De projectlocatie bevindt zich in een omgeving met bepalende natuurwaarden, waarvan de Otheensche Kreek de belangrijkste is. Diverse soorten flora en fauna zijn aanwezig in of nabij de Otheensche Kreek. Voornamelijk de Meervleermuis is een bepalende factor in het ontwerp van de bruggen. Het aantal verkeersgebruikers tijdens en na de realisatie van de verkeersbruggen zijn een bepalende factor voor de fasering tijdens de uitvoering. Het aantal passages van (vracht)auto's op de N290 is van dusdanige hoeveelheid, dat er geen gebruik gemaakt kan worden van een langdurige, tijdelijke omleiding in de omgeving.

Stakeholders en PvE:

De aanwezige stakeholders voor, tijdens en na de uitvoering van het project zijn onder te verdelen in primaire- en secundaire stakeholders. De primaire stakeholders zijn: Waterschap Scheldestromen, Gemeente Terneuzen en de Provincie Zeeland. Waterschap Scheldestromen, als eigenaar van de Otheensche Kreek, heeft voornamelijk eisen en wensen aangaande de afmetingen onder de brug. Gemeente Terneuzen heeft voornamelijk wensen voor het uiterlijk van de brug, daarnaast hebben zij eisen ten behoeve van de omleidingsroutes. De Provincie Zeeland heeft voornamelijk eisen en wensen voor het langs- en dwarsprofiel van de N290 ter plaatse van de Otheensche Kreek. In het volledige proces dienen deze stakeholders betrokken te blijven en moet geprobeerd worden, met de grootste inspanningen, om hen tevreden te houden. De secundaire stakeholders zijn voornamelijk gebruikers van de N290 of de Otheensche Kreek. Om de secundaire stakeholders betrokken te houden, kan doormiddel van verschillende communicatiemethoden informatie verleend worden.

In het PvE zijn alle eisen en wensen verzameld van de stakeholders, daarnaast staan in het PvE de bepalende factoren voor het ontwerp uit de omgeving vermeldt. Eveneens zijn alle technische eisen uit de richtlijnen bij elkaar gevoegd die van invloed zijn op het ontwerp.

Samen met het PvE, de factoren uit de omgeving en de eisen en wensen van de stakeholders kan de fasering tijdens de bouw bepaald worden. Vanuit deze fasering wordt vervolgens bepaald hoe de verschillende verkeersgroepen over de Otheensche Kreek geleid kunnen worden.

Fasering tijdens bouwfase:

In appendix E is de fasering beschreven van het gehele project tussen Terneuzen en Zaamslag. In dit traject vallen de bruggen van de N290 over de Otheensche Kreek. De fasering van de bouw van de bruggen over de Otheensche Kreek is nader uitgewerkt om tot een goed ontwerp te kunnen komen wat tevens uitvoerbaar is in de omgeving.

Gezien het aantal weggebruikers op de N290 en de eisen van Gemeente Terneuzen is het onmogelijk om het verkeer om te leiden via de wijk Othene of een andere wijk. Tijdens de bouw mag het verkeer enkel buitenom de gestelde bloktijden (appendix D bijlage 1) omgeleid worden. De meest geschikte fasering tijdens de bouw is als volgt:

- Fase 1: Voorbereiden locatie fietspad/brug
Fietsbrug bouwen aan noordzijde
Aansluitingen fietspaden realiseren
- Fase 2: Voorbereiden locatie parallelweg/brug
Fietsbrug zuidzijde verwijderen
Brug voor parallelverkeer en tijdelijk autoverkeer bouwen
Aansluitingen parallelweg en tijdelijke autoverkeer realiseren
- Fase 3: Oude brug voor autoverkeer verwijderen
Nieuwe brug voor autoverkeer realiseren
Aansluitingen voor autoverkeer realiseren
- Fase 4: Parallelweg/brug ter plaatse van Otheensche Kreek maken conform eindontwerp
Overige aansluitingen realiseren

Varianten onderzoek 1: constructie type

In het onderzoek zijn 9 varianten voor een vaste brug voor het autoverkeer onderzocht, waarvan er 6 uitgewerkt zijn tot een schetsontwerp. Het meest geschikte constructietype voor de brug voor het autoverkeer is een kokerligger systeem zonder tussensteunpunten. Dit kokerligger systeem is een snel te realiseren constructie, waarbij de gebruikers van de brug tijdens de uitvoering weinig hinder ondervinden. Daarnaast treedt er tijdens en na de bouw weinig overlast op voor de EHS.

