



Aanpassingen Sint Maartenbrug

Onderzoeksrapport

Het ontwerpen van aanpassingen aan de constructie van de beweegbare Sint Maartenbrug, te Goes, om de bediening ervan te vergemakkelijken en te laten voldoen aan de wettelijk gestelde regels.

Afstuderen 2016

Studente:
Jaimy-Ellen Hendrickx

School:
HZ University of Applied Sciences

Stagebedrijf:
Ingenieursbureau Gemeente Goes

Aanpassingen

Sint Maartenbrug

Onderzoeksrapport

Afstuderen 2016

Studente: Jaimy-Ellen Hendrickx
Studentnr: 00061120
Cursus: CU11020 – DA Afstudeerstage
Opleiding: Civiele Techniek
School: HZ University of Applied Sciences
Docent: H.A. Bakker
Stagebedrijf: Ingenieursbureau Gemeente Goes
Begeleider: B. Suijkerbuijk
Datum: 06 juni 2016



Samenvatting

Van 02 februari 2016 tot 03 juni 2016 is onderzoek gedaan naar het aanpassen van de beweegbare Sint Maartenbrug in Goes, om de bediening ervan te vergemakkelijken. Dit onderzoek is als afstudeeropdracht uitgevoerd door J.E. Hendrickx, studente Civiele Techniek aan de Hoogeschool Zeeland, University of Applied Sciences. De opdracht is gegeven door de Gemeente Goes en wordt begeleid door Ing. B. Suijkerbuijk, Projectleider Ingenieursbureau. Voorafgaand aan het onderzoek is de volgende hoofdvraag opgesteld:

Op welke wijze kan de constructie van de Sint Maartenbrug worden aangepast, om de bediening ervan te vergemakkelijken en te laten voldoen aan de wettelijk gestelde regels?

De uitvoering van het onderzoek is in vijf stappen bewerkstelligd, om een antwoord te vormen op deze hoofdvraag. Hieronder wordt per stap samengevat welke activiteiten zijn ondernomen en tot welke resultaten dit heeft geleid.

Als start van het onderzoek is de huidige situatie vastgesteld. Hierbij is ingegaan op de materialen, opbouw en vormgeving van de brug én is het probleem van de bediening gedetailleerd vastgesteld. De huidige Sint Maartenbrug is een handbediende ophaalbrug in het centrum van Goes. De brug heeft een stalen hameipoort en een stalen ballastkist. Het gewicht in de ballastkist is gedeeltelijk aan te passen als de brug openstaat. Het brugdek is uitgevoerd als een zeer zware houten constructie. De opbouw van het dek heeft tot gevolg dat er veel vocht wordt opgenomen tijdens regen en dat het gewicht van het dek zeer sterk toeneemt. Deze gewichtstoename kan zo hoog oplopen dat het te zwaar wordt op handmatig te openen. Hierdoor ontstaan risico's in het bedienen van de brug en komen veilige arbeidsomstandigheden in het geding.

De oplossing van dit probleem is het creëren van een zogenoemde gewenste situatie. Deze is bepaald aan de hand van een uitgebreid programma van eisen, bestaande uit voorwaarden van belanghebbenden en normen uit wet- en regelgeving. De gewenste situatie beschrijft dat het brugdek, tijdens alle weersomstandigheden, met hetzelfde gemak bedient moet kunnen worden. Hierbij is de voorwaarde gesteld dat de kosten zo laag mogelijk blijven en dat het nostalgische karakter van de brug zoveel mogelijk behouden blijft.

Om de huidige situatie te veranderen in de gewenste situatie zal de constructie van de brug aangepast moeten worden. Vandaar de projecttitel 'Aanpassingen Sint Maartenbrug'. Er bestaan vele mogelijke manieren van aanpassen, uit deze verschillende varianten is een best passende gekozen. Hierbij is eerst onderscheid gemaakt in drie categorieën:

- 1) Het veranderen van de daadwerkelijke dekconstructie. Hierbij wordt het probleem aangepakt waardoor het brugdek niet of minder in gewicht kan toenemen.
- 2) Het toepassen van een hulpconstructie. Hierbij wordt het gevolg aangepakt omdat de gewichtswisseling blijft, maar de hulpconstructie ervoor zorgt dat het bedienen eenvoudiger wordt.
- 3) Het automatiseren van de bediening. Ook hier wordt het gevolg aangepakt. Een geautomatiseerd systeem zal de bediening overnemen zodat er geen sprake meer is van zwaarder wordende bediening voor de brugwachter.



De best passende oplossing is gekozen op basis van een multicriteria analyse, waarbij voorkeuren van belanghebbende in beschouwing zijn genomen. Er is gebleken dat het toepassen van een geheel nieuw ontworpen brugdek de meest gunstige variant is. Hierbij wordt het probleem bij de oorzaak aangepakt waardoor er een goed en langdurig resultaat ontstaat. Daarnaast kan er bij een nieuw ontwerp zorg gedragen worden voor het behouden van het nostalgische karakter, in zowel uitstraling als bediening.

Ten behoeve van de uitwerking van de gekozen variant is een ontwerp gemaakt voor het nieuwe brugdek. Het nieuwe brugdek zal bestaan uit een slanke stalen draagconstructie met kunststof dekplanken. De draagconstructie kent drie langsliggers een achterhar en een dwarsregel ter verbinding van de trekstangen. Door de zijkanten van de stalen constructie te bekleden met een Azobé houtbeschoot blijft het zij aanzicht onveranderd en wordt voldaan aan het behoud van nostalgische uitstraling. De kunststoffen dekplanken zijn staal versterkt en voorzien van een slijtlaag. Er is gekozen voor bruin, gerecycled kunststof omdat de uitstraling hiervan lijkt op dat van hout en omdat het materiaal goed toepasbaar en onderhoudsvrij is. Het nieuwe brugdek zal aan de achterzijde middels een scharnier bevestigd worden op de hameipoort en aan de voorzijde worden opgelegd en bevestigd aan de trekstangen. Deze detailleringen zijn ook meegenomen bij het totale ontwerp. Het ontwerpen, fabriceren en monteren van dit nieuw ontworpen brugdek zal voor een bedrag van €25.343,22 excl. BTW kunnen worden gerealiseerd.

Als antwoord op de hoofdvraag wordt geconcludeerd dat het toepassen van het nieuw ontworpen brugdek de meest passende wijze is om de constructie van de Sint Maartenbrug aan te passen, zodat de bediening ervan vergemakkelijkt wordt en voldoet aan de wettelijk gestelde regels.



Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport van het onderzoek naar de meest gunstige aanpassing van de beweegbare Sint Maartenbrug, om de bediening ervan te vergemakkelijken. Dit onderzoek is uitgevoerd als afstudeeropdracht voor de opleiding Civiele Techniek aan de Hogeschool Zeeland. Hierbij is de Gemeente Goes de opdrachtgever.

Binnen het Ingenieursbureau Gemeente Goes, ben ik begeleid door Ing. Bart Suijkerbuijk. Hij heeft mij als steunpunt en wegwijzer geholpen in het uitwerken van de opdracht. Mijn afstudeerdocent is meneer H.A. Bakker. Hij heeft mij begeleid bij het uitvoeren van het onderzoek, binnen de, door de opleiding gestelde, richtlijnen. Samen met meneer J. de Keijzer, is hij verantwoordelijk voor de beoordeling van mijn onderzoek. Zij zijn mijn examinatoren. Deze drie heren wil ik bedanken voor hun rol binnen mijn afstudeeronderzoek.

Ook gaat mijn dank uit naar medewerkers van de bedrijven en instellingen die ik heb benaderd, voor het leveren van interessante informatie en ideeën, welke mij in positieve richting hebben geholpen met het uitvoeren van mijn onderzoek.

Met deze rapportage hoop ik de Gemeente Goes ervan te overtuigen dat de gekozen en uitgewerkte variant de best passende oplossing is voor het bedieningsprobleem van de Sint Maartenbrug. Ook hoop ik met deze rapportage te bewijzen dat ik over voldoende competenties beschik om een HBO diploma Civiele Techniek te mogen ontvangen.

Bergen op Zoom, 27 mei 2016
Jaimy-Ellen Hendrickx



Inhoudsopgave

1. INLEIDING.....	1
➤ 1.1 AFSTUDEERPLAATS.....	1
➤ 1.2 AANLEIDING	1
➤ 1.3 PROBLEEMSTELLING	1
➤ 1.4 DOELSTELLING	2
➤ 1.5 CENTRALE VRAAG EN DEELVRAGEN.....	2
➤ 1.6 LEESWIJZER	3
2. THEORETISCH KADER.....	4
➤ 2.1 BRONNEN	4
➤ 2.2 RELEVANTE KENNIS	5
➤ 2.3 CONCLUSIES	5
3. ONDERZOEKSMETHODE	6
➤ 3.1 ONDERZOEKSSTRATEGIE.....	6
➤ 3.2 ONDERZOEKSINSTRUMENTEN.....	7
➤ 3.3 ONDERZOEKSACTIVITEITEN	8
➤ 3.4 ONDERZOEKSPRODUCTEN	9
4. RESULTATEN.....	10
➤ 4.1 HUIDIGE SITUATIE.....	11
➤ 4.2 GEWENSTE SITUATIE	14
➤ 4.3 VARIANTEN	17
5. DISCUSSIE.....	19
➤ 5.1 AFWEGING	20
➤ 5.2 UITWERKING	24
➤ 5.3 KOSTEN	24
6. CONCLUSIES & AANBEVELINGEN	29
BIJLAGE I. RELEVANTE KENNIS VOORAF	
BIJLAGE II. ONDERZOEKSACTIVITEITEN	
BIJLAGE III. FOTO'S EN TEKENINGEN	
BIJLAGE IV. CONTROLE BEREKENING	
BIJLAGE V. PROGRAMMA VAN EISEN	
BIJLAGE VI. VARIANTEN OMSCHRIJVINGEN	
BIJLAGE VII. MOTIEVEN	
BIJLAGE VIII. MULTICRITERIA-ANALYSE	
BIJLAGE IX. BEREKENINGEN EN TEKENINGEN BRUGDEK	
BIJLAGE X. KOSTENRAMING	



1. Inleiding

Dit adviesrapport is een beschrijving van de uitvoering van het onderzoek: Het ontwerpen van aanpassingen aan de constructie van de beweegbare Sint Maartenbrug, te Goes. In het eerste hoofdstuk, inleiding, wordt eerst een toelichting gegeven op de afstudeerplaats en de aanleiding, probleemstelling en doelstelling van het onderzoek. Vervolgens worden de centrale vraag en de deelvragen opgesteld en tot slot is een leeswijzer voor deze rapportage opgenomen.

➤ 1.1 Afstudeerplaats

Dit onderzoek zal worden uitgevoerd als afstudeeropdracht door Jaimy-Ellen Hendrickx, studente Civiele Techniek aan de Hogeschool Zeeland. De uitvoering geschiedt in opdracht van het Ingenieursbureau van Gemeente Goes en onder begeleiding van Ingenieur Bart Suijkerbuijk, Projectleider. De studente zal de opdracht uitvoeren vanuit een werkplek op het stadskantoor, te Goes. Het onderzoek wordt gedaan naar richtlijnen van zowel de HZ als van de opdrachtgever, zodat een resultaat ontstaat waarmee de opdracht wordt voltooid en de studente kan afstuderen.

➤ 1.2 Aanleiding

In het centrum van Goes bevindt zich in de Stadshaven, een kleine jachthaven. Vlak voor de jachthaven is een oversteek gerealiseerd: de Sint Maartenbrug. In de jaren dertig is de beweegbare brug vervangen door een vaste stenen brug en was er sprake van het bouwen van een parkeergarage op de locatie van de Stadshaven. Echter heeft de gemeente, wie eigenaar is van de brug, begin jaren zeventig besloten de haven als jachthaven in te richten. In 1974 is de brug wederom vervangen, voor de huidige handmatig te bedienen ophaalbrug. De brug is met zijn nostalgische uiterlijk een belangrijk element van de Stadshaven.

➤ 1.3 Probleemstelling

De huidige Sint Maartenbrug wordt in de zomer periode gemiddeld acht keer per dag geopend en in de winter op aanvraag tweemaal per dag. Om de brug te openen moet een brugwachter een slagboom handmatig dicht doen, om vervolgens ,door middel van het trekken aan een ketting, de brug op te halen. De brugdekconstructie is gemaakt van houten liggers en een houten dek. Hout heeft de eigenschap water op te nemen, waardoor het zwaarder wordt. Hierdoor neemt het gewicht van het brugdek toe in vochtige perioden en verloopt het ophalen moeizamer. Soms wordt de brug te zwaar om handmatig op te halen. Dit zorg ervoor dat het langer duurt om de brug open te krijgen, waardoor zowel het vaarverkeer als het fiets- en voetgangersverkeer langer moet wachten. Daarnaast komen veilige arbeidsomstandigheden in het geding, omdat de brugwachter zoveel fysieke kracht moet leveren om de brug te bedienen, dat hij het risico op blessures loopt.



➤ **1.4 Doelstelling**

Een oplossing voor de problemen die ontstaan met de huidige bediening van de brug, wordt door de gemeente gezocht in het aanpassen van de bestaande brug. Hiervoor zal een onderzoek uitgevoerd moeten worden naar mogelijke wijze van aanpassen van de brug, zodat deze op een veilige manier bediend kan worden en voldoet aan de tegenwoordig geldende eisen. Hierbij is het van belang dat het uiterlijk van de brug zo min mogelijk veranderd, de kosten niet te hoog zijn en het ophalen van de brug op een gemakkelijke wijze te bewerkstelligen is. Door deze zaken in acht te nemen zal een keuze moeten worden gemaakt uit verschillende mogelijke aanpassingen. De gekozen aanpassingen zullen moeten worden uitgewerkt aan de hand van berekeningen en tekeningen. In een adviesrapportage dient te worden vastgelegd welke onderbouwde keuzes zijn gemaakt en waarom deze aanpassingen gunstige, aan de eisen voldane, oplossingen zijn voor de ophaalproblemen.

➤ **1.5 Centrale vraag en deelvragen**

Voor het project dienen verschillende mogelijke aanpassingen van de Sint Maartenbrug te worden uitgezocht en afgewogen en zullen gunstige aanpassingen moeten worden uitgewerkt. Dit is ten behoeve van het veiliger maken van het bedienen van de ophaalbrug. De uiteindelijke oplossing dient ter advisering bij de opdrachtgever te worden ingediend. Concreter gezegd, zal onderzocht moeten worden, hoe de constructie van de Sint Maartenbrug aangepast moet worden om een goede manier van bedienen te kunnen realiseren. Hieruit kan een centrale vraag worden geformuleerd:

Op welke wijze kan de constructie van de Sint Maartenbrug worden aangepast, om de bediening ervan te vergemakkelijken en te laten voldoen aan de wettelijk gestelde regels?

Om antwoord te kunnen geven op de centrale vraag, zal een onderzoek moeten worden uitgevoerd. Dit wordt in stappen aangepakt, waarbij bij elke stap een vraag centraal staat.

1. *Wat is de huidige situatie?*
2. *Aan welke eisen moet de aangepaste ophaalbrug voldoen?*
3. *Wat zijn mogelijke varianten in het aanpassen van de brug?*
4. *Wat is de meest gunstige bediening variant, uit de hiervoor beschreven varianten?*
5. *Welke materialen, afmetingen en toepassingen zijn volgens logica en berekeningen benodigd voor de realisatie van de aanpassingen?*
6. *Wat wordt de vormgeving van de aanpassingen op de brug?*
7. *Welke onderbouwde adviezen kunnen de oplossing voor het praktijkprobleem bieden?*



➤ 1.6 Leeswijzer

In het eerst volgende hoofdstuk is het theoretische kader van dit onderzoek opgenomen. Aan de hand van verschillende bronnen is voorafgaand aan het onderzoek relevante informatie met betrekking tot het onderzoek verzameld. Deze informatie staat voor de kennis die in Nederland al bekend is over het te onderzoeken onderwerp.

Hoofdstuk drie geeft de onderzoeksmethode van de opdracht. Hierin worden te hanteren strategieën en te gebruiken instrumenten benoemd en wordt toegelicht welke activiteiten er uitgevoerd zullen gaan worden om tot een antwoord op de hoofdvraag te komen. Tot slot wordt hier benoemd welke producten het onderzoek zal gaan opleveren.

Het vierde hoofdstuk betreft de resultaten van het eerste deel van het onderzoek. In dit deel wordt eerst de huidige situatie omschreven aan de hand van een toelichting op de opbouw en bediening van de brug en een controleberekening van spanning en doorbuiging. Vervolgens wordt de gewenste situatie omschreven. Om deze omschrijving te realiseren wordt een programma van eisen opgesteld waar zowel de uitvoering als de inhoud van het project aan moet voldoen. Het laatste onderdeel van dit hoofdstuk is het opstellen van varianten. Dit gebeurt aan de hand van het, vanuit verschillende invalshoeken, benaderen van verschillende aanpassingstypen. Per type worden de mogelijke varianten omschreven.

Hoofdstuk vijf, Discussie, gaat over het kiezen en uitwerken van een aanpassingsvariant. Hierbij wordt eerst, middels een multicriteria-analyse, een afweging gemaakt tussen de opgestelde varianten en wordt een meest geschikte variant gekozen. Vervolgens wordt deze variant gedetailleerd uitgewerkt met behulp van onderbouwde ontwerpkeuzen, berekeningen en tekeningen. Tot slot wordt in dit deel een kostenraming opgesteld.

Het laatste hoofdstuk betreft de conclusie van het onderzoek en de aanbevelingen die eruit volgen. De conclusie zal antwoorden geven op de hiervoor opgestelde deelvragen en hoofdvraag. De aanbevelingen vormen een concreet advies voor de mogelijke aanpassing van de Sint Maartenbrug.

Achterin dit rapport is een referentielijst opgenomen.

Binnen de hoofdstukken in deze rapportage wordt verwezen naar relevante bijlagen ter detaillering van de toelichting op het onderzoek. Bij deze rapportage behoren de volgende bijlagen:

- Bijlage I. Relevante kennis vooraf
- Bijlage II. Onderzoeksactiviteiten
- Bijlage III. Foto's en Tekeningen
- Bijlage IV. Controle berekening
- Bijlage V. Programma van eisen
- Bijlage VI. Varianten omschrijvingen
- Bijlage VII. Motieven
- Bijlage VIII. Multicriteria-analyse
- Bijlage IX. Berekeningen en tekeningen brugdek
- Bijlage X. Kostenraming



2. Theoretisch Kader

Het Theoretisch Kader vormt een vooraf literatuur onderzoek van dit project. Binnen dit onderzoek worden verschillende bronnen benaderd, waaruit informatie wordt gehaald over wat er in Nederland zoal bekend is en toegepast wordt. Door conclusies te trekken uit deze informatie kan worden bepaald welke uitgangspunten gehanteerd moeten worden binnen het onderzoek.

Hieronder wordt eerst toegelicht welke bronnen zijn benaderd voor dit theoretisch kader. Vervolgens is relevante informatie uit deze bronnen samengevat en tot slot zijn de te trekken conclusies opgesomd.

➤ 2.1 Bronnen

Er is getracht bronnen zo gericht mogelijk en vanuit verschillende invalshoeken te benaderen. Zo is de eerste bron met name gericht op welke mogelijkheden van brugaandrijving in Nederland zoal worden toegepast en wat hiervan voorbeelden zijn. De tweede bron is meer gericht op de aanpak en uitvoering van het complete onderzoek. De derde bron geeft uitleg over verschillende toe te passen mechanismen en opbouw van dergelijke bruggen. De vierde en vijfde bron zijn gericht op berekeningen aan dergelijke constructies.

De eerste bron met relevante informatie voor dit onderzoek is een bespreking met Ing. B. Suijkerbuijk van het ingenieursbureau Gemeente Goes, Ing. M.A. Kuzee en A. Schot van Constructiebedrijf Hillebrand. Beide partijen hebben ervaring in brugprojecten en daarmee kennis over verschillende vormen van bediening/aandrijving ervan. De bespreking had de vorm van een interview waarbij relevante vragen gesteld werden met betrekking tot dit huidige onderzoek.

⇒ *Gemeente-Goes. (2016, februari 05). Ervaring met brugaandrijving. (J.E. Hendrickx, Interviewer)*

⇒ *Hillebrand. (2016, februari 05). Ervaring met brugaandrijving. (J.E. Hendrickx, Interviewer)*

Met de kennis van deze voorgaande bespreking opzak is een bespreking gehouden met I. Flipse en F. Vermerris van Ingenieursbureau Westenberg. Aan de hand van opgedane kennis en ervaring in het passende vakgebied, kunnen zij relevante informatie verschaffen voor de aanpak en inhoud van het onderzoek. De bespreking had de vorm van een interview waarbij relevante vragen gesteld werden met betrekking op dit huidige onderzoek.

⇒ *Westenberg. (2016, februari 25). Ervaring met probleemaanpak. (J.E. Hendrickx, Interviewer)*

De derde bron is het boek 'Bruggen' over verschillende typen bruggen in de grond- weg- en waterbouw, opgesteld door ing. F.P.J. van Geest. Met name informatie over verschillende typen aandrijvingsmechanismen, de opbouw van ophaalbruggen en basis ontwerpberekeningen kunnen erg relevant zijn binnen dit onderzoek.

⇒ *Geest, F. v. (2010). Bruggen. Houten: Noordhoff Uitgevers*

De vierde en vijfde bron zijn de boeken 'Dictaat Houtconstructies' door E.D. Munck, G.J.P. Ravenhorst & A.J.M. Jorissen en 'Structural Timber Design' door J. Porteous & A. Kermani. Deze literatuur gaat gedetailleerder in op het construeren met hout en het uitvoeren van berekeningen voor verschillende typen houtconstructies.

⇒ *Munck, E. d., Ravenhorst, G., & Jorissen, A. (2011). Dictaat Houtconstructies. Almere: Centrum Hout.*

⇒ *Porteous, J., & Kermani, A. (2007). Structural Timber Design to Eurocode 5. Oxford, UK: Blackwell Publishing.*



➤ 2.2 Relevante kennis

De bom aan informatie uit dit voorafgaand onderzoek is gestructureerd geordend en samengevat per bron. De samenvattingen geven een helder beeld van welke informatie uit de bronnen relevant is voor de uitwerking van het complete onderzoek. Vanzelf sprekend zullen tijdens het onderzoek vele andere bronnen benaderd worden om gerichte informatie in te winnen. De samenvattingen van de relevante kennis vooraf zijn opgenomen in bijlage I. van deze rapportage. Het betreft de volgende bronnen:

1. Bespreking met Gemeente Goes en Hillebrand
2. Bespreking met Ingenieursbureau Westenberg
3. Literatuur: 'Bruggen' door F.P.J. van Geest
4. Literatuur: 'Dictaat Houtconstructies' door E.D. de Munck, G.J.P. Ravenhorst & A.J.M. Jorissen
5. Literatuur: 'Structural Timber Design' door J. Porteous & A. Kermani

➤ 2.3 Conclusies

Hieronder zijn puntsgewijs de getrokken conclusies vermeld. Deze conclusies vormen uitgangspunten en referentievlakken binnen het totaal uit te voeren onderzoek.

- ⇒ Varianten in aanpassingen zullen worden opgesteld binnen de drie bedieningstypen: volledig handbediend, handbediend met hulp en geautomatiseerd. Hierbij zal rekening gehouden worden met het moeten voldoen aan de machinerichtlijn in geval van automatisering.
- ⇒ Er zijn twee richtingen op het gebied van probleem aanpak: oorzaak gericht, waarbij de gewichtsverandering zal worden verminderd of gevolg gericht, waarbij de variatie in kracht overbrugt moet worden.
- ⇒ Ten behoeve van het efficiënt omgaan met beheer en onderhoud, bestaat de mogelijkheid het onderzoek uit te breiden en een controle van onderhoudsstaat toe te voegen. Vervolgens kan besloten worden onderhoud behoevende onderdelen al dan niet mee te nemen in het onderzoek.
- ⇒ Richtlijnen omtrent uitstraling en veiligheid rondom de brug zullen beschouwd moeten worden met oog op het afwegen van varianten.
- ⇒ In het boek 'Bruggen' (Geest, 2010) is informatie te vinden betreft basis opbouw en berekening van een dergelijke houten brug. Ook wordt aandacht besteed aan verschillende typen aandrijvingsmechanismen.
- ⇒ In het boek 'Dictaat Houtconstructies' (Munck, Ravenhorst, & Jorissen, 2011) en het boek 'Structural Timber Design' (Porteous, Kermani, 2007) worden berekeningen, eisen, rekenregels en toetsen op verschillende houten constructieonderdelen gedetailleerd toegelicht.
- ⇒ Voor gedetailleerdere informatie en verwijzing naar referentie projecten kan wederom contact opgenomen worden met constructiebedrijf Hillebrand en ingenieursbureau Westenberg.



3. Onderzoeksmethode

De onderzoeksmethode van dit project is een omschrijving van de verwachte aanpak van de uitvoering van het totale onderzoek. Er is een passende methode gekozen om gegevens te verzamelen waarmee een antwoord gegeven kan worden op de centrale- en deelvragen.

De methode van dit project is gericht op kwalitatief en kwantitatief onderzoek. Dit komt doordat er door het gebruiken van feiten en cijfers, om afwegingen te maken en voorstellen te doen, sprake is van het beantwoorden van een 'hoe-vraag'.

In dit hoofdstuk wordt eerst kort toegelicht welke onderzoeksstrategieën aan de orde zullen zijn bij het uitvoeren van het onderzoek. Vervolgens wordt ingegaan op verschillende onderzoeksinstrumenten, waarvan gebruik gemaakt zal worden gedurende het onderzoek. Tot slot worden de daadwerkelijke onderzoeksactiviteiten omschreven. Hierin zal helder worden op welke wijze het onderzoek uitgevoerd zal worden en hoe het tot juiste resultaten zal leiden.

➤ 3.1 Onderzoeksstrategie

Binnen het uitvoeren van de onderzoek stappen worden een aantal onderzoeksstrategieën gehanteerd, welke zorgdragen voor een juiste benadering en verwerking van onderzoeksactiviteiten. Hieronder wordt een summiere toelichting gegeven over de in dit onderzoek voorkomende onderzoeksstrategieën. Te toepassingen ervan komen terug in de omschrijving van de onderzoeksactiviteiten op de volgende pagina.

⇒ Analytisch onderzoek

Analyseren is het combineren van resultaten en interpretatie om tot verklaringen van samenhangen te komen. Dit levert inzicht op in verschillende zowel concrete als abstracte onderdelen van de onderzoeksactiviteit.

⇒ Exploratief onderzoek

Bij exploratief onderzoek worden externe activiteiten uitgevoerd, waarbij vanuit verschillende invalshoeken en benaderingen gegevens kunnen worden verzameld. Bij dit type onderzoek wordt vooraf een hypothese opgesteld welke kan worden getoetst aan de hand van de verzamelde gegevens.

⇒ Literatuur onderzoek

Hierbij worden verschillende typen bronnen gezocht, benaderd en doorgenomen. Hierbij wordt gericht onderzoek gedaan naar informatie welke relevant is voor de onderzoeksactiviteit. Uit relevante informatie kunnen conclusies worden getrokken welke bijdragen aan het formuleren van een antwoord op de hoofd/deel vraag.

⇒ Simulatie onderzoek

Een simulatie is een nabootsing van de praktijk situatie. In het geval van een ontwerp onderzoek is dit het detailleren en daarmee visualiseren van het tekstueel opgestelde ontwerp. Bij dit onderzoek worden technische tekeningen geproduceerd.

⇒ Toetsend onderzoek

Bij toetsend onderzoek worden calculatie activiteiten uitgevoerd, waarbij parameters aan de hand van berekeningen vertaald worden tot aan eisen voldane resultaten. Bij dit type onderzoek wordt vooraf een hypothese opgesteld welke kan worden getoetst aan de hand van de verzamelde gegevens.

⇒ Beschrijvend onderzoek

Beschrijvend onderzoek, ook wel verklarend onderzoek genoemd, is het formuleren van een goedlopende, informatieve tekst, door het op juiste wijze interpreteren van gegevens en informatie.



➤ **3.2 Onderzoeksinstrumenten**

Onderzoeksinstrumenten is een vrij breed begrip en beslaat alle middelen welke gebruikt worden tijdens het uitvoeren van het onderzoek. Hieronder wordt een opsomming en korte toelichting gegeven van een aantal belangrijke instrumenten, welke tijdens dit onderzoek worden gebruikt bij de hiervoor beschreven strategieën. De instrumenten zijn verdeeld onder middelen voor het verzamelen van informatie en middelen voor het verwerken van informatie.

3.2.1 Verzamelen informatie

⇒ Interview/Enquête

Er worden gerichte vragen opgesteld welke tijdens een bespreking of per e-mail worden gesteld aan een of meerdere personen. De antwoorden op deze vragen dienen relevante informatie te bevatten voor de uitvoering van het onderzoek.

⇒ Websites

Aan de hand van internet kunnen vele websites worden benaderd, voor het inwinnen van informatie. Binnen dit onderzoek zullen met name websites van beroepsgerichte bedrijven, vak-fora en databases worden gebruikt. Relevante informatie wordt samengevat en verwerkt in sub-resultaten van het onderzoek.

⇒ Kenniscentra

Met kenniscentra worden binnen dit onderzoek instellingen bedoeld waarin gerichte literatuur te vinden is met betrekking tot het te onderzoeken onderwerp. Voorbeelden hiervan zijn: bibliotheek, gemeentelijk archief, documentatie binnen school, documentatie van bedrijven.

⇒ Benodigdheden

Voor het te allen tijde optimaal kunnen verzamelen van informatie bestaan een aantal standaard benodigdheden: Schrijfgerei om overal aantekeningen van te maken, fotocamera om interessant beeldmateriaal vast te leggen, auto of ov om op verschillende locaties te komen.

3.2.2 Verwerken informatie

⇒ Computer

Het verwerken van informatie wordt digitaal uitgevoerd. Maar ook het uitvoeren van berekeningen en maken van tekeningen wordt gedaan op een computer. Hiervoor wordt diverse software gebruikt.

(Internet, Word, Excel, PowerPoint, MSProject, Paint, AutoCad, MicroStation, TechnoSoft)

⇒ Werkplaats

De werkplaats beschikt over printers, plotters en andere benodigde 'bureaumaterialen'. Deze instrumenten worden gebruikt om tussen- en eindproducten op nette wijze op te kunnen leveren.



➤ 3.3 Onderzoeksactiviteiten

De aanpak van het onderzoek zal geschieden in een vijftal stappen, welke antwoord geven op de opgestelde deelvragen. Het doorlopen van deze stappen zal ervoor zorgen dat er een binnen het theoretisch kader passend, compleet, antwoord zal ontstaan op de gestelde centrale vraag.

In de naast staande afbeelding zijn de stappen met de onderlinge connecties schematisch weergegeven. Hieronder worden de stappen summier toegelicht. In bijlage II. worden de inhoudelijke activiteiten van elke stap nauwkeurig omschreven en wordt benoemd op welke deelvragen de stap een antwoord zou moeten verschaffen.

Stap 1: Huidige Situatie

De eerste stap is het opstellen van de huidige situatie. Hierbij worden benodigde gegevens vastgesteld en achtergronden van het project omschreven.

Stap 2: Gewenste Situatie

Vervolgens wordt de gewenste situatie bepaald. Dit gebeurt aan de hand van het opstellen van een programma van eisen. Zo wordt bepaald wat het gewenste resultaat van het onderzoek zal zijn.

Stap 3: Analyse proces

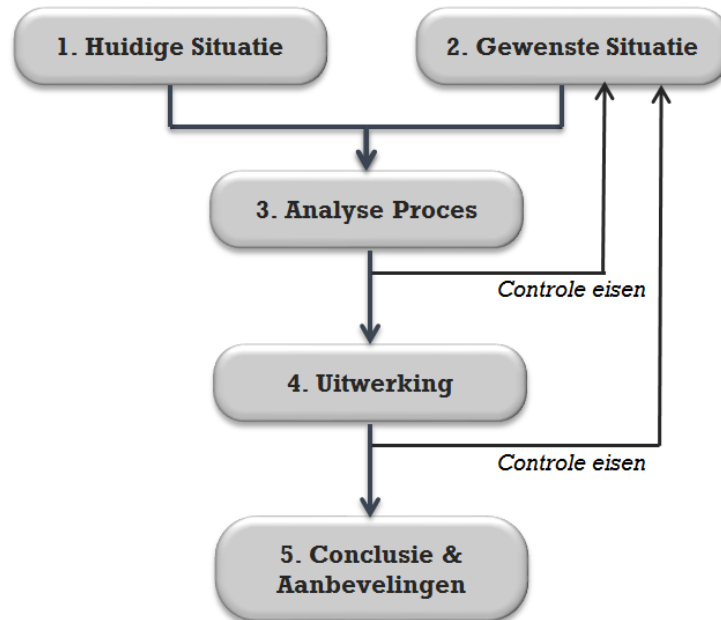
Na het bepalen van de huidige en gewenste situatie, zullen varianten worden opgesteld en geanalyseerd. Hierbij zal onderzocht worden welke varianten zoal mogelijk zijn om een oplossing te bieden binnen het programma van eisen. Daarna zal een multicriteria-analyse worden uitgevoerd om te bepalen welke variant het best voldoet aan de gewenste situatie.

Stap 4: Uitwerking

De vierde stap in het onderzoek is het gedetailleerd uitwerken van de gekozen variant. Hierbij zullen ontwerpkeuzen gemaakt worden en toepassingsmogelijkheden worden afgewogen. Ook zullen er constructieberekeningen worden uitgevoerd en technische tekeningen worden opgesteld.

Stap 5: Conclusie & Aanbevelingen

Tot slot worden in de stap conclusie en aanbevelingen antwoorden geformuleerd op de hoofd- en deelvragen en wordt een volledig advies opgesteld.



Figuur 3.1 Schematisatie 5-stappenplan

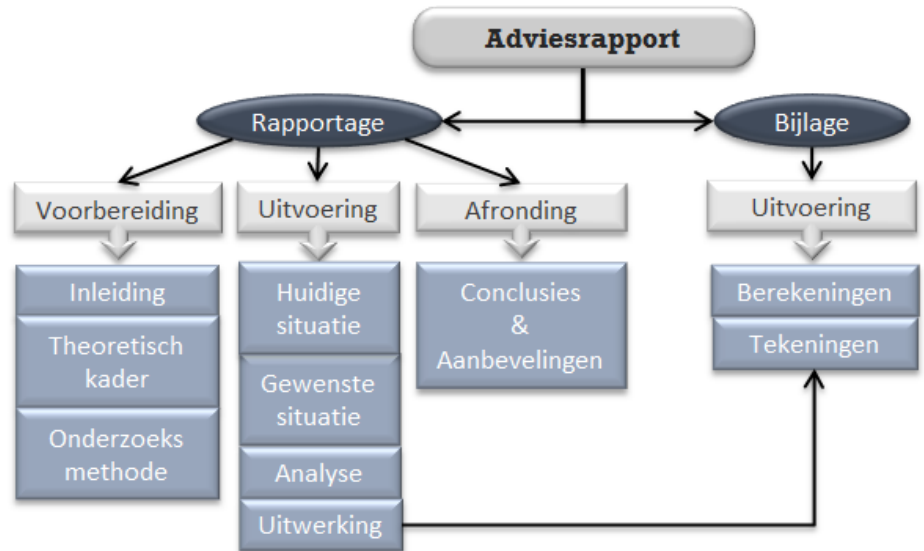


➤ 3.4 Onderzoeksproducten

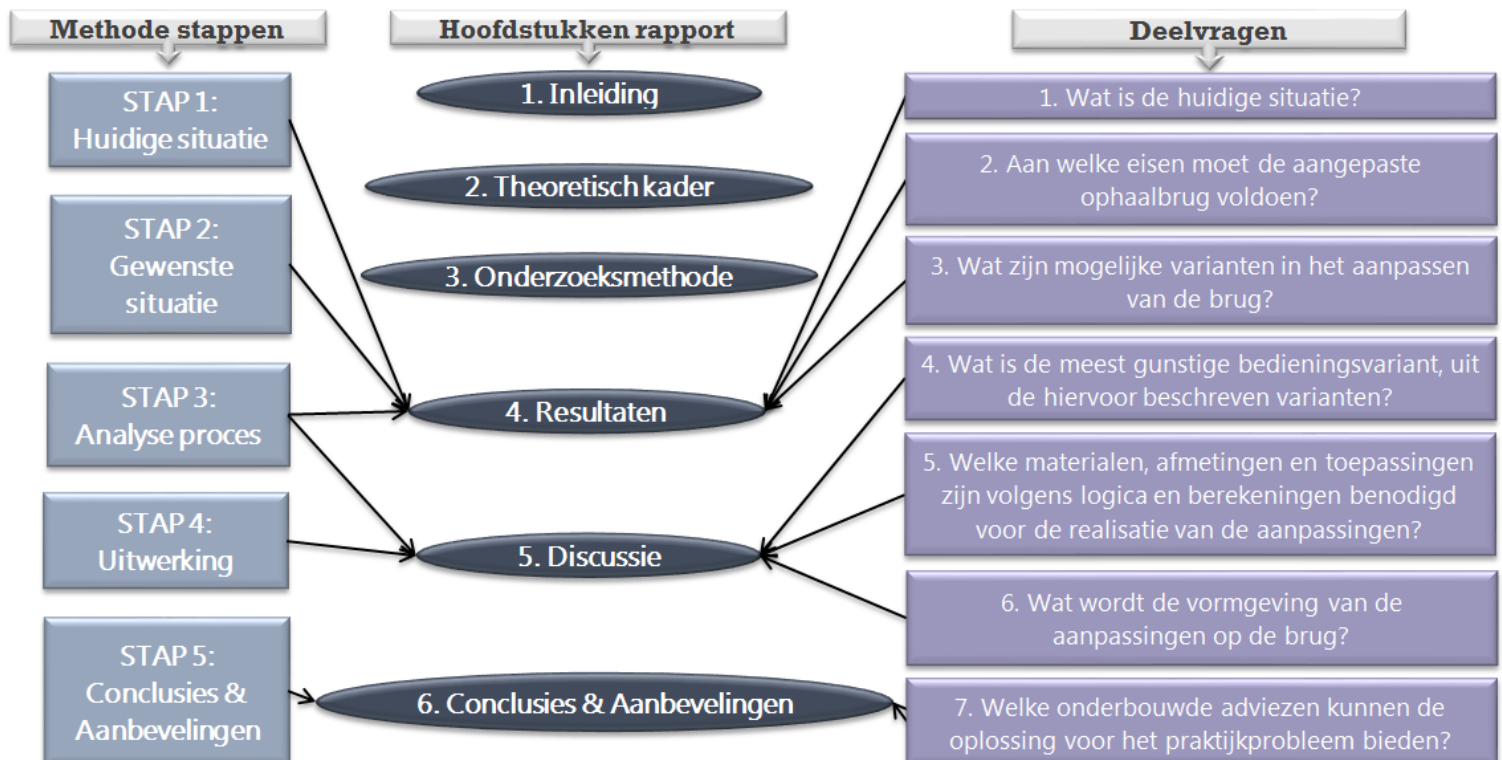
Het uiteindelijk op te leveren product is één rapportage. Dit rapport is voorzien van alle onderdelen van het uitgevoerde onderzoek, welke benodigd zijn voor een complete afstudeeropdracht. Het rapport zal de volgende hoofdstukindeling kennen:

1. Inleiding
2. Theoretisch kader
3. Onderzoeksmethode
4. Resultaten
5. Discussie
6. Conclusies & Aanbevelingen.

In de afbeelding hiernaast is schematisch weergegeven op welke wijze de aanpak van het onderzoek inpassend is in de op te leveren rapportage. Het onderstaande schema geeft de connecties weer tussen de hoofdstukken van het rapport, de deelvragen en de hiervoor beschreven stappen binnen het onderzoek.