Varianten onderzoek 2: materialen per constructie onderdeel

De resultaten van variantenstudie 2 zijn weergegeven in appendix F. Bij het onderzoek naar de verschillende mogelijkheden voor de constructie onderdelen is geprobeerd waar mogelijk te kiezen voor innovatieve of duurzame producten.

Constructieve berekeningen en tekeningen:

In de kokerliggers wordt gebruik gemaakt van 34 - Ø15,7 voorspandraden in de onderflens, met een aanvangskracht van 11915 kN. Door gebruik te maken van de voorspanning kunnen er eenvoudig grote overspanningen gehaald worden. Naast de kokerliggers zijn de hooggefundeerd landhoofden en overgangsconstructies berekend en getoetst. De resultaten zijn weergegeven in

4.4.7 Berekening landhoofden en 4.4.8 Berekening overgangsconstructies. In appendix G zijn diverse voorlopig ontwerp (wapenings)tekeningen toegevoegd om het ontwerp te verduidelijken. De berekening en tekening van de kokerliggers kan gezien worden als het definitief ontwerp van één onderdeel. De berekeningen, inclusief de berekening van de spreiding van de kokerliggers, zorgen voor een compleet definitief ontwerp van de kokerliggers.

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat een brug met een kokerligger systeem het meest geschikt is als verkeersbrug in de N290 over de Otheensche Kreek. Gezien de EHS en de gebruikers in de omgeving is de prefab variant zonder tussensteunpunten in de Otheensche Kreek een zeer duurzame en milieuvriendelijke variant. Daarnaast is vanwege de fasering tijdens de uitvoering deze snel te realiseren variant zeer geschikt als een op zichzelf staande brug voor het autoverkeer. In appendix G bijlage 5 zijn de langs- en dwarsdoorsnede weergegeven van de constructie.

Hoofdstuk 6: Discussie en vervolgonderzoek

In de discussie wordt er ingegaan op de conclusies van het onderzoek, de resultaten worden geïnterpreteerd en de beperkingen van het onderzoek worden besproken.

Validiteit onderzoek

Het onderzoek heeft op een paar punten na een hoge validiteit aangezien er veelal gebruik is gemaakt van primaire gegevens die de onderzoeker zelf heeft verzameld. Deze punten die zorgen voor een verlaging van de validiteit zijn beschreven in onderstaande aanbevelingen.

Validiteit berekeningen

Op de validiteit van de kokerliggerberekeningen is wat aan te merken. De oplegreacties t.g.v. de rustende belastingen geven een vertekend beeld van de werkelijkheid. In samenwerking met C.H. Steur is er gezocht naar mogelijke oorzaken van dit probleem echter is er geen éénduidige oorzaak aan te wijzen. Daarnaast ontstaan er in de hoeken bij de steunpunten grote afwijkende momenten wat waarschijnlijk ook zorgt voor afwijkende oplegreacties. Door het model op verschillende wijzen in te voeren is het probleem niet verholpen. Door het model in te voeren in SCIA Engineer zal dit probleem waarschijnlijk niet optreden aangezien SCIA Engineer verder ontwikkeld is op het gebied van 2D platen.

De validiteit van de overige berekeningen is wel hoog aangezien de rekensoftware hierin beter te volgen is. Daarnaast zijn er handmatig controles uitgevoerd die de uitkomst van de rekensoftware controleert.

Onderzoeksmethode

In het onderzoek is gebruik gemaakt van de volgende onderzoeksmethoden:

- Beschrijvend onderzoek;
- Exploratief onderzoek;
- Veldonderzoek;
- Deskresearch;
- Kwantitatief onderzoek;
- Toetsend onderzoek

Bovenstaande onderzoeksmethoden hebben effectief bijgedragen aan het tot stand komen van het ontwerp. Met behulp van de eerste 4 methoden is het theoretisch kader opgesteld. Sommige aspecten waren enkel uit literatuur te verkrijgen, zoals bijvoorbeeld informatie over natura-2000 gebieden. Aan de hand van een letterlijk veldonderzoek is de huidige brug in beeld gebracht.