Figuur 3.2 Schematisatie aanpak



Figuur 3.3 Schematisatie rapport indeling



4. Resultaten

De resultaten vormen de eerste helft van het antwoord op de hoofdvraag. Hierin wordt namelijk het onderzoek uitgevoerd tot aan het bepalen van welke varianten mogelijke oplossingen vormen voor het huidige probleem. Om tot dit antwoord te komen zijn twee en een halve stap uitgevoerd en drie deelvragen beantwoordt. In dit hoofdstuk worden deze stappen uitgebreid toegelicht en onderbouwd.

In hoofdstuk 4.1 Huidige Situatie wordt de eerste stap uitgevoerd: het opstellen van de huidige situatie. Hierbij wordt eerst ingegaan op de opbouw van de brug. In het hoofdstuk wordt deze kort omschreven en voor beter inzicht wordt verwezen naar bijlage III. waarin een fotoreportage en een reeks detailtekeningen van de brug zijn toegevoegd. Vervolgens wordt de wijze van bedienen van de brug nauwkeurig toegelicht. Ook blijkt uit deze beschrijving wat het huidige probleem met de bediening is. Tot slot wordt een controle berekening uitgevoerd, welke is opgenomen in bijlage IV. Hieruit zal blijken of de brugdekconstructie nog voldoet aan de tegenwoordig geldende normen. Dit hoofdstuk beantwoordt de deelvraag: Wat is de huidige situatie?

In hoofdstuk 4.2 Gewenste Situatie wordt de tweede stap uitgevoerd: het opstellen van de gewenste situatie. Het belangrijkste onderdeel van deze stap is het opstellen van een programma van eisen, waaraan zowel de uitvoering als de inhoud van het project dient te voldoen. Dit programma wordt in dit hoofdstuk kort toegelicht en is volledig opgenomen in bijlage V. In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op de besluitvorming binnen de Gemeente Goes, betreffende deze rapportage. Tot slot worden in dit hoofdstuk conclusies getrokken uit het voorgaande om zo de gewenste situatie te kunnen formuleren. Dit hoofdstuk beantwoordt de deelvraag: Aan welke eisen moet de aangepaste ophaalbrug voldoen?

In hoofdstuk 4.3 wordt de eerste helft van de derde stap uitgevoerd: het analyse proces. In dit hoofdstuk wordt aan de hand van drie, steeds diepgaandere stappen een overzichtelijke lijst opgesteld met varianten die een mogelijke oplossing kunnen bieden voor het huidige probleem met de bediening van de brug. In bijlage VI. worden deze varianten kort toegelicht. Dit hoofdstuk beantwoordt de deelvraag: Wat zijn mogelijke varianten in het aanpassen van de brug?

4. RESULTATEN.....	10
➤ 4.1 HUIDIGE SITUATIE.....	11
4.1.1 OPBOUW VAN DE BRUG	11
4.1.2 BEDIENING VAN DE BRUG	12
4.1.3 CONTROLE BEREKENING	13
➤ 4.2 GEWENSTE SITUATIE.....	14
4.2.1 PROGRAMMA VAN EISEN	14
4.2.2 BESLUITVORMING.....	15
4.2.3 CONCLUSIES	16
➤ 4.3 VARIANTEN	17
4.3.1 INVALSHOEK.....	17
4.3.2 AANPASSINGSTYPE	17
4.3.3 AANPASSINGSVARIANT	17
4.3.4 VARIANTEN-BOOM	18



➤ 4.1 Huidige Situatie

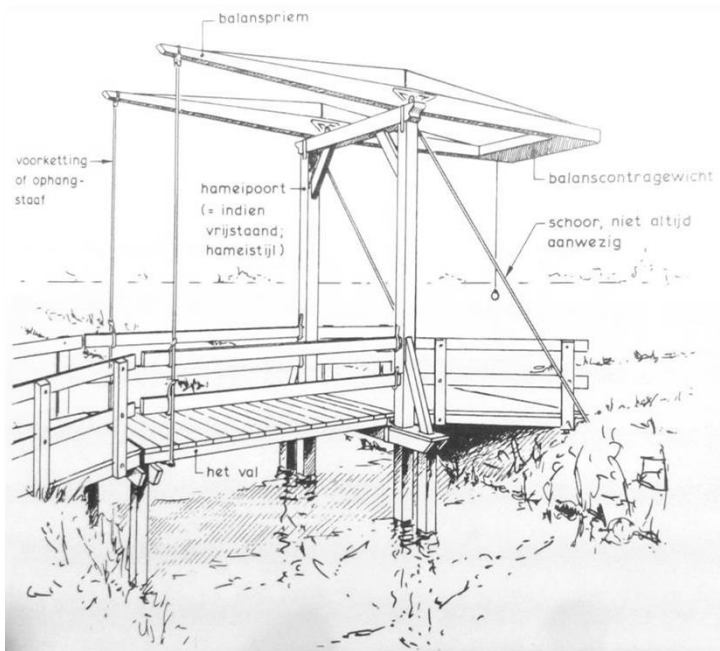
In dit hoofdstuk wordt de huidige situatie omschreven. Hierbij wordt eerst ingegaan op de opbouw van de brug. Vervolgens wordt de wijze van bediening van de brug nauwkeurig uitgelegd. Tot slot worden resultaten van controle berekeningen, betreft de constructie van het val en de benodigde trekkracht, gegeven en toegelicht.

4.1.1 Opbouw van de brug

De Sint Maartenbrug is een handbediende ophaalbrug, gebouwd in 1974 en bedoeld voor fiets- en voetgangersverkeer. Figuur 4.1 is een foto van de betreffende brug, waarop haar nostalgische uitstraling goed naar voren komt. De Sint Maartenbrug is als 'standaard ophaalbrug' uitgevoerd, en opgebouwd zoals in figuur 4.2 is weergegeven.



Figuur 4.1 Sint Maartenbrug



Figuur 4.2 Standaard opbouw ophaalbrug

Het val bestaat uit zes Azobé houten langsliggers met daarop planken van het zelfde materiaal en overspant een kanaalbreedte van 6,5 meter. De hameipoort is geheel opgetrokken uit staal en heeft een sierlijk karakter. De totale hoogte ervan is 6,2 meter. Op de hameipoort zijn de, uit staal vervaardigde, balanspriemen en ballastkist bevestigd. Evenals de leuningbalken, is het val, middels stalen trekstangen, aan de voorzijde verbonden met de balanspriem en aan de achterzijde met scharnieren aan de hameistijlen.

In bijlage III. van dit rapport is een fotoreportage en een reeks detailtekeningen opgenomen welke de opbouw van de brug nauwkeurig toelichten.

Tot slot gelden voor de ophaalbrug een aantal voorwaarden met betrekking tot het evenwicht:

- ⇒ Het beweegbare gedeelte van de brug dient in alle standen in evenwicht te zijn;
- ⇒ De vier draaipunten van de brug moeten in het zij aanzicht een parallellogram vormen;
- ⇒ De lijn van het zwaartepunt van het val naar het draaipunt onder de hameistijl, moet evenwijdig lopen met de lijn van het zwaartepunt van de balanspriem en het draaipunt boven aan de hameistijl;
- ⇒ De som van de momenten van het val en van de balans moeten nul zijn ten opzichte van de lijn door de draaipunten op de hameistijl.



4.1.2 Bediening van de brug

De Sint Maartenbrug is een handmatig te bedienen ophaalbrug. Dit houdt in dat het val omhoog getrokken wordt, doordat een brugwachter, aan een ketting, de ballastkist omlaag trekt. Het openen van de brug gaat als volgt in zijn werk:

In de eerste plaats zal de brugwachter aan de oostzijde van de brug een slot van de houten slagboom verwijderen, waarna hij deze handmatig laat zakken. Vervolgens worden de twee vergrendelingen van het brugdek losgedraaid met een zwengel. Hierna zal de brugwachter aan de westzijde het slot van de trekketting halen en vervolgens aan de ketting trekken. Door de scharnierende constructie zal de ballastkist dalen en het brugdek omhoog kantelen. Wanneer de brug op zijn hoogste punt is kan de brugwachter een vergrendeling aanbrengen tussen de ballastkist en de hameipoort zodat de brug open blijft staan wanneer hij de ketting loslaat.

Als dit alles gebeurt is, geeft de brugwachter het wachtende schip een signaal dat deze kan doorvaren. Wanneer het kanaal onder de brug weer vrij is, zal de brugwachter de handelingen in omgekeerde volgorde weer herhalen om de brug te sluiten.

De brugconstructie is gebouwd van hout. Hout heeft de eigenschap vocht op te nemen. Dit zorgt ervoor dat het gewicht van de brug toeneemt in perioden van regen. Hierdoor is het lastig om de brug volledig uit te balanceren naar de geldende evenwichtsvoorwaarden. Om met deze gewichtsverandering rekening te houden zijn er twee systemen op de brug aangebracht welke de ballast kunnen aanpassen. De eerste is een stalen bak, onder het brugdek. In deze bak kunnen stalenplaten worden geplaatst of verwijderd, zodat het gewicht van het val aan te passen is. Het tweede is een verstelbaar gewicht in de ballastkist. Door aan een zwengel te draaien kan het gewicht naar voren of naar achteren verplaatst worden. Dit heeft als gevolg dat het zwaartepunt van de kist dichterbij of verder weg van het scharnierpunt op de hameistijl gesteld kan worden. Hoe groter de arm tussen het scharnier en het zwaartepunt hoe minder trekkracht er benodigd zal zijn.

Deze systemen zijn echter niet gemakkelijk aan te passen. De bak onder het val kan alleen bereikt worden vanaf een boot, wanneer de brug dicht is. De zwengel voor de ballastkist is enkel te gebruiken indien de brug geheel openstaat. Daarnaast is het aanzwengelen een behoorlijke klus. Het op deze wijze uitbalanceren van de brug gebeurt daarom zelden.

In bijlage III. van dit rapport zijn foto's en tekeningen opgenomen welke bovenstaand principe verduidelijken.

Ondanks de mogelijkheid om de balans van de ophaalbrug te kunnen afstellen, blijft er ten alle tijden een variatie in het gewicht van het val door vochtopname, tijdens regen. Dit zorgt ervoor dat er een grote variatie is in de benodigde trekkracht voor het openen van de brug.

Het Azobé hout, waaruit het val is opgebouwd, is een zeer langzaam drogend materiaal. De mate waarin het vocht opneemt wordt groter naarmate het hout ouder wordt. Hierdoor is te verwachten dat het huidige probleem betreft de bediening van de brug, in de toekomst groter zal worden.



4.1.3 Controle berekening

Om de statistische gegevens van de huidige situatie compleet te maken, zijn een aantal berekeningen uitgevoerd. Met betrekking tot de opbouw van de brug worden constructie berekeningen uitgevoerd, welke zullen aantonen of de huidige constructie voldoet aan de tegenwoordige normen. Met betrekking tot de bediening van de brug wordt de variatie in trekkracht bepaald, waarmee de evenwichtssituaties kunnen worden nagegaan. Deze berekeningen zijn uitgebreid opgenomen in bijlage IV. van dit rapport. Hieronder worden de resultaten van de berekeningen toegelicht.

Wanneer de brug gesloten is, waarbij het val in horizontale positie op twee steunpunten rust, is het brugdek onderhevig aan buiging en ten gevolge van belastingen. Deze buiging levert spanning en doorbuiging in de doorsneden van zowel de brugdekplanken als de langsliggers. In de Eurocode 5 zijn maximale waarden toegekend aan de toegestane, optredende spanning en doorbuiging. In bijlage IV. zijn berekeningen opgenomen van de brugdekplanken en de langsliggers. Hierin worden de optredende belastingen berekend, waarna de spanning en doorbuiging in de meest kritische doorsnede worden bepaald. In de tabel hieronder zijn de berekende waarden en de maximaal toegestane waarden weergegeven. Uit de tabel blijkt dat de dekplanken en de langsliggers volledig voldoen aan de gestelde normen.

	Sterkte controle					Doorbuiging controle				
	Verskillende belasting-	Berekende spanning		Toegestane spanning		Verskillende belasting-combinaties	Berekende doorbuiging		Toegestane doorbuiging	
Dekplanken	Fundamentele combinatie	0,640	N/mm2	35,000	N/mm2	Enkel veranderlijke belasting	0,235	mm	21,670	mm
	Bijzondere combinatie	8,230	N/mm2	64,000	N/mm2	Permanente+veranderlijke belasting	0,033	mm	32,500	mm
Langsliggers	Fundamentele combinatie	11,170	N/mm2	35,000	N/mm2	Enkel veranderlijke belasting	8,610	mm	21,670	mm
	Bijzondere combinatie	7,260	N/mm2	64,000	N/mm2	Permanente+veranderlijke belasting	15,550	mm	32,500	mm

Figuur 4.3 Resultaten controle berekening

De brug wordt bediend, door een brugwachter die middels een ketting de ballastkist naar beneden trekt. Doordat het val wisselt in gewicht, dient de brugwachter verschillende keren, verschillende trekkrachten uit te oefenen. In het geval van een droog brugdek en een goed uitgebalanceerde ballast is de benodigde trekkracht gelijk aan 0 N. In dit geval is de brug in evenwicht en voldoet aan de geldende evenwichtsvoorwaarden. Uit berekening is gebleken dat benodigde trekkracht in geval van een zeer nat brugdek, gelijk is aan ongeveer 100 kg. Dit komt overeen met 980 N. Dit is een zeer grote variatie voor het leveren van menselijke kracht.

De resultaten uit deze controle berekening zijn dat de constructie ruimschoots voldoet aan de spanning- en doorbuiging eisen en dat de gewichtsvariatie van het val zeer groot is. Deze resultaten waren vooraf te verwachten en zijn te wijten aan de zwaar uitgevoerde houtconstructie van het val. In de periode dat de brug gerealiseerd is, maakte deze deel uit van de calamiteitenroute van de brandweer. De constructie is dan ook ontworpen naar de belastingen van brandweerwagens uit die tijd. Tegenwoordig maakt de brug geen deel meer uit van de noodroute en daarom enkel gecontroleerd op belasting van fietsers en voetgangers.



➤ **4.2 Gewenste Situatie**

In dit hoofdstuk wordt de gewenste situatie omschreven. Hierbij wordt eerst ingegaan op de gestelde eisen aan de uitvoering en de inhoud van het onderzoek. Vervolgens wordt de besluitvorming binnen de Gemeente Goes toegelicht. Tot slot worden conclusies getrokken met betrekking tot de gewenste situatie.

4.2.1 Programma van eisen

Een gewenste situatie is hetgeen dat bereikt dient te worden door de huidige situatie te veranderen. Er dient inzichtelijk te worden gemaakt wat de gewenste vormgeving van de nieuwe verbeterde situatie is. Dit wordt gedaan door eisen aan de nieuwe situatie te stellen. Hierbij wordt binnen dit onderzoek een onderscheid gemaakt tussen daadwerkelijke eisen en voorkeuren. De nieuwe situatie dient aan eisen te voldoen, maar dat die situatie ook voldoet aan voorkeuren van partijen is niet per definitie noodzakelijk.

Om deze reden wordt allereerst op een rij gezet waar de gewenste situatie noodzakelijkerwijs aan dient te voldoen. Deze eisen zijn opgenomen in een programma van eisen, wat is toegevoegd in bijlage V. van dit rapport.

Binnen het onderzoek zijn verscheidene partijen gerechtigd om eisen te stellen aan het onderzoek. Zo worden er verplichtingen en beperkingen gesteld aan de uitvoering van het onderzoek en zal het resultaat van het onderzoek, de nieuwe situatie rondom de Sint Maartenbrug, aan de door deze partijen gestelde eisen moeten voldoen.

[1] De Gemeente Goes is eigenaar en beheerder van de Sint Maartenbrug én is de opdrachtgever van het project 'Aanpassingen Sint Maartenbrug'. Door deze posities, is de gemeente de belangrijkste eisensteller binnen dit project. Daarbij komt het feit dat de Gemeente uiteindelijk het besluit neemt of het advies, dat voortvloeit uit dit onderzoek, aangenomen zal worden. De wijze van deze besluitvorming wordt later in dit hoofdstuk toegelicht. Het aannemen van het advies door de gemeente zal alleen gebeuren wanneer de gewenste situatie past binnen het door hen gestelde eisenpakket.

[2] De opdrachtnemer is de persoon die het onderzoek daadwerkelijk uitvoert en zal om deze reden met name zeggenschap hebben in het inkaderen van de uitvoering van het onderzoek, binnen de door de opdrachtgever gestelde eisen.

[3] Tot slot zijn er in Nederland vele wetten, regelgevingen en richtlijnen opgesteld welke in verband staan met de inhoud van het onderzoek. De meest relevante hiervan hebben betrekking op de vormgeving en uitstraling van de brug, de wijze van bediening van de brug en de manier van bepalen, berekenen en uitwerken van onderdelen. Deze eisen dienen te worden nageleefd tijdens het onderzoek, zodat zowel de wijze van onderzoek als de aanbevolen resultaten ervan, hieraan voldoen.



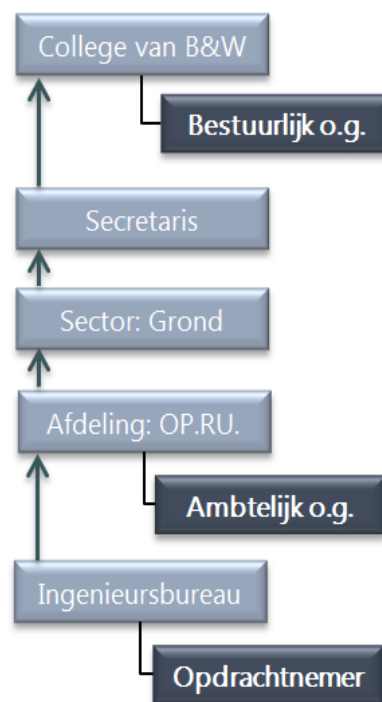
4.2.2 Besluitvorming

Zoals hiervoor vermeld zal de gemeente het uiteindelijke besluit nemen of het advies, dat voortvloeit uit dit onderzoek, aangenomen zal worden. Hoe deze besluitvorming in zijn werk gaat wordt hieronder toegelicht.

Dit project wordt uitgevoerd voor het Ingenieursbureau binnen de afdeling Openbare Ruimte. Deze afdeling valt onder de sector Grondgebied. De organisatie boven deze sector bestaat uit een secretaris en het college van burgemeester en wethouders. Het hoogste orgaan is de gemeente raad.

Belangrijk binnen de besluitvorming van een gemeente is het beslissen op basis van politieke aspecten. In het algemeen zal vanuit het Ingenieursbureau een technisch advies worden opgesteld. Echter zal de gemeente politieke invloed, boven technische argumenten laten gelden. Zij zijn immers verantwoordelijk voor de besteding van gemeentelijke gelden. Om deze reden dient bij het maken van een afweging ten eerste rekening gehouden te worden met criteria die voldoen aan de politieke wensen binnen de gemeente. Op deze wijze kan getracht worden een advies te creëren waarbij zowel technische voorkeuren als politieke wensen worden nageleefd.

Ten behoeve van de besluitvorming zal een samenvatting van de rapportage opgesteld worden, welke langs de lijnorganisatie goedgekeurd dient te worden. De samenvatting dient als technisch en politiek onderbouwd advies, waarbij de rapportage als naslagwerk fungeert. Het te beoordelen document zal in de eerste plaats door de opdrachtnemer goedgekeurd moeten worden, dit zijn de projectleider en de projectmedewerker. Hierna gaat het voor ondertekening naar het afdelingshoofd en daarna naar het sectorhoofd. Het afdelingshoofd heeft de rol als ambtelijk opdrachtgever en dient het project te bewaken en gemaakte stukken goed te keuren. Ook is de ambtelijk opdrachtgever verantwoording verschuldigd aan de bestuurlijke opdrachtgever, een lid van het college van burgemeester en wethouders, en dient hij de besluitvorming voor het bestuur voor te bereiden. Vanaf het sectorhoofd, zal het document doorgestuurd worden naar de gemeentesecretaris, wie ervoor zorgt dat het college van burgemeester en wethouders er een besluit over zal nemen, door middel van stemming.



Figuur 4.4 Lijnorganisatie
besluitvorming



4.2.3 Conclusies

Aan de hand van het opgestelde programma van eisen en de kennis over de manier van besluitvorming binnen de Gemeente Goes, is het mogelijk een gewenste situatie te omschrijven. Hieronder wordt dit gedaan aan de hand van het toelichten van: de wijze van het onderzoek, de inkadering van de uitvoering en het ontwerp van het gewenste resultaat.

Binnen de periode van 01-02-2016 en 03-06-2016 zal de opdrachtnemer, afstudeerder J.E. Hendrickx, in opdracht van Gemeente Goes, het onderzoek 'Aanpassingen Sint Maartenbrug' uitvoeren. Hierbij zal aan de hand van het beschrijven van de huidige en gewenste situatie, het uitvoeren van een variantenanalyse en het uitwerken van gekozen varianten, een compleet advies worden opgesteld om de huidige Sint Maartenbrug aan te passen, waardoor de bediening ervan vergemakkelijkt wordt en voldoet aan de wettelijk gestelde regels.

Bij het bepalen van aanpassingen aan de brug zal rekening gehouden moeten worden met voorkeuren van Gemeente Goes, Stichting Stadshaven, Havenmeester, en Hulp- en nooddiensten. Binnen het onderzoek zal geen rekening gehouden worden met de huidige onderhoudsstaat van de brug. Wel wordt rekening gehouden met de verwachte toename van vochtopname door het hout.

De veranderingen aan de Sint Maartenbrug moeten conform de Nederlandse arbeidsomstandigheden wetgeving uitgevoerd worden en ontwerpen moeten voldoen aan de wettelijk vastgestelde Nederlandse normen. Bij het aanpassen van de brug zal de functie van de brug exact behouden moeten blijven en zal het ontwerp moeten passen binnen het door de opdrachtgever opgestelde eisenprogramma. Ook zal het nostalgische karakter van zowel de uitstraling als de bediening van de brug zoveel mogelijk behouden moeten blijven. Dit blijkt uit de notulen van de vergadering met Stichting Stadshaven: "Het bestuur geeft aan in dit kader veel waarde te hechten aan de nostalgische en historische waarde van enerzijds de brugbediening en anderzijds de uitstraling van de brug" (Stichting Stadshaven, 2016). De brug zal geen onderdeel meer uitmaken van de calamiteiten route, waardoor deze tegen minder belasting bestand hoeft te zijn.



➤ 4.3 Varianten

Er bestaan vele manieren om de huidige situatie aan te passen naar de gewenste situatie. In dit hoofdstuk worden mogelijke varianten opgesteld en toegelicht. Het opstellen van de varianten gebeurt aan de hand van een aantal stappen. Deze worden hieronder nauwkeurig toegelicht.

4.3.1 Invalshoek

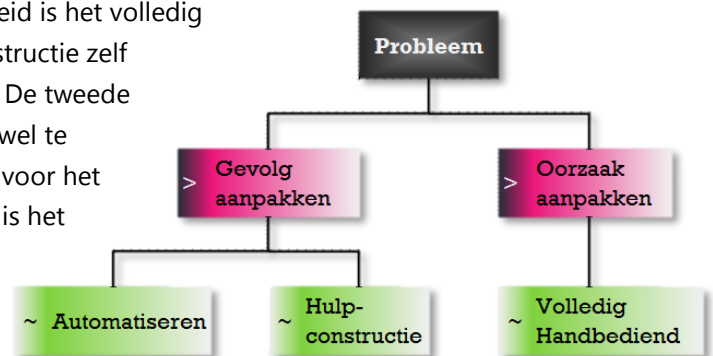
De eerste stap van het opstellen van varianten is het bepalen vanuit welke invalshoek het probleem zal worden aangepakt. Het probleem is dat de brug in de huidige situatie niet op een Arbo-technisch verantwoorde manier te bedienen is. De oorzaak hiervan is de wisseling in gewicht van het brugdek ten gevolg van wateropname. Het gevolg is dat de bediening van de brug zwaarder wordt.

Op basis van dit inzicht kan worden bepaald dat het probleem of bij de oorzaak kan worden verbeterd of bij het gevolg.

Wanneer het probleem bij de oorzaak zal worden aangepakt, houdt dit in dat er voorkomen moet worden dat de massa van het brugdek varieert. Er zal een constructie moeten ontstaan zonder (of met veel minder) wisselingen in gewicht ten gevolg van wateropname. Indien de gevolgen van het probleem worden aangepakt is de wisseling in het gewicht ten gevolge van wateropname toegestaan. Hierbij moet gezorgd worden dat de bediening van de brug bij elk gewicht op een verantwoorde manier te bewerkstelligen is.

4.3.2 Aanpassingstype

De tweede stap van het opstellen van varianten is het bepalen van het aanpassingstype. Grofweg zijn er drie mogelijkheden om de constructie van de Sint Maartenbrug dusdanig aan te passen dat deze voldoet aan de Arbo-richtlijnen. De eerste mogelijkheid is het volledig handbediend laten van de brug, hierbij dient de constructie zelf te worden aangepast om het probleem op te lossen. De tweede mogelijkheid is de brug handbediend te laten, maar wel te voorzien van een hulpconstructie, welke zorg draagt voor het vergemakkelijken van de bediening. De laatste optie is het automatiseren van de bediening, hierbij zal de brug een machine worden en moeten voldoen aan de Machinerichtlijn.



Figuur 4.5 Invalshoeken en aanpassingstypen

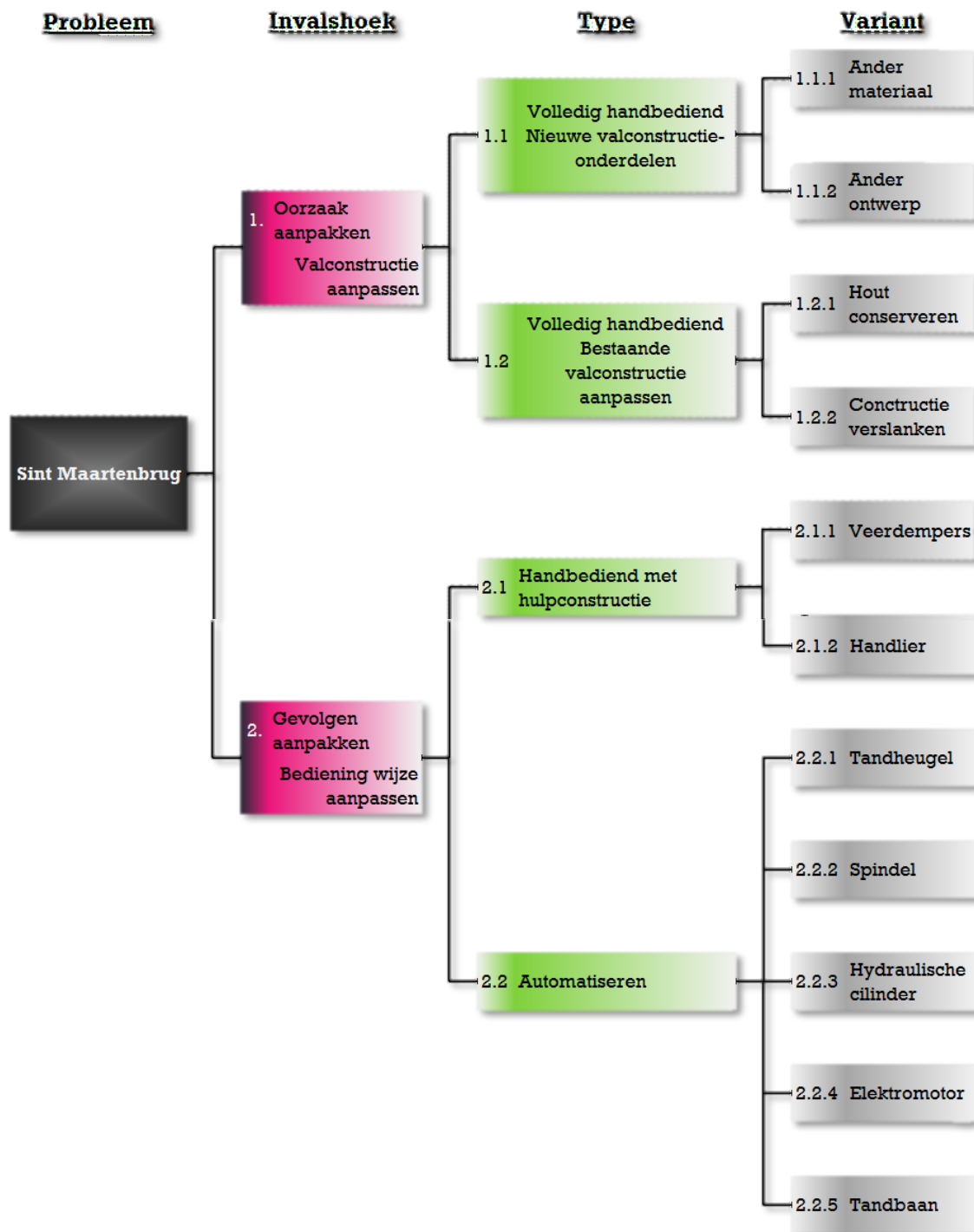
4.3.3 Aanpassingsvariant

De volgende stap is het daadwerkelijke opstellen van varianten. Een variant is een concrete oplossing voor het probleem. Afhankelijk van het aanpassingstype zijn verschillende toepassingen te omschrijven. Uit deze omschrijving zal duidelijk naar boven komen op welke manier de constructie van de Sint Maartenbrug aangepast, dan wel aangevuld, kan worden om de bediening te laten voldoen aan de Arbo-richtlijnen. Uit deze varianten zal een meest gunstige worden gekozen op basis van criteria welke voortkomen uit wetten- en regels en uit voorkeuren en wensen van opdrachtgever, Stichting Stadshaven, de havenmeester en de omgeving.



4.3.4 Varianten-boom

De afbeelding hieronder toont het resultaat van de hiervoor beschreven stappen, in een zogenoemde varianten-boom. Hierin is overzichtelijk weergegeven welke varianten er zijn en onder welk type en invalshoek zij vallen. In bijlage VI. van dit rapport is een summier beschrijving opgenomen van elk van de mogelijke aanpassingsvarianten. In het volgende hoofdstuk van deze rapportage wordt ingegaan op het kiezen van één of meerdere varianten, hierbij worden gedetailleerdere omschrijvingen gegeven van varianten die de meeste kans maken als meest gunstig bevonden te worden.



Figuur 4.6 Varianten-boom



5. Discussie

De discussie vormt de tweede helft van het antwoord op de hoofdvraag. Hierin wordt namelijk het onderzoek uitgevoerd vanaf het kiezen van welke variant de beste oplossingen vormt voor het huidige probleem, tot aan de gedetailleerde uitwerking van deze variant. Om tot dit antwoord te komen zijn anderhalve stap uitgevoerd en drie deelvragen beantwoord. In dit hoofdstuk worden deze stappen uitgebreid toegelicht en onderbouwd.

In hoofdstuk 5.1 Afweging wordt de tweede helft van de derde stap uitgevoerd: het kiezen van de beste oplossingsvariant. Deze keuze wordt gemaakt op basis van voorkeuren en wensen van belanghebbende partijen. Bij de afweging wordt gebruik gemaakt van een multicriteria-analyse om een rationele en transparante keuze te kunnen maken. In dit hoofdstuk worden de onderdelen van de analyse kort toegelicht en in bijlage VIII. is de volledige uitwerking van de multicriteria-analyse opgenomen. Dit hoofdstuk beantwoordt de deelvraag: Wat is de meest gunstige bediening variant?

In hoofdstuk 5.2 Uitwerking wordt de vierde stap uitgevoerd: het uitwerken van de gekozen variant. Binnen deze uitwerking is eerst vastgesteld welke vormgeving de aanpassing zal moeten hebben. Vervolgens zijn materiaalkeuzen en ontwerpkeuzen gemaakt met behulp van informatie van externe bedrijven en bronnen. Hierbij is een ontwerp gemaakt van de aanpassing op basis van constructieberekeningen. Het ontwerp wordt inzichtelijk gemaakt met behulp van technische tekeningen. De berekeningen en tekeningen zijn opgenomen in bijlage IX. Tot slot is er een kostenraming opgesteld, welke is opgenomen in bijlage X. Dit hoofdstuk beantwoordt de deelvragen: Welke materialen, afmetingen en toepassingen zijn volgens logica en berekeningen benodigd voor de realisatie van de aanpassingen? & Wat wordt de vormgeving van de aanpassingen op de brug?

5. DISCUSSIE	19
➤ 5.1 AFWEGING	20
5.1.1 BELANGHEBBENDEN	20
5.1.2 CRITERIA	21
5.1.3 WEGINGSFACTOREN	21
5.1.4 RESULTATEN	21
➤ 5.2 UITWERKING	24
5.2.1 VORMGEVING	24
5.2.2 MATERIAALKEUZE	25
5.2.3 ONTWERPKEUZE	217
➤ 5.3 KOSTEN	28



➤ **5.1 Afweging**

Het afwegen van de varianten en daarmee het kiezen van een beste aanpassing, wordt gedaan aan de hand van een multicriteria-analyse. Op deze wijze kan een rationele, transparante keuze worden gemaakt tussen de alternatieven, op basis van meerdere onderscheidingscriteria.

In dit hoofdstuk wordt eerst toegelicht op basis van welke belanghebbenden, welke criteria zijn vastgesteld. Vervolgens wordt kort omschreven hoe de weging van de criteria bepaald is en tot slot wordt het resultaat van de multicriteria-analyse samengevat.

De nauwkeurige uitwerking van de analyse zelf is opgenomen in bijlage VIII. van dit rapport.

5.1.1 Belanghebbenden

Om een goede afweging te maken, wordt binnen dit onderzoek, rekening gehouden met de motieven en belangen van betrokken partijen. Naast de directe eisen en voorkeuren van de partijen worden ook indirecte belangen als het aantrekken van toerisme, het draaiende houden van ondernemingen en de bijdrage aan de economie in acht genomen.

Stakeholders als omwonenden, gebruikers, toeristen en ondernemingen worden vertegenwoordigd door de belanghebbende actoren. Binnen dit project zijn dat de volgende:

⇒ *Gemeente Goes*

Opdrachtgever van het project en eigenaar van de brug, vertegenwoordiger van omwonenden, ondernemers en toeristen en kent een algemeen economisch belang

⇒ *Stichting Stadshaven*

Pachter van het beheer van de Stadshaven en de Sint Maartenbrug, vertegenwoordiger van gebruikers en kent een eigen economisch belang

⇒ *Havenmeester*

Brugwachter en daarmee bediener van de brug, kent voornamelijk eigenbelang met betrekking op veiligheid en comfort van de werkzaamheden.

⇒ *Nood- en hulpdiensten*

Speciale gebruiker van de brug indien de brug onderdeel is van de calamiteitenroute.

Naast de eisen en voorkeuren van betrokken partijen, wordt in het onderzoek informatie uit externe vakgerichte bedrijven ingewonnen. Door de ervaring van de bedrijven, met soortgelijke projecten als deze, kunnen zij advies verschaffen betreft het maken van de afweging tussen de hiervoor opgestelde varianten.

De eisen van de betrokken partijen zijn terug te vinden in het Programma van Eisen in Bijlage V. De voorkeuren van deze partijen en de adviezen van externe bedrijven zijn opgenomen in bijlage VII.



5.1.2 Criteria

In het vorige hoofdstuk zijn op basis van de vastgestelde eisen, een elftal varianten opgesteld. In dit hoofdstuk worden op basis van de hiervoor besproken voorkeuren en adviezen een zestal criteria opgesteld. Aan de hand van deze criteria zullen de varianten afgewogen worden. Hierbij worden de varianten getoetst aan de mate waarin zij kunnen voldoen aan de gestelde criteria. Hieronder is een korte toelichting voor elk van de criteria omschreven. Een uitleg over de mate waarin varianten al dan niet voldoen aan onderstaande criteria, wordt gegeven in bijlage VIII.

⇒ *Uitvoeringskosten*

De kosten om de aanpassing te realiseren dienen zoveel mogelijk beperkt te worden.

⇒ *Onderhoudskosten*

De hoeveelheid onderhoud en de daarbij komende kosten dienen zoveel mogelijk beperkt te worden.

⇒ *Nostalgische uitstraling*

De huidige uitstraling van de brug dient zoveel mogelijk behouden te blijven.

⇒ *Historische bediening*

De huidige manier van bedienen van de brug dient zoveel mogelijk behouden te blijven.

⇒ *Langdurig resultaat*

De aanpassing zal voor onbepaalde tijd een goede oplossing moeten bieden voor het probleem.

⇒ *Veiligheidsrisico's*

De bijkomende veiligheidsrisico's ten gevolge van de aanpassing dienen zoveel mogelijk beperkt te worden.

5.1.3 Wegingsfactoren

Niet alle criteria blijken in de praktijk even belangrijk te zijn. Om dit in beschouwing te nemen in de analyse is een weging toegekend aan elk criterium. Deze weging is bepaald op basis van een ranking naar belang van de Gemeente Goes en Stichting Stadshaven. In naast staande tabel is deze ranking weergegeven. Hierbij is 1 het minst belangrijk en 6 het meest.

	Gemeente Goes	Stichting Stadshaven
Uitvoeringskosten	5	1
Onderhoudskosten	4	2
Nostaligisch uiterlijk	2	6
Historische bediening	1	4
Langdurig resultaat	3	3
Veiligheidsrisico's	6	5

Figuur 5.1 Belangen ranking

De Gemeente Goes en Stichting Stadshaven hebben rechtstreeks invloed op de afweging, waarbij de Gemeente Goes meer zeggenschap heeft dan Stichting Stadshaven. Een deel van deze zeggenschap vertaalt zich in de eisen vanuit de gemeente. Om verschil binnen voorkeuren mee te wegen zal de ranking van de gemeente voor 60% meetellen, en die van de stichting voor 40%. Door dit mee te rekenen zijn de wegingen tot stand gekomen, zoals weergegeven in afbeelding 5.2.

	Weging
Uitvoeringskosten	16%
Onderhoudskosten	15%
Nostaligisch uiterlijk	17%
Historische bediening	11%
Langdurig resultaat	14%
Veiligheidsrisico's	27%

Figuur 5.2 Wegingspercentages

Toelichtingen op de ranking van belangrijkheid en berekening van de weging van de criteria, zijn opgenomen in bijlage VIII.

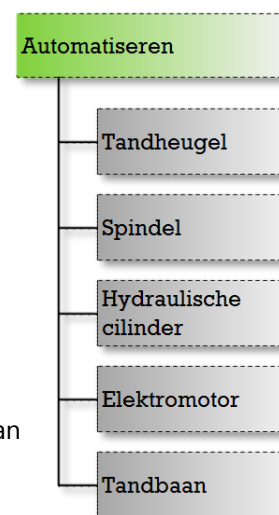


5.1.4 Resultaten

Zoals hiervoor beschreven zijn op basis van belangen van betrokken partijen, criteria opgesteld. Vervolgens is op basis van belangrijkheid een weging aan de criteria toegekend. Wanneer hierna voor elke variant een score wordt gegeven per criterium, kan berekend worden welke variant als gunstigste uit de analyse komt.