Met behulp van kwantitatief onderzoek zijn de MCA's opgesteld. Deze onderzoeksmethode werkt aan de hand van het cijfermatig beoordelen van bijvoorbeeld varianten. Door scores toe te kennen aan varianten, kan de voorkeursvariant bepaald worden.

Door toetsend onderzoek uit te voeren, wordt de voorkeursvariant getoetst op sterkte, stabiliteit en stijfheid. Inclusief de bijbehorende constructieve tekeningen.

Omgeving

In het onderzoek naar de omgeving is er hoofdzakelijk secundaire gegevens verzameld om tot een ontwerp te komen. Deze secundaire gegevens kwamen voornamelijk uit een eerder opgesteld adviesrapport voor de brug over de Otheensche Kreek. Daarnaast zijn er veel secundaire gegevens verkregen van de Gemeente Terneuzen. Primaire gegevens oftewel gegevens die de onderzoeker zelf bepaald heeft zijn betrouwbaarder dan verkregen secundaire gegevens. Deze primaire gegevens zouden doormiddel van veldonderzoeken verzameld kunnen worden, deze veldonderzoeken zijn

tijdens het onderzoek niet uitgevoerd. Daar staat wel tegenover dat de secundaire gegevens die verkregen zijn door andere onderzoekers wel van hoge kwaliteit zijn omdat ze door vakbekwame onderzoekers zijn verzameld.

Stakeholders

In het onderzoek zijn enkel van primaire stakeholders de eisen en wensen verzameld door de onderzoeker. Van secundaire stakeholders zijn de eisen en wensen aan de hand van beschikbare informatie geïnterpreteerd. Wil men een ontwerp kunnen opstellen waarbij alle stakeholders hun eisen en wensen in terug zien dient men de secundaire stakeholder te benaderen voor informatie. Echter zal het bij secundaire stakeholders voornamelijk om wensen gaan met betrekking tot het ontwerp. Deze wensen zijn dikwijls niet maatgevend voor constructie typen enzovoorts. De primaire stakeholders geven daadwerkelijke eisen aan waaraan het ontwerp dient te voldoen.

Faseringen

Gezien de beschikbare tijd van het onderzoek is er slechts één fasering variant opgesteld. Die globaal bepaald is aan de hand van CROW handboek 96a werk in uitvoering. Om de meest geschikte variant voor de fasering te kiezen dienen er meerder varianten uitgewerkt te worden. Daarnaast is het belangrijk om al deze varianten te toetsen aan de hand van de geldende richtlijnen. De gekozen variant geeft wel een meest voor de hand liggende fasering, waarin de eisen en wensen van Gemeente Terneuzen, Waterschap Scheldestromen en de Provincie Zeeland zijn meegenomen.

Variantenstudies

In het onderzoek is er veel tijd besteed aan de variantenstudies. Dit geeft dan ook gedegen voorkeursvarianten. Achteraf had ik wel eerder contact opgenomen met leveranciers van bepaalde producten. Zo hoorde ik bijvoorbeeld achteraf bij Spanbeton dat railbalkliggers goedkoper zijn dan kokerliggers terwijl ik dit in de variantenstudie zo niet had meegenomen.

Constructieve berekeningen en tekeningen

Vanwege de tijd en het ontbreken van sommige kennis kon ik niet alle belastingen bepalen bijvoorbeeld temperatuur belastingen. In overleg met C.H. Steur zijn de keuzes en de eventuele invloeden daarvan besproken. In de berekeningen zijn er gezien de complexiteit bepaalde keuzes voor de wapening gemaakt. De wapening is in dat geval niet berekend, maar zelf, of aan de hand van, een referentievoorbeeld bepaald. Deze keuzes waren niet of in geringe mate bepalend voor de krachtwerking in de constructie. De wapening die wel invloed heeft op de krachtwerking in de constructie is tot in detail uitgewerkt.

De berekening kunnen nog geoptimaliseerd worden door de invoer van de gegevens in Matrixframe aan te passen zodat de uitkomst beter overeenkomt met de werkelijkheid. De handelingswijze die hiertoe gevolgd dient te worden is beschreven in de aanbevelingen onder de kop aanbevelingen ten behoeve van constructieve berekeningen.

Vervolgonderzoek

Uitvoeren van (veld)onderzoek ten behoeve van natuurwaarden Otheensche Kreek zou een goed vervolgonderzoek zijn, zoals eerder besproken is. In dit onderzoek is enkel de brug voor het autoverkeer uitgewerkt tot een constructief ontwerp. De bruggen voor voet- en fietsverkeer en parallelverkeer dienen nog verder uitgewerkt te worden tot een constructief ontwerp.