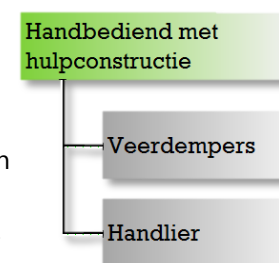
De scoretoekenning en de berekening van de effectentabel, waarin scores en wegingen samenkomen, is opgenomen in bijlage VIII. De resultaten hiervan zijn hieronder samengevat.

Het automatiseren van de bediening wordt als slechtste mogelijkheid bevonden. Het resultaat van deze varianten is zeer gunstig, het bedienen wordt zeer eenvoudig en de oplossing is langdurig. Echter is het aanbrengen van deze toepassing zeer kostbaar en zullen er ook onderhoudskosten gerekend moeten worden. Wanneer de bediening van de brug wordt geautomatiseerd, zullen de verkeer- en vaarweg moeten worden voorzien van licht- en geluidsignalen en zal een uitwendig bedieningsmechanisme worden aangebracht. Dit zorgt voor een drastische verandering van de uitstraling van de brug. Ook past een computergestuurd aandrijvingssysteem niet binnen de historische wijze van het ophalen van de brug. Er zal dus een enorme inbreuk ontstaan op het nostalgische karakter van de Sint Maartenbrug. Dit alles is niet gewenst en daarom wordt geadviseerd de varianten binnen het aanpassingstype automatiseren af te strepen.



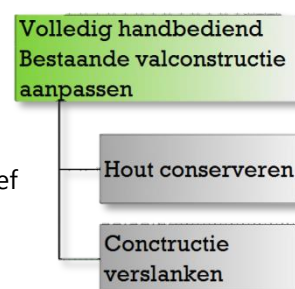
Figuur 5.3

Het toepassen van een hulpconstructie om de bediening te vergemakkelijken is de goedkoopste oplossing. Wel zal de hulpconstructie onderhoud behoeven en zal deze het nostalgische karakter van de brug enigszins veranderen. Doordat een uitwendige constructie wordt toegevoegd ontstaan er enige veiligheidsrisico's. Het grootste nadeel van een hulpconstructie is dat het resultaat kortstondig zal zijn. Wanneer de vochtopname van het hout toeneemt zal het huidige probleem zich opnieuw voordoen. Om deze redenen wordt geadviseerd om geen hulpconstructie toe te passen.



Figuur 5.4

Het conserveren van de bestaande houtconstructie is een goedkope oplossing, die de uitstraling en manier van bedienen niet zal veranderen. Wel is het conserveren een maar tijdelijke oplossing en vergt het heel veel onderhoud. Ook het verslanken van de bestaande constructie verandert niets aan het nostalgische karakter. Maar deze oplossing is relatief duur en het resultaat is maar tijdelijk. Om deze redenen wordt geadviseerd om niet te kiezen voor het conserveren van het hout of het verslanken van de constructie.

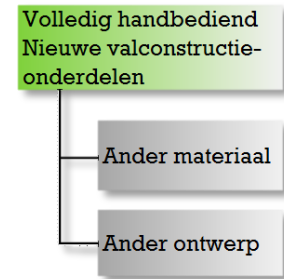


Figuur 5.5

Figuur 5.3 t/m 5.6 Reeks varianten binnen typen: automatiseren – hulpconstructie – handbediend

De varianten ander materiaal en ander ontwerp komen als beste uit de analyse. Met oog op efficiëntie is ervoor gekozen deze twee varianten samen te voegen en het gehele brugdek opnieuw te construeren. Hierbij zullen keuzes worden gemaakt in het toe te passen materiaal en wordt een nieuw ontwerp berekend.

Het volledig handbediend laten van de brug, waarbij een nieuwe valconstructie wordt toegepast is de meest gunstige oplossing. De belangrijkste reden hiervoor is dat deze toepassing het probleem bij de oorzaak aanpakt en daardoor zorgt voor een langdurige oplossing. Ook kan er tijdens het ontwerpen van de nieuwe dekconstructie rekening gehouden worden met het beperken van onderhoud. Tot slot zal deze oplossing ervoor zorgen dat zowel de nostalgische uitstraling als de historische bediening behouden kunnen blijven.

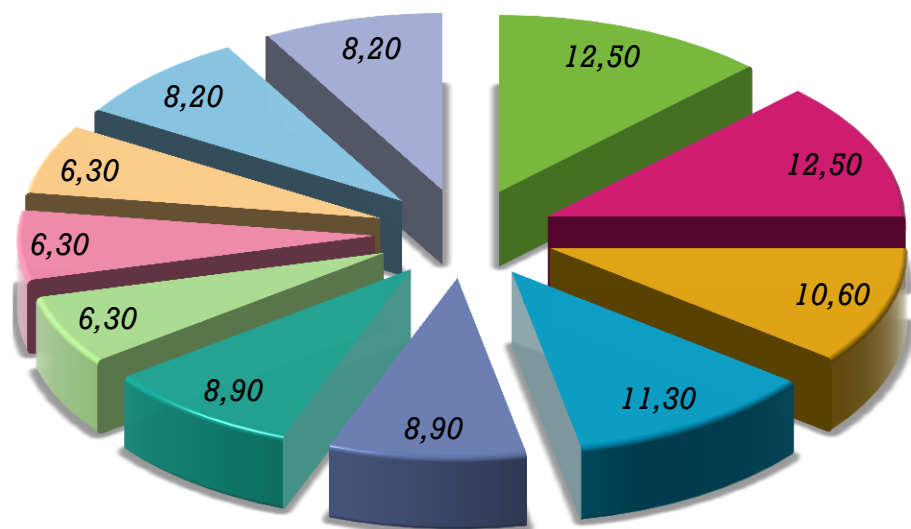


Figuur 5.6

In het cirkeldiagram hieronder zijn de resultaten van de multicriteria-analyse weergegeven. Hieruit blijkt nogmaals dat het aanpassen van het materiaal en het opnieuw ontwerpen van het brugdek de meest gunstige varianten blijken.

Resultaten afweging

- Ander materiaal
- Ander ontwerp
- Hout conserveren
- Verslanken
- Veerdempers
- Handler
- Tandheugel
- Spindel
- Hydraulische cilinder
- Elektromotor
- Tandbaan



Figuur 5.7 Resultaten afweging

→ Het advies gaat uit naar het combineren van ander materiaal en ander ontwerp, ofwel het opnieuw construeren van de valconstructie van de Sint Maartenbrug.

Met deze oplossing zal de meest gewenste situatie gecreëerd kunnen worden, naar tevredenheid van alle betrokken partijen. Naast het zeer goede resultaat voor het bedienen van de brug, kan ook onderhoud tot een minimum beperkt worden. Een nieuw brugdek zal het nostalgische karakter kunnen behouden en een zeer langdurige oplossing bieden voor het huidige probleem.



➤ 5.2 Uitwerking

Uit de analyse is gebleken dat het ontwerpen van een nieuw brugdek, de meest passende oplossing is voor het verbeteren van de bediening van de Sint Maartenbrug. In dit hoofdstuk zal het ontwerp uitgewerkt worden. Hierbij wordt eerst de basis vormgeving vastgelegd. Vervolgens wordt het constructie materiaal gekozen. Hierna wordt door middel van constructieberekeningen en tekeningen het daadwerkelijke ontwerp gemaakt. Aan het einde van dit hoofdstuk is een kostenraming van het ontworpen brugdek opgenomen.

5.2.1 Vormgeving

Betreffende de vormgeving van het nieuwe brugdek zijn al een aantal zaken op logische wijze vast te stellen. Uit het programma van eisen in bijlage V. blijkt dat het behouden van het nostalgische karakter van de brug een belangrijke voorwaarde is. Dit houdt in dat het brugdek een uitstraling moet krijgen, welke zoveel mogelijk overeen komt met het robuust houten aanzicht van het huidige dek. Daarnaast dient het brugdek te voldoen aan de normen en richtlijnen zoals aangegeven in het programma van eisen in bijlage V. Hieronder wordt een opsomming gegeven van voorwaarden waaraan het nieuwe brugdek, betreft vormgeving, zal moeten voldoen.

⇒ *Nostalgische uitstraling*

- De draagconstructie van het brugdek zal moeten bestaan uit langsliggers, een achterhar, een dwarsregel en indien nodig een voorhar.
- Het wegdek van de constructie dient te bestaan uit dekplanken van maximaal 20 cm breed, met smalle kieren tussen de planken. Ook zal het dek voorzien moeten worden van een slijtlaag.
- Het toe te passen materiaal moet, betreft aanzicht, zoveel mogelijk overeenkomsten vertonen met het azobé hout, waaruit de huidige constructie bestaat. Hierbij is het aanzicht in gesloten toestand maatgevend en zijn eventuele veranderingen aan de onderzijde van het dek toegestaan.
- Ten behoeve van het verbinden van verschillende constructieonderdelen onderling, dienen boutverbindingen te worden toegepast op locaties die in gesloten toestand zichtbaar zijn.
- Onder het brugdek is een artistiek lichtkunstwerk aangebracht, met de tekst "Omnia Vanitas". Dit kunstwerk dient onder het nieuwe brugdek gemonteerd te kunnen worden.

⇒ *Normen en richtlijnen*

- Het brugdek zal het havenkanaal loodrecht kruisen en een overspanning moeten hebben van 6,50m. De positie en overspanning van het brugdek zal gelijk blijven aan de huidige situatie. 6,65m, inclusief oplegstroke.
- Ten behoeve van fiets- en voetgangersverkeer zal het brugdek een breedte van minimaal 3,00 m moeten hebben. Het brugdek zal dezelfde breedte krijgen als het huidige brugdek, 3,05m. Dit met oog op het zo min mogelijk aanpassen van de omliggende constructie.
- Het oppervlak van de dekplanken dient voldoende ruw te zijn, om veiligheid van gebruikers te waarborgen.
- Een nieuw ontwerp dient zo slank mogelijk ontworpen te worden en te voldoen aan de geldende normen (zij bijlage V.).



5.2.2 Materiaalkeuze

De basis constructie van het brugdek bestaat grofweg uit liggers en dekplanken. Voor beide onderdelen dienen geschikte materialen gekozen te worden.

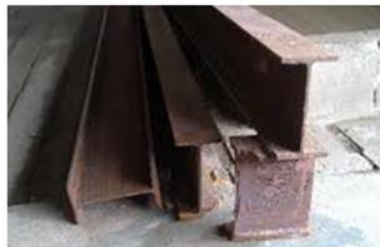
Voor de dekplanken is het kiezen van materiaal vrij eenvoudig. Hierbij zal een keuze gemaakt moeten worden tussen houten of kunststof dekplanken. Er is gekozen voor planken van gerecycled kunststof omdat deze geen vocht op nemen en het aanzicht van de planken zo goed als niet verandert, door het aanbrengen van een slijtlaag, net als in de huidige situatie.

Het maken van een keuze uit materialen voor de liggers is minder eenvoudig. Er worden zes mogelijke materialen beschouwd.

- ⇒ De eerste is beton, een zeer sterk en zwaar bouwmateriaal wat veel wordt toegepast in grote constructies.
- ⇒ De tweede optie is staal, hierbij dienen de liggers voorzien te worden van een houten beschot om een houtlook te krijgen.
- ⇒ Het wederom toepassen van hout is ook een mogelijkheid, nieuw hout heeft weer een nieuwe levensduur.
- ⇒ De volgende optie is het toepassen van kunststof. Dit is een vrij nieuw constructiemateriaal en uit te voeren in glasvezel-versterkt kunststof (GVK) of in staalversterkt gerecycled kunststof (SVGK).
- ⇒ De laatste mogelijkheid is het toepassen van bamboe, dit is nieuw geïntroduceerd en innovatief materiaal.



Beton



Staal



Hout



GVK



SVGK



Bamboe

Figuur 5.8 Mogelijke materialen

De keuze wordt gemaakt met behulp van een trade-off matrix. Ten behoeve van een dergelijke matrix worden twee criteria opgesteld en elk op een as in de grafiek geplaatst. Door aan elk materiaal een waarde toe te kennen per criterium, kunnen de materialen een positie in de grafiek krijgen. Hierbij zal het materiaal wat het meest rechts-boven in de grafiek staat als meest gunstig uit de matrix komen.

De gekozen criteria zijn: 'Technische aspecten' en 'Esthetische aspecten'. De mogelijke materialen dienen getoetst te worden aan de aspecten welke onder deze criteria vallen. Hieronder worden de aspecten kort toegelicht en is in de afbeelding het trade-off matrix weergegeven.

Technische aspecten:

Bewerkbaarheid: Het materiaal is voldoende geschikt voor benodigde bewerking

Duurzaamheid: Het materiaal is zo min mogelijk milieubelastend tijdens de levensduur

Onderhoud: Het materiaal behoeft zo min mogelijk onderhoud

Repareerbaarheid: Het repareren van schade aan het materiaal is eenvoudig

Resultaat: Het materiaal draagt bij aan langdurige vergemakkelijking van de bediening

Veiligheid: Het materiaal is brandveilig en bestand tegen weer, wind en water

Toepassing: Het materiaal dient zo gemakkelijk mogelijk te kunnen worden toegepast

Esthetische aspecten

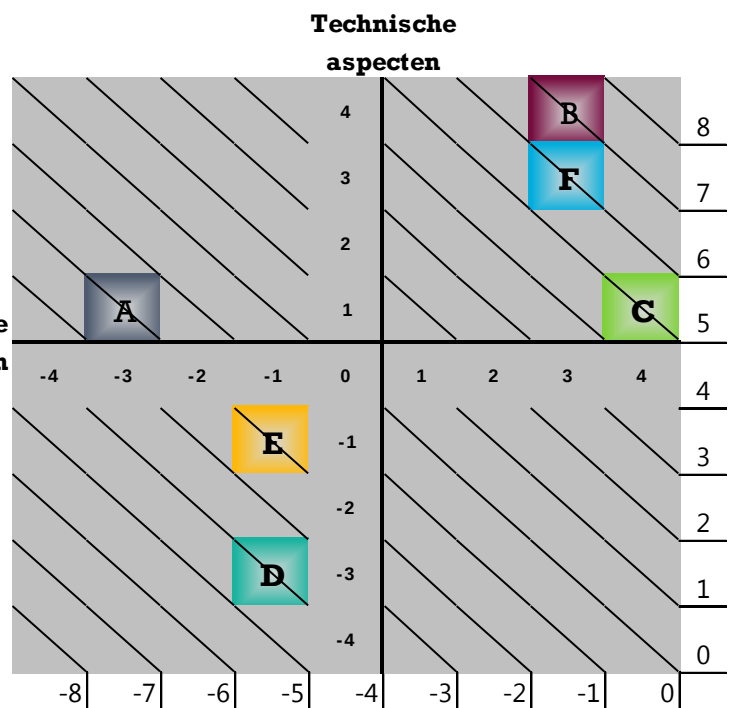
Constructieve uitstraling: De opbouw van de constructie komt overeen met de huidige opbouw

Materiaaluitstraling: Het aanzicht komt, in gesloten toestand, overeen met het huidige

Kosten: Het toepassen van het materiaal is een goedkope oplossing

	Technisch	Esthetisch	Totaal
A Beton	1	-3	-2
B Staal	4	3	7
C Hout	1	4	5
D GVK	-3	-1	-4
E Bamboe	-1	-1	-2
F SVGK	3	3	6

Esthetische aspecten



Uit de matrix blijkt dat het toepassen van stalenliggers met een houtbekleding en liggers van staalversterkt gerecycled kunststof de beste mogelijkheden zijn. Beide materialen zijn op technisch gebied goed te gebruiken en kunnen binnen het nostalgische karakter van de brug perfect worden ingepast.

Figuur 5.9 Trade-off matrix Materiaalkeuze

Binnen dit project is het uitvoeren van de trade-off matrix niet voldoende. Voordat er een daadwerkelijke keuze gemaakt wordt tussen de twee beste materialen, dient een beter inzicht verkregen te worden in het ontwerp van het brugdek, indien een dergelijk materiaal wordt gebruikt. Daarom is ervoor gekozen met beide opties aan de slag te gaan. Tijdens de uitwerking van de verschillende ontwerpen zal op basis van specifiekere technische en esthetische aspecten een definitieve ontwerpkeuze gemaakt kunnen worden.



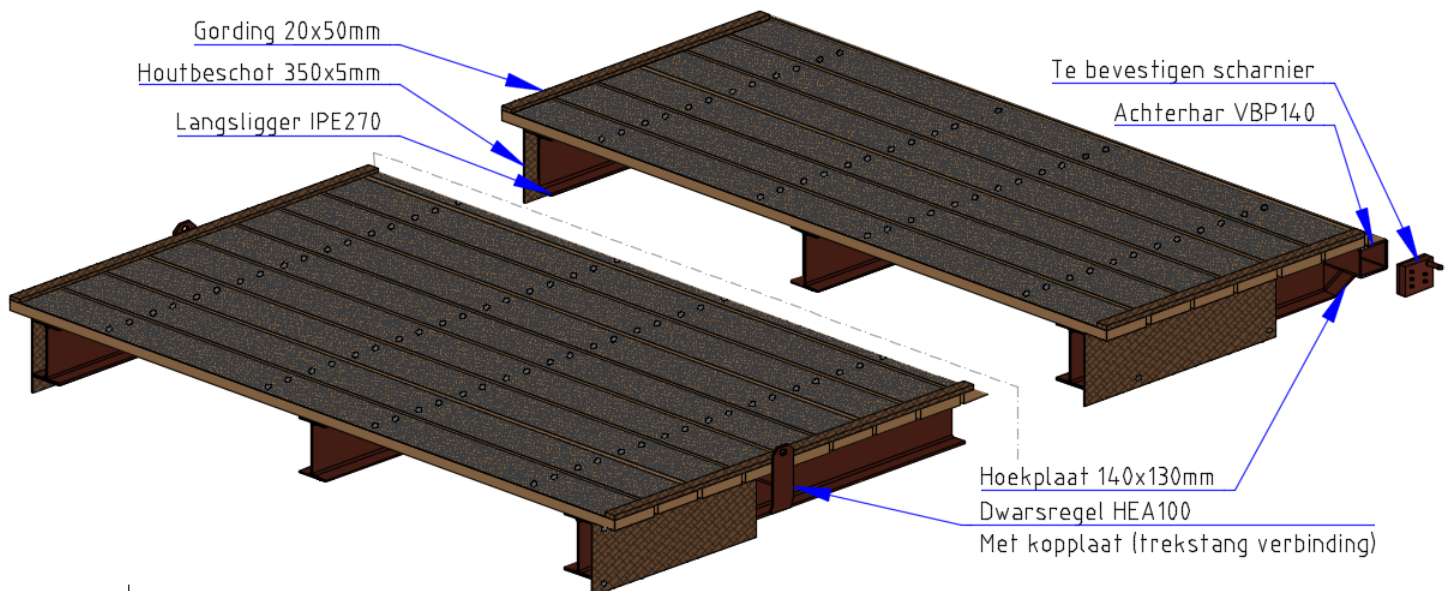
5.2.3 Ontwerpkeuze

Het ontwerpen van een gerecycled kunststof draagconstructie is een vrij nieuwe toepassing en vergt specifieke kennis en vaardigheden. Om deze reden is ervoor gekozen om het ontwerpen van de draagconstructie in dit materiaal, uit te besteden aan een gespecialiseerd bedrijf. Dit ingenieursbureau heeft ervaring in het ontwerpen en toepassen van kunststof bruggen en is bereid aan de slag te gaan met dit ontwerp. De resultaten hiervan zijn als volgt:

- ⇒ Met het toepassen van liggers, vervaardigd uit staal versterkt, gerecycled kunststof, is een maximale overspanning te behalen van 5 meter.
- ⇒ In het geval van de Sint Maartenbrug, met een overspanning van 6,50m, zal een andere vorm van materiaalversterking moeten worden toegepast.
- ⇒ Een optie hiervoor is het toepassen van een combinatie van gerecycled- en glasvezel versterkt kunststof.

Uit de voorgaande materiaalkeuze is reeds gebleken dat een glasvezel versterkt kunststof geen passende oplossing biedt. Het materiaal is zowel esthetisch als technisch ongeschikt aan andere materialen. Om deze reden zal de hele kunststof optie komen te vervallen en zal een stalen draagconstructie de gunstigste oplossing bieden.

Het ontwerpen van een stalen draagconstructie wordt uitgewerkt op basis van berekeningen en tekeningen welke opgenomen zijn in bijlage IX. van dit rapport. Hierbij worden eerst de profielen van de benodigde liggers bepaald aan de hand van sterkte-, doorbuiging-, en stabiliteitsnormen. Vervolgens wordt een versimpelde lasberekening uitgevoerd om de liggers met elkaar te verbinden. De volgende stap is het kiezen van dekplanken en het construeren van de montage. Ten behoeve van het inpassen van het nieuwe dek in de bestaande situatie, worden een aantal details toegelicht. Tot slot zijn technische tekeningen opgesteld van het nieuwe ontwerp, om het geheel inzichtelijk te maken. Hieronder is een impressie gegeven van het ontworpen brugdek.



*Figuur 5.10 Impressie ontworpen brugdek
(gedeeltelijk voorzien van houtbeschoot)*

➤ 5.3 Kosten

Ten behoeve van een complete aanbeveling wordt een inschatting gemaakt van de kosten voor het uitvoeren van de gekozen oplossing. Deze kosten worden inzichtelijk gemaakt in een kostenraming. Deze raming is, samen met een toelichting, opgenomen in bijlage X.

De kostenraming omvat kosten voor de productie van het nieuwe brugdek en kosten voor het aanbrengen van het nieuwe brugdek in de praktijk. Hierbij is onderscheid gemaakt in vier categorieën:

1. Stalen draagconstructie

Hierin worden de kosten opgenomen voor de productie van de gehele draagconstructie. Dit houdt in: de aanschaf en montage van de staalprofielen, het scharnier en de boutstrips en het conserveren van de stalen liggers.

2. Kunststof dek en houtbeschoot

Hierin worden de kosten opgenomen voor de aanschaf van de dekplanken inclusief slijtlaag, de gording en het houtbeschoot én de kosten voor het monteren van het geheel.

3. Uitvoering

Hierin worden de kosten opgenomen voor de werkzaamheden ten behoeve van het in de praktijk aanbrengen van het nieuwe dek. Hierbij zal eerst het oude dek verwijderd worden. Vervolgens worden de oplegblokken geplaatst en het scharnier bevestigd. Hierna kan het nieuwe dek worden ingehesen en worden verbonden aan de trekstang. Tot slot zal de vergrendeling worden aangebracht. Ook de kosten voor het transporteren van het oude en het nieuwe brugdek en het plaatsen van een omleiding zijn onder deze categorie ondergebracht.

4. Ter beschikking stellen personeel en materieel

Hierin worden kosten opgenomen voor mensen en materieel, welke tijdens de uitvoering van het gehele project benodigd kunnen zijn. Onder personeel valt te verstaan een werkvoorbereider, een uitvoerder en een montageman. Het materieel zal bestaan uit een ponton ten behoeve van bereikbaarheid vanaf het water.

Wanneer de kosten van deze vier categorieën worden opgeteld, ontstaat het subtotaal. Bij dit bedrag worden staartposten opgesteld. Staartposten zijn bijkomende kosten waar, buiten aanschaf kosten en werkzaamheden, ook rekening mee gehouden dient te worden.

In de afbeelding hiernaast is een samengevat schema weergegeven van de kostenraming. De gehele kostenraming is opgenomen in bijlage X. van deze rapportage. De totale kosten voor de productie en uitvoering van het nieuwe brugdek voor de Sint Maartenbrug bedragen: **€25.343,22 excl. BTW**.

Kostenraming Aanpassingen Sint Maartenbrug	
Stalen draagconstructie	€ 6.922,00
Kunststof dek en houtbeschoot	€ 4.240,00
Uitvoering	€ 4.350,00
T.b.s. van personeel en materieel	€ 840,00
Subtotaal excl. btw	€ 16.352,00
Staartposten	€ 8.991,22
Totaal excl. btw	€ 25.343,22
B.T.W.	€ 5.322,08
Totaal incl. btw	€ 30.665,29

Figuur 5.11 Samengevatte kostenraming

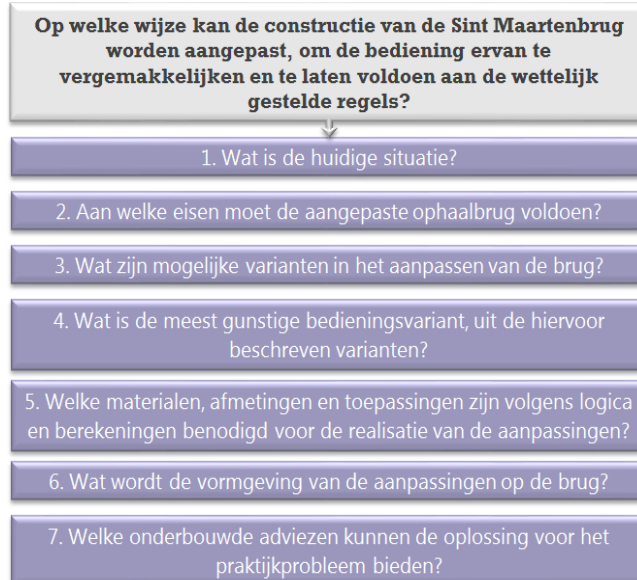


6. Conclusie & Aanbevelingen

In dit laatste hoofdstuk worden conclusies getrokken uit het voorgaande onderzoek en worden aanbevelingen naar de opdrachtgever opgesteld. De conclusies bestaan uit de antwoorden op de deelvragen, welke gezamenlijk een antwoord op de hoofdvraag vormen. Met het beantwoorden van de hoofdvraag wordt een oplossing geboden voor de huidige probleemstelling. De wijze waarop geadviseerd wordt om de toepassing uit te voeren, wordt uitgelicht aan de hand van puntsgewijze actiepunten, ofwel aanbevelingen.

➤ 6.1 Conclusies

In de huidige situatie heeft de Sint Maartenbrug een zwaar uitgevoerd, houten brugdek. Dit dek neemt veel vocht op wanneer het regent, waardoor het gewicht ervan zoveel kan toenemen dat het handmatig bedienen bijna niet meer mogelijk is. Het doel van dit onderzoek was een manier te vinden om deze situatie te veranderen in de gewenste situatie. De Sint Maartenbrug zal tijdens alle weersomstandigheden met het zelfde gemak te bedienen moeten zijn. Daarbij dient zowel de nostalgische uitstraling als historische bediening zoveel mogelijk behouden te blijven.



Figuur 6.1 Hoofd- en deelvragen

Er blijken vele mogelijke aanpassingen te zijn om deze gewenste situatie te creëren. Deze verschillende varianten zijn onder te verdelen in drie aanpassingstypen. Het eerste is het volledig handbediend laten van de brug, waarbij de dekconstructie aangepast zal moeten worden om het probleem bij de oorzaak aan te pakken. Het tweede is het volledig handbediend laten, maar het toevoegen van een hulpconstructie om de bediening te vergemakkelijken. Het laatste type is het automatiseren van de bediening, waardoor het probleem geen rol meer speelt.

Met behulp van een multi criteria analyse, op basis van voorkeuren van belanghebbenden, is een meest passende oplossing gekozen. Er is gebleken dat het aanpassen van de dekconstructie een oplossing creëert met het beste en langdurigste resultaat. En dat deze variant het meest voorziet in wensen en voorkeuren van belanghebbende partijen. Het nieuwe brugdek zal bestaan uit een stalen draagconstructie en kunststof dekplanken, zodat het zo slank mogelijk uitgevoerd kan worden en geen vocht zal opnemen tijdens regen. Door de zijanten van het staal te bekleden met Azobé houtbeschoot en de dekplanken in gerecycled kunststof uit te voeren, is het mogelijk de nostalgische uitstraling van het dek te behouden. Ook door het dek een gelijksoortige opbouw en afmeting te geven, zal het aanzicht van de brug zo min mogelijk veranderen.

De algemene conclusie voor dit onderzoek luidt als volgt:

De meest passende oplossing voor het huidige bedieningsprobleem is het vervangen van het brugdek. Hierbij is het nieuwe brugdek zo ontworpen dat het geen vocht vasthoudt na regen en dus niet meer in gewicht zal wisselen. Daarnaast is uiterste zorg gedragen voor het behouden van het nostalgische karakter, zowel door de brug volledig handbediend te laten als door de uitstraling van robuust Azobé hout terug te brengen. Deze oplossing is compleet te realiseren voor een bedrag van €25.343,22 excl. BTW.



➤ 6.2 Aanbevelingen

Hieronder volgen puntsgewijs adviezen met betrekking tot het oplossen van het huidige bedieningsprobleem van de Sint Maartenbrug, te Goes.

- ⇒ Aanbevolen wordt om het huidige probleem met de bediening bij de oorzaak aan te pakken en ervoor te zorgen dat het brugdek niet meer in gewicht kan wisselen.
- ⇒ Het vervangen van het huidige brugdek voor een nieuw ontworpen brugdek levert hierbij het beste resultaat.
- ⇒ Door het toepassen van een stalen draagconstructie is het mogelijk om een sterke en slanke constructie te creëren. Hierbij worden de volgende profielen aanbevolen:
 - Drie langsliggers van het profiel IPE 270
 - Een achterhar als vierkant buisprofiel 140x140x8, deze wordt middels een hoekplaat verbonden met de langsliggers
 - Een dwarsregel van het profiel HEA 100, voorzien van twee kopstukken welke aansluitend zijn op de langsligger.
- ⇒ Er wordt aanbevolen om de stalenliggers te voorzien van een drie-laags coating ter bescherming tegen zout en water indringing.
- ⇒ Het verdient een aanbeveling om de buitenste zijanten van de langsliggers te voorzien van Azobé houtbeschoot, om ervoor te zorgen dat het zijaanzicht van het brugdek onveranderd blijft.
- ⇒ Door het toepassen van gerecycled, kunststof dekplanken met gelijke afmetingen als de huidige dekplanken, ontstaat een dek waarbij de uitstraling behouden blijft. De voornaamste verbetering is dat de planken geen vocht meer op zullen nemen.
- ⇒ Het verdient een aanbeveling om lastverbindingen en boutverbindingen nader te detailleren, met het oog op efficiëntie en het creëren van het beste resultaat.
- ⇒ Ook wordt aanbevolen om een controle op uitzetting uit te voeren, ter voorkomen van eventuele klemmingen.
- ⇒ Het vervangen van het scharnier, de oplegblokken en de vergrendeling van het brugdek verdient een aanbeveling. Zo wordt gezorgd dat kosten voor onderhoud voor de dekconstructie als geheel beperkt kunnen worden.
- ⇒ Aanbevolen wordt om na het aanbrengen van het nieuwe brugdek de ballast in de ballastkist dusdanig aan te passen dat de trekkracht ten behoeve van de bediening minder dan 35kg bedraagt. Dit zorgt voor een veilige vorm van bediening, volgens de geldende regels met betrekking tot arbeidsomstandigheden.



Referenties

- Afdeling: Openbare Ruimte. (2015). *Programma van Eisen*. Goes: Gemeente Goes.
- Afstudeersucces. (2016, feb-mei). *Scriptie*. Opgehaald van Afstudeersucces:
<http://www.afstudeersucces.nl/>
- Bakker, H. A. (2014-2015). PowerPoint Presentatie. *Afstuderen*. Vlissingen.
- Bijl. (2016, feb-mei). *Bruggen*. Opgehaald van Bijl: <http://www.bijlbruggen.com/?gclid=COWci-Cx48wCFZAW0wodsAgHww>
- Blok, R. (2012). *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*. Amersfoort: Thieme Meulenhoff.
- Bosman, P., & Schreuder, P. (2014). *Composier gewapende elastomeer oplegblokken*. Windesheim: Tech For Future.
- Bouwen met Staal. (2016, feb-mei). *Publicaties*. Opgehaald van Bouwen met Staal:
<http://www.bouwenmetstaal.nl/>
- BSB Staalbouw. (2016, feb-mei). *Bruggen*. Opgehaald van BSB Staalbouw:
<http://www.bsbstaalbouw.nl/bruggen>
- Centrum Hout. (2016, februari 23). Opgehaald van Centrum Hout: <http://www.centrum-hout.nl/>
- Centrum Hout. (2016, februari 17). Opgehaald van Hout Info: <http://www.houtinfo.nl/>
- Centrum Hout, Probos, Rijkswaterstaat, & Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016, februari 19). Opgehaald van Hout-database: <http://www.houtdatabase.nl/>
- Chawosh, S. (2012). *Fiets- en voetgangersbrug te Nijmegen*. Doetinchem: H.E. Lüning.
- Competentieprofiel Civiele Techniek*. (2011). Vlissingen: HZ University of Applied Sciences.
- Creatief Denken. (2016, feb-mei). *Brainstormtechnieken*. Opgehaald van Creatief Denken:
<http://www.creatiefdenken.com/brainstormtechnieken.php>
- Crubilé, P., Ehlbeck, J., Brüninghoff, H., Larsen, H., & Sunley, J. (1988). *Eurocode Nr. 5 Gemeenschappelijke uniforme regels voor houtconstructies*. Luxemburg: Commissie van de Europese Gemeenschappen.
- CT7H. (2015-2016). Afstudeerlessen. (A. Oele, Interviewer) Vlissingen.
- CT7H. (2015-2016). CU13435 - Onderzoek 4, Zelfstandig onderzoek. (J. v. Welle, Interviewer) Vlissingen.
- Doorewaard, H., & Verschuren, P. (2012). *Het ontwerpen van een onderzoek*. Den Haag: Boom Lemma Uitgevers.
- Elling, R., Andeweg, B., de Jong, J., & Swankhuisen, C. (2005). *Rapportagetechniek*. Groningen: Noordhoff Uitgevers B.V.



- Europees Parlement, & De Raad. (2006). *Machinerichtlijn 2006/4/EG*. Publicatieblad van de Europese Unie.
- Fibre Core. (2016, feb-mei). *Bruggen*. Opgehaald van Fibre Core: <http://www.fibercore-europe.com/index.php?lang=nl>
- Geest, F. v. (2010). *Bruggen*. Houten: Noordhoff Uitgevers.
- Gemeente-Goes. (2016, feb-mei). Opdracht inhoud en uitvoering. (J. Hendrickx, Interviewer)
- Glabbeek, N. v. (2010). *Match! van schoolbank naar stage in drie stappen*. Groningen: Noordhoff Uitgevers B.V.
- Glabbeek, N. v. (2012). *Succesvol studeren communiceren en onderzoeken*. Amsterdam: Pearson Benelux B.V.
- Griekspoor. (2016, feb-mei). *Producten*. Opgehaald van Griekspoor: <http://www.griekspoor.nl/>
- Hegger, S., & Graaf, D. d. (2013). *Vergelijkende LCA studie bruggen*. Rotterdam: Beco.
- Hillebrand. (2016, februari 05). Ervaring met brugaandrijving. (J. Hendrickx, Interviewer)
- Ingenieursbureau Openbare Ruimte. (2014). *Handleiding Ingenieursbureau*. Goes: Gemeente Goes.
- Ingenieursbureau Openbare Ruimte. (2016). *Ramingformulier*. Goes: Gemeente Goes.
- ITBB Ingenieurs- en advierbureau. (2014). *Tekeningen Renovatie Ringbrug*. Heereveen: ITBB Ingenieurs- en advierbureau BV.
- Lankhorst. (2016, feb-mei). *Products*. Opgehaald van Lankhorst: <http://www.lankhorst-recycling.com/en>
- Lankhorst BV. (2016, Mei 17). Toepassing kunststof dekplanken. (B. Suijkerbuijk, Interviewer)
- Lankhorst BV. (2016, Mei 09). Toepassing kunststof draagconstructie. (B. Suijkerbuijk, Interviewer)
- Meulenberg, M. (2012). *Cursus Constructief Ontwerpen 2 Staalconstructies*. Vlissingen: Hogeschool Zeeland.
- Meulenberg, M., & Keijzers, V. (2013). *Cursus Constructief Ontwerpen 3 Staalconstructies*. Vlissingen: Hogeschool Zeeland.
- Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. (2015). *Arbeidsomstandighedenbesluit*.
- Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. (2016). *Arbeidsomstandighedenregeling*.
- Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. (2016). *Arbeidsomstandighedenwet*.
- Munck, E. d., Ravenhorst, G., & Jorissen, A. (2011). *Dictaat Houtconstructies*. Almere: Centrum Hout.
- Nijssen, R. (2015). *Composieten Basiskennis*. Marknesse: VKCN.
- Ondernemingsdatabank. (2016, feb-mei). *Bouw*. Opgehaald van Ondernemingsdatabank: <http://ondernemingsdatabank.indicator.nl>



- Oosterhoff, J. (2008). *Kracht + vorm*. Zoetermeer: Bouwen met Staal.
- Porteous, J., & Kermani, A. (2007). *Structural Timber Design to Eurocode 5*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Rijkswaterstaat. (2016, feb-mei). *Projecten*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <http://www.rijkswaterstaat.nl/>
- Schot, A. (2013). *Project Renovatie Ringbrug*. Middelburg: Hillebrand.
- Schot, A. (2014). *Concervering verbetering*. Middelburg: Hillebrand.
- Snijder, H., & Steenberg, H. (2011). *Krachtswerking*. Zoetermeer: Bouwen met Staal.
- Studentenhandleiding Afstuderen Delta Academie/Opleiding CT*. (2014). Vlissingen: HZ University of Applied Sciences.
- Veltman, A., & Zuidema, J. (2014). *Staalberekeningen Ringbrug*. Heereveen: ITBB Ingenieurs- en Adviesbureau BV.
- Vereniging Kunststof Composieten Nederland. (sd). *Composieten*. Opgehaald van VKCN: <http://www.vkcn.nl/>
- Westenberg. (2016, februari 25). Ervaring met probleemaanpak. (J. Hendrickx, Interviewer)
- Westenberg. (2016, april 13). Materiaalkeuze en Berekeningen. (J. Hendrickx, Interviewer)
- Witteveen + Bos. (2014). *Concervering advies*. Breda: Witteveen + Bos.





Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage I. Relevante kennis vooraf

- A. Bespreking met Gemeente Goes en constructiebedrijf Hillebrand.
- B. Bespreking met Ingenieursbureau Westenberg.
- C. Literatuur: 'Bruggen' door F.P.J. van Geest.
- D. Literatuur: 'Dictaat houtconstructies' door E.D. de Munck, G.J.P. Ravenhorst & A.J.M. Jorissen.
- E. Literatuur: 'Structural Timber Design' door J. Porteous & A. Kermani.

Afstuderen 2016

Studente:
Jaimy-Ellen Hendrickx

School:
HZ University of Applied Sciences

Stagebedrijf:
Ingenieursbureau Gemeente Goes

Aanpassingen

Sint Maartenbrug

Bijlage I.