Hoofdstuk 7: Aanbevelingen

In de aanbevelingen staan alle adviezen die de onderzoeker aan de opdrachtgever geeft. Daarnaast staat bij iedere aanbeveling vermeld wat het oplevert indien deze aanbeveling uitgevoerd wordt.

Aanbevelingen ten behoeve van onderzoek naar omgeving

Om de natuurwaarden te verzamelen van de EHS Otheense Kreek en de gevolgen tijdens en na de uitvoering in beeld te krijgen, dient de opdrachtgever een veldonderzoek uit te voeren. Om een vergunning voor het bestemmingsplan te verkrijgen dienen de gevolgen getoetst te worden van het project op de flora en fauna.

Aanbevelingen ten behoeve van stakeholders

Zoals al eerder vermeld is het nodig om alle eisen en wensen van zowel primaire- als secundaire stakeholders te verzamelen. Zodra alle eisen en wensen van de stakeholders verzameld zijn levert dit een ontwerp voor de bruggen waaraan zoveel mogelijk eisen en wensen verwerkt zijn. Hoe om te gaan met de aanwezige stakeholders is bepaald in de stakeholderanalyse. In het proces van ontwerp en realisatie doet de opdrachtgever er goed aan om op de vastgestelde communicatiewijze om te gaan met de stakeholders. Dit levert de opdrachtgever voldoende informatie op en bovendien draagvlak om het project uit te voeren.

Aanbevelingen ten behoeve van van het ontwerp

Gezien de tijd is het niet mogelijk om de fasering te toetsen aan de hand van de richtlijnen CROW. Voornamelijk de horizontale bogen in het wegontwerp dienen getoetst te worden. Door deze toetsingen uit te voeren is het eenvoudiger voor de opdrachtgever om vergunningen te krijgen.

In het ontwerp is het voetpad onderdoor de constructie niet nader uitgewerkt. Daarnaast zou het ook mogelijk zijn om een fietspad onderdoor de brug te realiseren, echter wordt de overspanning dan wel groter. In de afgelopen jaren is er sprake geweest van een fietstunnel meer richting Terneuzen onderdoor de N290. Door de kiezen voor een ongelijkvloerse kruising van het fietsverkeer met de N290 creëert dit meer veiligheid.

Aanbevelingen ten behoeve van de variantenonderzoeken

In het varianten onderzoek zijn er ook diverse keuzes en aannames gedaan. De belangrijkste zijn:

- Bij variantenonderzoek 1: van variant 4 en 6 de stabiliteit berekenen
- Bij variantenonderzoek 1: de kosten verder tot in detail uitwerken
- Bij variantenonderzoek 1: het duurzaam ontwerpen in het variantenonderzoek richt zich enkel op demontabel bouwen en niet op de berekening en besparing van milieukosten.
- Bij variantenonderzoek 2: de asfaltopbouw beter onderzoek, nu wordt gekozen voor de standaard opbouw van Rijkswaterstaat.

Door bovenstaande onderdelen na te volgen volgt daaruit nog een betere afweging van varianten.

Aanbevelingen ten behoeve van de constructieve berekeningen

Tijdens het berekenen van de constructie zijn er op bepaalde momenten keuzes of aannames gemaakt. De belangrijkste zijn:

Gezien de complexiteit van het berekenen van vermoeiing in beton, is deze belasting niet meegenomen.

Zoals beschreven in appendix G 6.1 is de invoer van de kokerliggers bepaald. Aangezien het niet mogelijk is om een stijfheid (EI) of een traagheidsmoment (I) apart in te voeren in Matrixframe 2D plaat is ervoor gekozen om de elasticiteitsmodules (E) aan te passen van het beton. Door de

elasticiteitsmodules aan te passen wijzigt de EI totaal ook, echter is dit maar mogelijk voor 1 richting. Zodoende zijn er 3 losse modellen van het brugdek opgesteld:

Langsrichting	voor alle berekeningen in de langsrichting
Dwarsrichting	voor de berekeningen van de dwarsvoorspanning
Torsie	voor de torsiestijfheidsberekeningen

De krachtwerking in langsrichting wordt voor een klein deel ook bepaald door de stijfheid in dwarsrichting, andersom ook. In het model rekent Matrixframe dezelfde stijfheid in zowel langs- als dwarsrichting. Doordat de gehele stijfheid in de constructie hoger is dan in werkelijkheid volgen er lagere spanningen uit het model van in werkelijkheid. De enige oplossing voor dit probleem is te werken met rekensoftware SCIA Engineer waarin wel afzonderlijk de verschillende stijfheden ingevoerd kan worden. Aan de opdrachtgever is dan ook de aanbeveling om de werken met rekensoftware SCIA Engineer.

De belastingen op de voertuigkering en de leuning kunnen niet ingevoerd worden in Matrixframe. SCIA Engineer geeft wel de mogelijkheid om deze belastingen in te voeren.

De langsvoorspanning in de kokerliggers heeft een positieve invloed op de dwarskrachtcapaciteit. Deze positieve invloed is in de berekeningen niet meegenomen, er is dus gerekend op een conservatievere manier. Gezien de complexiteit is deze invloed niet meegenomen. Aan de opdrachtgever is het om deze invloed wel mee te nemen. Daarnaast is de splijtwapening in de kop niet berekend, maar wel getekend.

Door al bovenstaande aanbevelingen uit te voeren, treedt er een gedegen constructief ontwerp op voor de opdrachtgever.

Hoofdstuk 8: Bibliografie

- Arcadis Nederland BV. (2009). *Overzicht nieuwe betonbrug*. Hoorn. Opgeroepen op februari 2019
- Biobasedeconomy. (z.d.). *www.biobasedeconomy.nl*. Opgeroepen op maart 2019, van <https://www.biobasedeconomy.nl/wat-is-biobased-economy/over-bbe/>
- Bosch Slabbers. (2007). *Ontwerp rondje kreek*. Middelburg. Opgeroepen op februari 2019
- Evelein R. & Walraven D. (2015). *Reconstructieonderzoek N290 Terneuzen Hulst*. BU Ruimtelijke Kwaliteit. Capelle aan den IJssel: Tauw bv. Opgeroepen op 2019
- Froy, S. d. (2013). *Biobased brug naast Kraagbrug Terneuzen*. Opgeroepen op februari 2019
- Google. (z.d.). Opgeroepen op februari 4, 2019, van www.google.nl: <https://www.google.com/maps/@51.3083104,3.9094502,13.33z>
- IPV Delft. (2010). Opgeroepen op maart 2019, van <http://ipvdelft.nl/portfolio-item/beuningse-plas/>
- IPV Delft. (2013). Opgeroepen op maart 2019, van <http://ipvdelft.nl/portfolio-item/brug-hofstraat-landgraaf/>
- KLIC. (z.d.). *Rijksoverheid*. Opgeroepen op februari 2019
- Ministerie van Landbouw, N. e. (z.d.). *Synbiosys.alterra*. Opgeroepen op februari 2019, van <https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k>
- natuurbescherming, W. (2019, januari 1). Opgeroepen op februari 2019, van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0037552/2019-01-01>
- Natuurmonumenten. (2010, september). Opgeroepen op februari 2019, van <https://assets.vlinderstichting.nl/docs/b0bdb7a-52cd-4d37-ae3-109981875144.pdf>
- P. Geertsma. (2014, januari 27). *Technischwerken*. Opgeroepen op maart 2019, van <http://www.technischwerken.nl/kennisbank/techniek-kennis/wat-is-composiet-en-wat-zijn-de-voordelen-van-composiet/>
- Projectmanagementsite.nl. (z.d.). *projectmanagementsite*. Opgeroepen op februari 2019, van <https://projectmanagementsite.nl/stakeholdersanalyse/#.XFrb8fZFxaQ>
- Rijkswaterstaat. (z.d.). *Vernieuwing Kraagbrug in prov. weg N290 in de gemeente Zaamslag*. Opgeroepen op februari 2019
- Scheldestromen. (2015, juni). *arcgis*. Opgeroepen op februari 2019, van <http://scheldestromen.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=75ee023b7b4a46df974c6f10bc44273f>
- Scribbr. (z.d.). *www.scribbr.nl*. Opgeroepen op februari 2019, van <https://www.scribbr.nl/category/onderzoeksmethoden/#descriptief-onderzoek>
- Spanbeton Consolis. (z.d.). *Kokerbalkoplossingen*. Opgeroepen op maart 2019, van https://www.spanbeton.nl/content/files/Files/Kennisportaal/Kokerbalk/WEBSITE__SKK.pdf
- Stokman, N. (2009). *Constructief ontwerp en uitwerkingen*. Opgeroepen op maart 2019, van <http://edepot.wur.nl/14912>