Relevante kennis vooraf

Afstuderen 2016

Studente: Jaimy-Ellen Hendrickx
Studentnr: 00061120
Cursus: CU11020 – DA Afstudeerstage
Opleiding: Civiele Techniek
School: HZ University of Applied Sciences
Docent: H.A. Bakker
Stagebedrijf: Ingenieursbureau Gemeente Goes
Begeleider: B. Suijkerbuijk
Datum: 06 juni 2016



Inhoudsopgave

BIJLAGE I. RELEVANTE KENNIS VOORAF	1
A. BESPREKING MET GEMEENTE GOES EN HILLEBRAND	1
B. BESPREKING MET INGENIEURSBURAU WESTENBERG	2
C. LITERATUUR: 'BRUGGEN' - F.P.J. VAN GEEST.....	3
D. LITERATUUR: 'DICTAAT HOUTCONSTRUCTIES' - E.D. DE MUNCK, G.J.P. RAVENHORST & A.J.M. JORISSEN	4
E. LITERATUUR: 'STRUCTURAL TIMBER DESIGN' - J. PORTEOUS & A. KERMANI	5



Bijlage I. Relevante kennis vooraf

Hieronder is per bron een samenvatting opgesteld van de relevante informatie voor dit onderzoek.

1. Bespreking met Gemeente Goes en Hillebrand
2. Bespreking met Ingenieursbureau Westenberg
3. Literatuur: 'Bruggen' door F.P.J. van Geest
4. Literatuur: 'Dictaat Houtconstructies' door E.D. de Munck, G.J.P. Ravenhorst & A.J.M. Jorissen
5. Literatuur: 'Structural Timber Design' door J. Porteous & A. Kermani

A. Bespreking met Gemeente Goes en Hillebrand



M.A. Kuzee (Hillebrand, 2016) vertelt een soort gelijk project te hebben uitgevoerd met de houten fiets- voetgangersbrug in Veere. Hierbij is gekozen om de handbediende ketting te vervangen door een lier, welke wordt aangedreven door een elektromotor. Deze keuze was de meest eenvoudige: de kosten waren beperkt en het uiterlijk van de brug werd zo min mogelijk geschaad. Hierop vulde B. Suijkerbuijk (Gemeente-Goes, 2016) aan dat een dergelijke oplossing voorwaarden met zich mee brengt. Indien een brug wordt voorzien van een motor, wordt deze een machine. Hierbij moet de brug voldoen aan de Machinerichtlijn.

Volgens B. Suijkerbuijk (Gemeente-Goes, 2016) zijn er drie categorieën van bediening van een dergelijke brug: volledig handbediend, handbediend met hulp en geautomatiseerd. Veel voorkomende bedieningsmechanismen zijn een tandheugel, een spindel of cilinder. Hierbij wordt de brug automatisch aangedreven en valt deze onder de machinerichtlijn.

Wanneer bijvoorbeeld een gasdrukveer wordt gebruikt om de handbediening te vergemakkelijken, is er geen sprake van een machine.

A. Schot (Hillebrand, 2016) voegt hier nog een paar niet automatische voorbeelden aan toe. Een simpele handmatige manier om een dergelijke brug te bedienen is het gebruiken van een handlier. Door het toepassen van katrollen en een draaisleutel is het gewicht van het val makkelijk te overbruggen.

Een andere optie is het aanpassen van het val zelf. Er kan gekozen worden om een dicht dek toe te passen, zodat er geen waterindringing plaats vindt in de langsliggers. Dit zorgt voor minder gewicht toename. Ook is het mogelijk om het hout te conserveren. Dit raadt A. Schot (Hillebrand, 2016) echter af, gezien dit een kostbare optie is. Het coaten van de hele constructie brengt veel werk met zich mee en zal veel onderhoud behoeven. De laatste optie welke A. Schot (Hillebrand, 2016) aanhaalt is het vervangen van het houten dek, voor een kunststof dek.

In een later stadium van dit onderzoek kan waar nodig aanvullende informatie worden gevraagd over referentie projecten binnen het bedrijf Hillebrand. Tijdens het gesprek zijn voorbeelden genoemd als de houten ophaalbrug in Veere en de geautomatiseerde Dokbrug in Middelburg.



B. Bespreking met Ingenieursbureau Westenberg



Van de bespreking zijn uitgebreide notulen gemaakt welke gebruikt kunnen worden voor het nazoeken van besproken, gedetailleerdere informatie. Tijdens de bespreking delen de heren I. Flipse en F. Vermerris (Westenberg, 2016) hun kennis en ervaring betreft de opbouw en bediening van bruggen vergelijkbaar met de Sint Maartenbrug.

Hierbij geven zij (Westenberg, 2016) in de eerste plaats adviezen over zaken die een rol kunnen spelen bij het uitvoeren van een varianten onderzoek naar aanpassingsmogelijkheden. Zo is het raadzaam om te onderzoeken of het verschil in arbeid, van het bedienen van de brug, enkel, met name afkomstig is van het gewichtsverschil van het val. Het zou mogelijk kunnen zijn dan ook de houten balastkist een grote rol speelt in gewichtsverandering door waterindringing of dat scharnieren verouderd zijn en daarom meer wrijving geven. Om dit te kunnen uitzoeken dient men goed op de hoogte te zijn van de onderhoudsstaat van de brug. Kennis hierover is niet enkel relevant om mede oorzaken uit te sluiten, maar ook om te controleren of er onderhoud behoevende onderdelen aanwezig zijn. Deze onderdelen kunnen een rol spelen binnen het project of kunnen, met oog op efficiëntie aan het project worden toegevoegd.

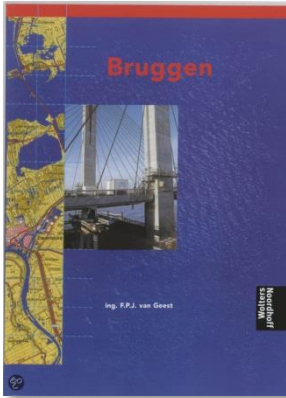
Voor het opstellen van varianten raden I. Flipse en F. Vermerris (Westenberg, 2016) aan om richtlijnen betreft uitstraling en veiligheid rondom dergelijke bruggen na te gaan. Deze richtlijnen kunnen bijdragen aan het kiezen van een variant die voldoet aan de normen.

Tijdens het gesprek geven de heren I. Flipse en F. Vermerris (Westenberg, 2016) vele adviezen betreft verschillende mogelijke aanpassingen. Zo wordt aangegeven dat het veranderen van de constructie van de houten brug veel werk met zich meebrengt, omdat er veel onderdelen gedemonteerd en opnieuw gemonteerd moeten worden. Er wordt ingegaan op voor en nadelen van het toepassen van een kunststof dek en worden er mogelijkheden besproken over de opbouw en vormgeving van specifieke aandrijvingen op de Sint Maartenbrug. Gedetailleerde informatie over hun adviezen zijn te vinden in de notulen van de bespreking.

In een later stadium van dit onderzoek kan waar nodig aanvullende informatie worden gevraagd over referentie projecten binnen het bedrijf Westenberg. Tijdens het gesprek zijn voorbeelden genoemd als ophaalbruggen in Sas van Gent, Veere en Terneuzen. De stad Leiden heeft vele kleine ophaalbruggen met enkele verschillende aandrijvingsmechanismen. Tot slot heeft het bedrijf te maken gehad met het toepassen van kunststof als onderdeel van een brugconstructie.



C. Literatuur: 'Bruggen' - F.P.J. van Geest



F.P.J. van Geest vermeldt op de achterzijde van het boek (Bruggen, 2010) dat bruggen een belangrijke rol spelen in het dagelijks leven en in belangrijke mate bijdragen aan de ontsluiting binnen Nederland. Het boek (Bruggen, 2010) sluit aan bij de laatste inzichten en technieken. Er wordt een compleet overzicht gegeven van bruggen en tunnels voor de weg- en waterbouwkunde.

De inhoud van het boek (Bruggen, 2010) bevat algemene informatie over verschillende typen bruggen, met name verschillende materialen en/of bouwmethoden en is gebaseerd op de normen van Eurocode 5.

Het eerste gedeelte van het boek (Bruggen, 2010) betreft algemene informatie over het indelen van bruggen, krachtoverdrachten en de basis van esthetische vormgeving. Er wordt in gegaan op verschillende typen beweegbare bruggen, waarbij de nadruk wordt gelegd op de opbouw en basis principes van de betreffende brug. Met heldere afbeeldingen en voorbeelden van dergelijke bestaande bruggen wordt heldere, inzicht gevende informatie verschaft. Kort worden aspecten toegelicht welke een rol spelen bij het kiezen voor een bepaald soort brug. Ook worden verscheidene typen bewegingswerken toegelicht, waaronder een tandbaan, heugelstangen, hydraulische cilinders, panamawiel, handbediening en lieren.

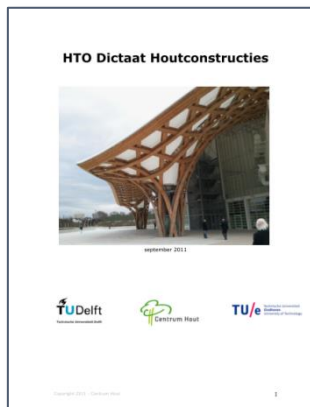
Het volgende gedeelte van het boek (Bruggen, 2010) gaat kort in op verschillende bouwmaterialen, waaronder hout en kunststof. Er worden voor en nadelen van de materialen beschreven en voorbeelden van veelvoorkomende toepassingen worden uitgelicht. Hierna wordt dieper ingegaan op opbouw van bruggen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de onderbouw en de bovenbouw. Bij onderbouw wordt uitgebreid ingegaan op verschillende toepassingen van funderingen, landhoofden en opleggingen. De bovenbouw wordt per constructiemateriaal gedetailleerd omschreven. Voor houtenbruggen wordt informatie gegeven betreft de veelal toegepaste opbouw en verbindingsmogelijkheden, hierbij worden met name de dek-constructie en de langsliggers uitgelicht.

Omschrijvingen van verschillende soorten uitvoeringsmethoden en korte toelichting op het beheer en onderhoud van bruggen zijn ook onderdeel van het boek (Bruggen, 2010). Deze onderdelen zijn kort toegelicht, waarbij de belangrijkste aspecten worden beschreven. Gedetailleerder wordt ingegaan op het berekenen van een houten voetgangersbrug. Hierbij wordt nauwkeurig ingegaan op geldende normen, voorkomende belastingen en krachten en wordt een uitgebreide voorbeeld berekening gegeven voor de dimensionering van een dergelijke brug, waarbij rekening gehouden wordt met verschillende soorten belastingen, grenstoestanden en resonantie.

Als laatste onderdeel bevat het boek (Bruggen, 2010) informatie over de opbouw en uitvoeringsmethoden van kleine en grote ondergrondse infrastructuur en tunnels.



D. Literatuur: 'Dictaat Houtconstructies' - E.D. de Munck, G.J.P. Ravenhorst & A.J.M. Jorissen



E.D. de Munck, G.J.P. Ravenhorst en A.J.M. Jorissen vermelden in het voorwoord van het boek (Dictaat Houtconstructies, 2011), dat het ontwerpen, berekenen en construeren van houten constructies een essentieel onderwerp is van de bouwkundige beroepspraktijk. Hout is een vernieuwbare grondstof en wordt constructief gebruikt in zowel woning- en utiliteitsbouw, als in de grond-, weg- en waterbouw. Net als staal en beton is hout een volwaardig constructiemateriaal! Hout kent vele voordelen in bijvoorbeeld dimensionering, fabricage, isolatiewaarde, sterkte-gewichtsverhouding, uitstraling en brandveiligheid. Ook komen er steeds meer innovatieve houtproducten op de markt.

Het dictaat (Dictaat Houtconstructies, 2011) is afgestemd op de EN 1995, ofwel Eurocode 5: ontwerp van houtconstructies. Het doel van het dictaat (Dictaat Houtconstructies, 2011) is inzicht geven in de herkomst en de eigenschappen van hout, inzicht geven in het mechanisch gedrag van het materiaal hout en het leggen van de basis voor inzicht in het ontwerpen en berekenen van houten draagconstructies.

In acht delen geeft het boek (Dictaat Houtconstructies, 2011) een inleiding in het construeren met hout.

[1] Hierin wordt op de eerste plaats ingegaan op de opbouw en de belangrijkste fysische en mechanische eigenschappen van hout. Daarnaast is er aandacht voor verschillende toegepaste houtproducten, zoals gelamineerd hout en plaat materialen.

[2] Vervolgens komt het ontwerpen met hout aan bod. Hierbij worden uitgangspunten gehanteerd uit de Eurocode 5. De karakteristieke waarden, grenstoestanden en stabiliteit worden behandeld en er worden vuistregels en korte toelichtingen gegeven voor het berekenen en constructief detailleren van liggers, kolommen, spantconstructies en verbindingen. Diepgaandere informatie betreffende deze onderdelen wordt gegeven in de hierop volgende delen.

[3] Zo worden specifiek de constructieve aspecten van liggers beschreven, deze betreffen onder andere dwarskrachten, buigsterkte, stabiliteit, vervorming en trilling.

[4] Stabiliteit als een op zichzelf staand aspect, wordt vervolgens nog verder toegelicht. Met name op druk belaste staven, op buiging belaste elementen en staven belast op druk en buiging komen hierbij aan bod.

[5] Hierna wordt ingegaan op verschillende typen verbindingen zoals verbindingen met bouten of stiften, ophangverbindingen en hout-op-houtverbindingen.

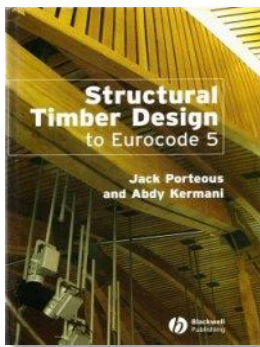
[6] Het construeren van raamwerken wordt gedetailleerd toegelicht aan de hand van uitleg van berekeningen met betrekking tot middenkolom, oplegreacties en doorsnede krachten. De stabiliteit, het tweede orde effect en de rotatiestijfheid worden op heldere wijze toegelicht.

[7] Brandveiligheid is een belangrijk aspect voor houtconstructies en wordt om die reden specifiek behandeld. In het kader van nieuwe regels worden rekenkundige bepalingen uitgelegd met betrekking tot inbranding en belasting op bezwijken.

[8] Tot slot is het dictaat (Dictaat Houtconstructies, 2011) voorzien van vele relevante tabellen met betrekking tot houtconstructies.



E. Literatuur: 'Structural Timber Design' - J. Porteous & A. Kermani



Jack Porteous en Abdy Kermani leiden het boek (Structural Timber Design, 2007) in met de mededeling dat hout uniek, innovatief en gemakkelijk te hanteren is, het is duurzaam omgevingsvriendelijk en gemakkelijk te recycleren. Hout is een belangrijk constructie- en bouw materiaal en wordt veel toegepast. Ook wordt in de inleiding vermeld dat de bestaande civiele en bouwkundige curricula het belang van hout als constructiemateriaal grotendeels verwaarlozen en dat er relatief weinig informatie gegeven wordt over het ontwerpen van houtconstructies.

Het boek Structural Timber Design (Porteous; Kermani, 2007) is gebaseerd op het construeren met hout volgens Eurocode 5 en sluit daarmee aan op de huidige geldende normen en eisen binnen het ontwerpen van houtconstructies. Het biedt een gedetailleerde uitleg over het gebruik van de code en geeft informatie en een stap-voor-stap aanpak voor het ontwerpen van elementen, verbindingen en constructies met behulp van uitgewerkte voorbeelden en te gebruiken software.

Het eerste gedeelte van het boek Structural Timber Design (Porteous; Kermani, 2007) geeft een introductie op de aard en kenmerken van hout, de toe te passen houtproducten als constructie- en bouw materiaal en ontwerp gerelateerde informatie over sterkte en stijfheid volgens de voorschriften van Eurocode 5. Ook wordt er ingegaan op relevante eisen vanuit de eurocodes 0 en 5 betreft onder andere vochtgehalte, belastingkrommen en kruipgedrag. Tot slot wordt het software pakket Mathcad geïntroduceerd. Dit is een programma dat gebruikt kan worden voor wiskundige ontwerpberekeningen en zorgt volgens Porteous en Kermani (Structural Timber Design, 2007) voor het vergroten van inzicht in het variëren van oplossingen als gevolg van het veranderen van één of meer variabelen en het onderzoeken van alternatieve ontwerp opties.

De kern van het boek (Structural Timber Design, 2007) betreft het daadwerkelijke ontwerpen van houtconstructies. Hiervoor worden voor verschillende elementen, zoals liggers en kolommen, een toelichting gegeven op bepaalde ontwerp overwegingen en er wordt per element uitgelegd hoe er omgegaan dient te worden met buiging, dwarskrachten, drukkrachten, torsie, vervorming en trilling. In de betreffende hoofdstukken worden ontwerpregels gegeven en toegelicht en zijn benodigde eisen en richtlijnen vermeld. Binnen de uitgebreide toelichting en voorbeelden worden niet alleen standaard hout elementen benaderd, maar wordt ook ingegaan op gelijmde gelamineerde liggers, samengestelde liggers, samengestelde kolommen en geschoorde constructies.

Het laatste gedeelte van het boek Structural Timber Design (Porteous; Kermani, 2007) gaat in op verschillende hout verbindingen. Er wordt uitgebreid uitleg gegeven over verschillende soorten metalen trek nagels, zoals pluggen, krammen, schroeven en bouten en over verschillende soorten stalen connectors, zoals getande platen, ringen en schuifplaten. Ook wordt er ingegaan op ontwerpregels rondom het toepassen van deze soorten verbindingen.

Het boek (Structural Timber Design, 2007) sluit af met een lijst met gewichten van bouwmaterialen. Hierbij wordt voor zacht hout 590 kg/m^3 en voor hard hout 1250 kg/m^3 aangehouden.





Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage II. Onderzoeksactiviteiten

Afstuderen 2016

Studente:
Jaimy-Ellen Hendrickx

School:
HZ University of Applied Sciences

Stagebedrijf:
Ingenieursbureau Gemeente Goes

- A. Huidige Situatie
Het vaststellen van gegevens en achtergronden van het project.
- B. Gewenste Situatie
Het opstellen van een programma van eisen en het bepalen van gewenste resultaat.
- C. Analyse proces
Het opstellen van varianten en het kiezen van een meest geschikte oplossing.
- D. Uitwerking
Het detailleren van de gekozen variant met behulp van berekeningen en tekeningen.
- E. Conclusies & Aanbevelingen
Het beantwoorden van deelvragen en hoofdvraag en het formuleren van een compleet advies.

Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage II. Onderzoeksactiviteiten

Afstuderen 2016

Studente: Jaimy-Ellen Hendrickx
Studentnr: 00061120
Cursus: CU11020 – DA Afstudeerstage
Opleiding: Civiele Techniek
School: HZ University of Applied Sciences
Docent: H.A. Bakker
Stagebedrijf: Ingenieursbureau Gemeente Goes
Begeleider: B. Suijkerbuijk
Datum: 06 juni 2016



Inhoudsopgave

BIJLAGE II. ONDERZOEKSACTIVITEITEN.....	1
A. HUIDIGE SITUATIE.....	1
B. GEWENSTE SITUATIE.....	1
C. ANALYSE PROCES	2
D. UITWERKING	3
E. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	3



Bijlage II. Onderzoeksactiviteiten

De uitvoering van het onderzoek is opgedeeld in een vijftal stappen:

1. Huidige Situatie
2. Gewenste Situatie
3. Analyse proces
4. Uitwerking
5. Conclusies en aanbevelingen

In deze bijlagen worden de uit te voeren onderzoeksactiviteiten, per stap, gedetailleerd omschreven.

A. Huidige Situatie

De eerste stap van het onderzoek is het vaststellen van de huidige situatie. Dit zijn gegevens en achtergronden welke benodigd zijn om het onderzoek te kunnen uitvoeren. Binnen dit project zal deze informatie gebaseerd moeten zijn op de opbouw van de brug en de bediening van de brug. In de eerste plaats worden, door middel van literatuuronderzoek, de tekeningen van de constructie benaderd om gegevens over de opbouw van de brug te verzamelen. Hierbij wordt een onderbouwing en toelichting gegeven vanuit de Gemeente Goes, welke, als eigenaar van de brug, over relevante informatie en documentatie beschikt. Vervolgens wordt de projectlocatie bezocht om op exploratieve wijze de opbouw en de bediening te onderzoeken. Tijdens dit bezoek wordt gesproken met de Havenmeester. Deze is de bediener van de brug en kan dan ook achtergronden verschaffen over hoe de bediening daadwerkelijk in zijn werk gaat. Het laatste onderdeel in het vaststellen van de huidige situatie betreft een toetsend onderzoek. Hierbij zullen controle berekeningen van het brugdek uitgevoerd worden, om te bepalen of deze nog voldoet aan de tegenwoordig gestelde normen betreffende spanning en doorbuiging ten gevolge van fiets- en voetgangersbelastingen.