Vlaams Ministerie, v. M. (2012). *Cursus bruginspecteur*. Brussel. Opgeroepen op maart 2019, van http://www.expertisebetonenstaal.be/sites/default/files/atoms/files/H%202.1%20%20brugtypes_0.pdf

Vree, J. d. (z.d.). *www.joostdevree.nl*. Opgeroepen op februari 2019, van <http://www.joostdevree.nl/shtmls/vierendeelligger.shtml>

Zeeland, P. (z.d.). *kaarten.zeeland.nl*. Opgeroepen op februari 2019, van <https://kaarten.zeeland.nl/map/natura2000>

Hoofdstuk 9: Figuren- en tabellenlijst

Figuur 1: Tracé reconstructie N290	7
Figuur 2: Situatieweergave van omgeving N290 Terneuzen - Zaamslag (Google, z.d.)	8
Figuur 3: Huidige situatie kruising Otheensche Kreek (Google, z.d.)	8
Figuur 4: Ontwerptekening brug bij kruising Otheensche Kreek (Evelein R. & Walraven D., 2015).....	9
Figuur 5: Dwarsprofiel N290 (tussen de Drieweg en de Groenweg) (Evelein R. & Walraven D., 2015) 10	
Figuur 6: Overzicht omgeving Kraagbrug (Google, z.d.)	13
Figuur 7: Dwarsdoorsnede na voorlopige voltooiing zuidzijde (Rijkswaterstaat, z.d.)	14
Figuur 8: Dwarsdoorsnede na voltooiing noord- en zuidzijde (Rijkswaterstaat, z.d.)	14
Figuur 9: Dwarsdoorsnede bestaande fietsbrug (Arcadis Nederland BV, 2009).....	15
Figuur 10: Overzicht Natura 2000 gebieden omgeving Kraagbrug (Zeeland, z.d.)	17
Figuur 11: Meervleermuis (bron: Ecopedia)	18
Figuur 12: Oeverprofiel A Otheensche Kreek.....	19
Figuur 13: Arcgis Scheldestromen afbeelding ter plaatse van Kraagbrug (Scheldestromen, 2015)	19
Figuur 14: KLIC-overzicht ter plaatse van Kraagbrug (KLIC, z.d.).....	20
Figuur 15: Mendelow's stakeholders matrix project Kraagbrug	21
Figuur 16: Streetview ter plaatse van kruising N253 met Sophiapolder (Google, z.d.)	24
Figuur 17: Volstortligger SJP FLEX	26
Figuur 18: Kokerbalkconstructies SKK	27
Figuur 19: Railbalkconstructie ZIPXL	27
Figuur 20: Liggerbrug waarbij fietsbrug steunt op tussensteunpunten verkeersbrug	28
Figuur 21: Liggerbrug in combinatie met boog in Landgraaf	28
Figuur 22: Momentvaste verbindingen bij knooppunten vierendeelbrug (Vree, z.d.)	29
Figuur 23: Schematische weergave gedrag bovenbouw integraalbrug	30
Figuur 24: Portaalbrug.....	31
Figuur 25: Stappenplan variantenstudie	36
Figuur 26: Paarsgewijze vergelijking variantenonderzoek 1	37
Figuur 27: MCA variantenstudie constructietypen	40
Figuur 28: Dwarsdoorsnede koker- en randligger.....	42
 Tabel 1: Overzicht kabels en leidingen Kraagbrug	20
Tabel 2: Dwarskrachtwapening in combinatie met torsie wapening in de lijven	45
Tabel 3: Dwarskrachtwapening in combinatie met torsie wapening in de flenzen	45

Hoofdstuk 10: Appendices

Appendix A:	Omgevingsanalyse kruising N290 met Otheensche Kreek
Appendix B:	Ondergrond
Appendix C:	Stakeholderanalyse
Appendix D:	Programma van eisen
Appendix E:	Faseringen bouwfase Kraagbrug
Appendix F:	Variantenstudies
Appendix G:	Berekeningsrapport inclusief constructieve tekeningen