Door middel van beschrijvend onderzoek worden de in deze stap verworven gegevens vertaald in een heldere omschrijving van de huidige situatie.

Het resultaat van het uitvoeren van deze stap zal een onderbouwd antwoord kunnen geven op deelvraag één.

Wat is de huidige situatie?

B. Gewenste Situatie

De volgende stap is het vaststellen van de gewenste situatie. Dit wordt gedaan aan de hand van het opstellen van een programma van eisen, waarbij geanalyseerd wordt wat de wensen en de eisen van de opdrachtgever zijn en aan welke wetten en regels zowel de constructie als de bediening ervan moet voldoen. Tot slot worden voorkeuren van Stichting Stadshaven en de omgeving in acht genomen binnen dit programma.

Door middel van een beschrijvend onderzoek kan het programma van eisen worden vertaald in een omschrijving van de gewenste situatie. Tot slot wordt hieraan, door literatuur onderzoek verworven, informatie betreffende organisatie en besluitvorming toegevoegd.

Het resultaat van het uitvoeren van deze stap zal een onderbouwd antwoord kunnen geven op deelvraag twee:

Aan welke eisen moet de aangepaste ophaalbrug voldoen?



C. Analyse proces

De derde, uitvoerende stap in het onderzoek is het analyse proces. In dit proces wordt aan de hand van het opstellen van varianten en het uitvoeren van een multicriteria-analyse, een keuze gemaakt in welke aanpassingen aan de constructie van de Sint Maartenbrug het meest passend zullen zijn binnen het programma van eisen en welke het meest aansluiten bij de omschreven gewenste situatie.

Door literatuur en exploratief onderzoek naar verschillende invalshoeken en aanpassingstypen zullen mogelijke varianten kunnen worden opgesteld. Deze varianten worden, binnen het theoretisch kader en het opgestelde programma van eisen, afgewogen met behulp van inspraak vanuit betrokken partijen.

Door exploratief onderzoek worden betrokkenpartijen benaderd en gevraagd naar voorkeuren, wensen en eisen, rondom de varianten keuze. Hierbij wordt rekening gehouden met de organisatie en besluitvoering binnen de Gemeente Goes. Als eigenaar van de brug betreft de gemeente een politiek ambtelijk orgaan, waarbij politieke besluitvorming een belangrijke rol speelt. Ook wordt een exploratief onderzoek uitgevoerd waarbij externe vakgerichte bedrijven worden benaderd om adviezen in te winnen betreft het maken van een keuze tussen de opgestelde varianten.

De daadwerkelijke keuze wordt gemaakt door het uitvoeren van een multicriteria-analyse. Hierbij worden op basis van belangen van betrokken partijen criteria opgesteld. Aan deze criteria zal een weging worden toegekend op basis van paarsgewijs vergelijken. Tot slot zal de volledige effectentabel doorgerekend worden en zal blijken welke variant als beste uit de analyse komt. Het resultaat is dat één of meerdere aanpassingen als meest gunstig worden bevonden. Door een aanvullend literatuuronderzoek wordt verdiepende informatie verworven voor de gekozen varianten, dat als onderbouwing zal dienen voor gemaakte ontwerpkeuzen. Het geheel van relevante informatie en gemaakte keuzen, zal door beschrijvend onderzoek worden verwerkt.

Het resultaat van het uitvoeren van deze stap zal een onderbouwd antwoord kunnen geven op deelvragen drie en vier:

Wat zijn mogelijke varianten in het aanpassen van de brug?

&

Wat is de meest gunstige bedieningsvariant?



D. Uitwerking

De aanpassingen welke tijdens het analyse proces als meest gunstig zijn bevonden, worden in de vierde stap van het onderzoek uitgewerkt. Hierbij zal in de eerste plaats worden vastgesteld waaraan de vormgeving van de aanpassing zal moeten voldoen. Vervolgens worden ontwerp- en materiaalkeuze gemaakt, met behulp van een literatuur- en exploratief onderzoek naar benodigde parameters voor dimensionering en detaillering. Nadat de benodigde parameters zijn verzameld, worden aan de hand van een toetsend onderzoek, constructieberekeningen gemaakt om de dimensionering vast te stellen. Tot slot worden de resultaten en uitkomsten als simulatie onderzoek, vertaald in detailleringstekeningen.

Het resultaat van het uitvoeren van deze stap zal een onderbouwd antwoord kunnen geven op deelvragen vijf en zes:

Welke materialen, afmetingen en toepassingen zijn volgens logica en berekeningen benodigd voor de realisatie van de aanpassingen?

&

Wat wordt de vormgeving van de aanpassingen op de brug?

E. Conclusies en aanbevelingen

De laatste stap van het onderzoek is een beschrijvend onderzoek, waarbij alle voorgaande resultaten worden samengevat. In een conclusie wordt antwoord gegeven op de deelvragen en de hoofdvraag. De aanbevelingen vormen een compleet en helder advies voor de meest passende aanpassingen aan de Sint Maartenbrug, te Goes.

Het resultaat van het uitvoeren van deze stap zal een onderbouwd antwoord kunnen geven op deelvraag zeven:

Welke onderbouwde adviezen kunnen de oplossing voor het praktijkprobleem bieden?





Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage III. Foto's en Tekeningen

- A. Positie aanduiding
- B. De brug als geheel
- C. De hameipoort
- D. Het brugdek
- E. Details

Afstuderen 2016

Studente:
Jaimy-Ellen Hendrickx

School:
HZ University of Applied Sciences

Stagebedrijf:
Ingenieursbureau Gemeente Goes

Aanpassingen

Sint Maartenbrug

Bijlage III.

Foto's en Tekeningen

Afstuderen 2016

Studente: Jaimy-Ellen Hendrickx
Studentnr: 00061120
Cursus: CU11020 – DA Afstudeerstage
Opleiding: Civiele Techniek
School: HZ University of Applied Sciences
Docent: H.A. Bakker
Stagebedrijf: Ingenieursbureau Gemeente Goes
Begeleider: B. Suijkerbuijk
Datum: 06 juni 2016



Inhoudsopgave

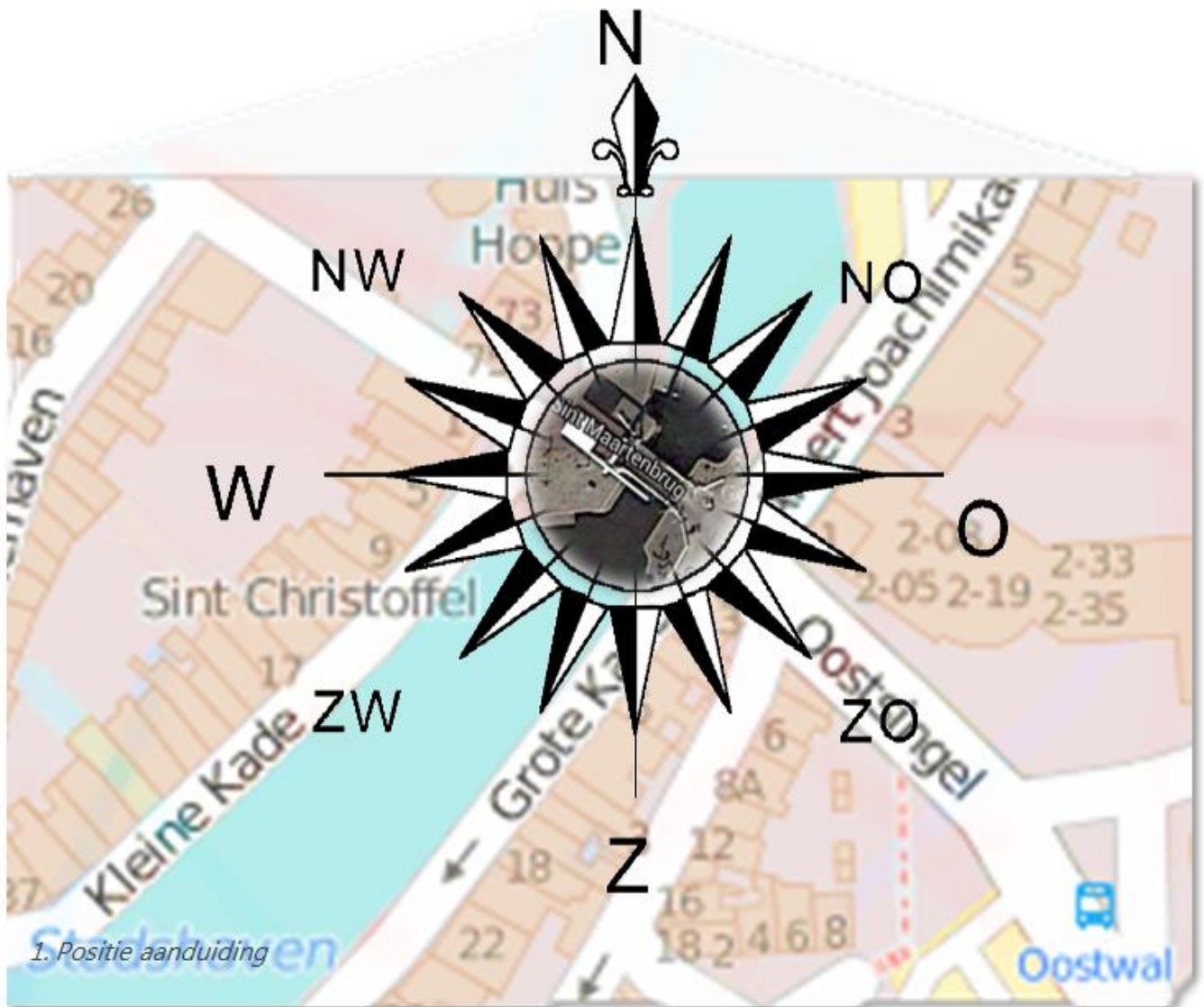
BIJLAGE III. FOTO'S EN TEKENINGEN	1
A. POSITIE AANDUIDING.....	1
B. DE BRUG ALS GEHEEL	2
C. DE HAMEIPOORT	3
D. HET BRUGDEK.....	5
E. DETAILS	6



Bijlage III. Foto's en Tekeningen

In deze bijlage is een fotoreportage van de Sint Maartenbrug opgenomen. Bij de foto's, waar gewenst is meer gedetailleerde informatie te krijgen, zijn detailtekeningen toegevoegd. Bij elke foto is tekstueel vermeldt wat er op de foto te zien is en vanuit welke richting de foto genomen is. De foto's zijn in vier groepen ingedeeld. Te verstaan: De brug als geheel, de hameipoort, het brugdek en details. Hieronder staat eerste een positie aanduiding om te vertalen vanuit welke richting foto's genomen zijn.

A. Positie aanduiding



1. Positie aanduiding



B. De brug als geheel



2. Sint Maartenbrug 1974

3. Sint Maartenbrug 2016





4. De gehele brug in geopende positie
Foto genomen vanaf het zuiden



5. De gehele brug in gesloten positie
Foto genomen vanaf het noorden



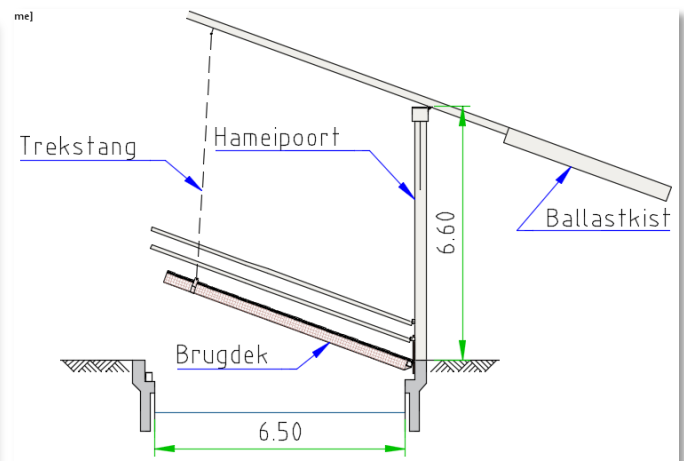
6. De gehele brug in
gesloten positie
Foto genomen vanaf
het zuiden



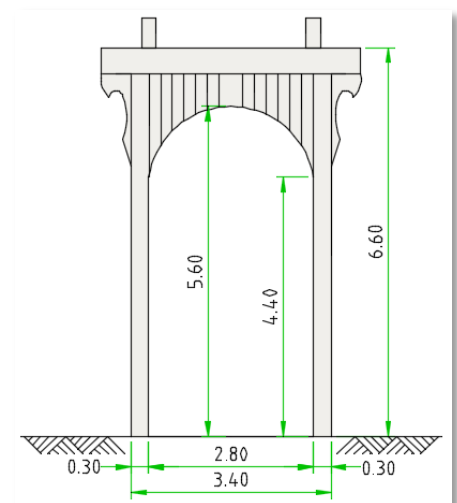
7. De gehele brug in gesloten positie
Foto genomen vanaf het noorden



8. De gehele brug met profiel van vrije ruimte voor fiets- en voetgangersverkeer
Foto genomen vanaf het noordwesten



9. Tekening van de opbouw van de brug, voorzien van basis afmetingen
Aanzicht vanaf het noordoosten



10. Tekening van de opbouw van de brug, voorzien van basis afmetingen
Aanzicht vanaf het noordwesten

C. De hameipoort



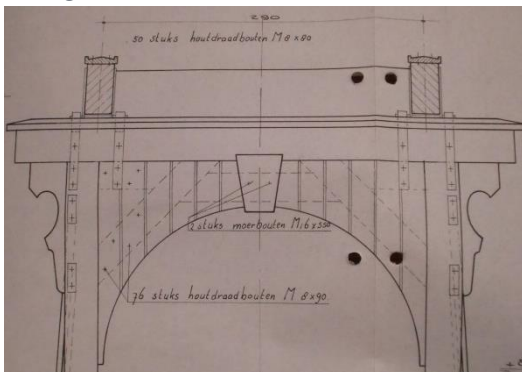
11. De hameipoort
Foto genomen vanaf het zuidoosten



12. De zuidoostzijde van het sierstuk van de hameipoort
Foto genomen vanaf het oosten



13. De noordwest zijde van het sierstuk van de hameipoort
Foto aenomen vanaf het noorden



14. Schetstekening van het sierstuk van de hameipoort
Aanzicht vanaf het zuidoosten

D. Het brugdek



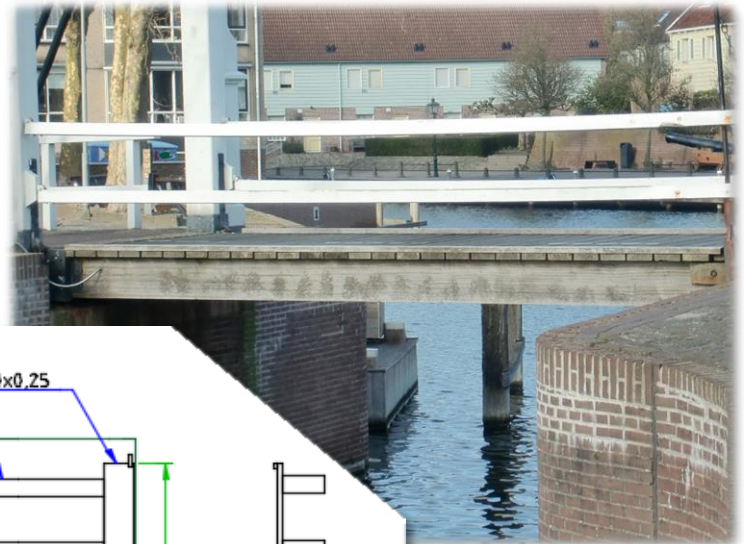
15. Onderkant brugdek
Foto genomen vanaf het zuiden



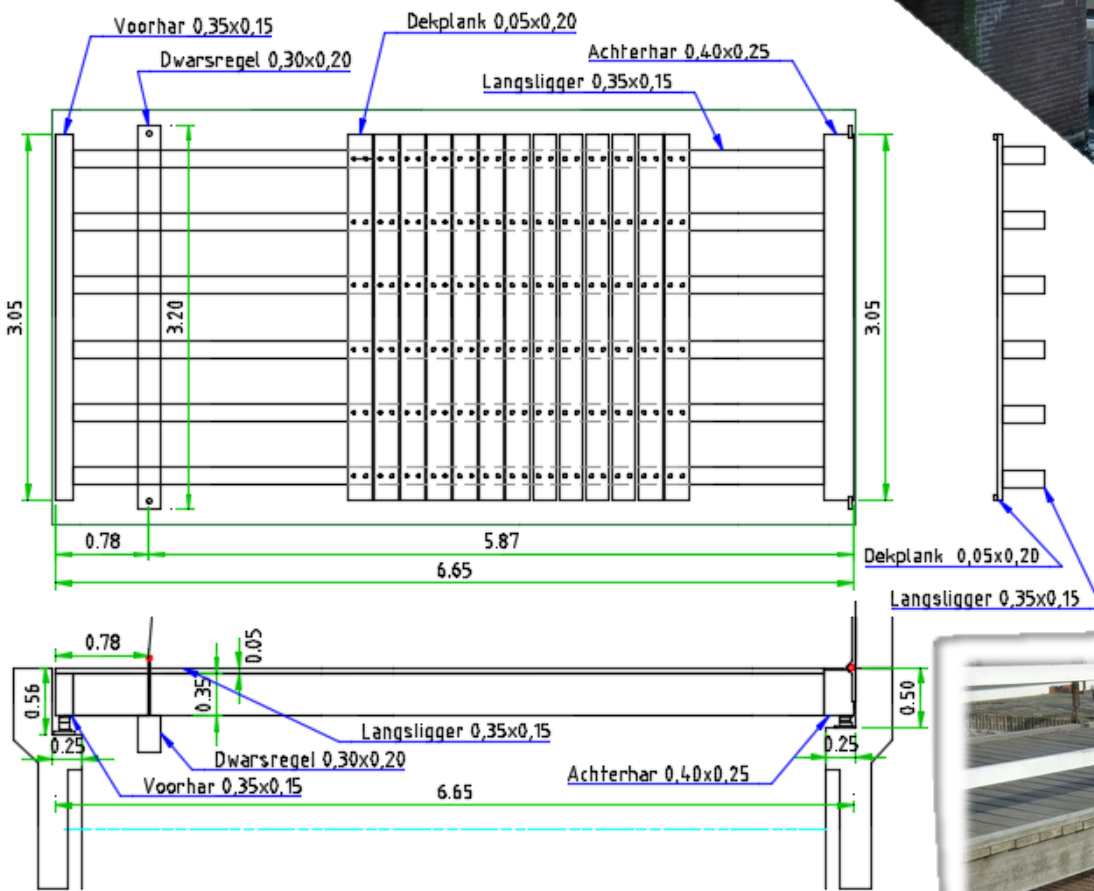
16. Bovenkant brugdek
Foto genomen vanaf
het noordwesten



17. Bovenkant brugdek
Foto genomen vanaf
het zuidoosten



18. Zijkantkant brugdek
Foto genomen
vanaf het zuiden



19. Tekeningen van het brugdek
Bovenaanzicht 2 lagen, langsdoorsnede, dwarsdoorsnede



18. Zijkantkant brugdek
Foto genomen
vanaf het westen



E. Details



21. Lantaarnverlichting onder de hameipoort
Foto genomen vanaf het zuidoosten

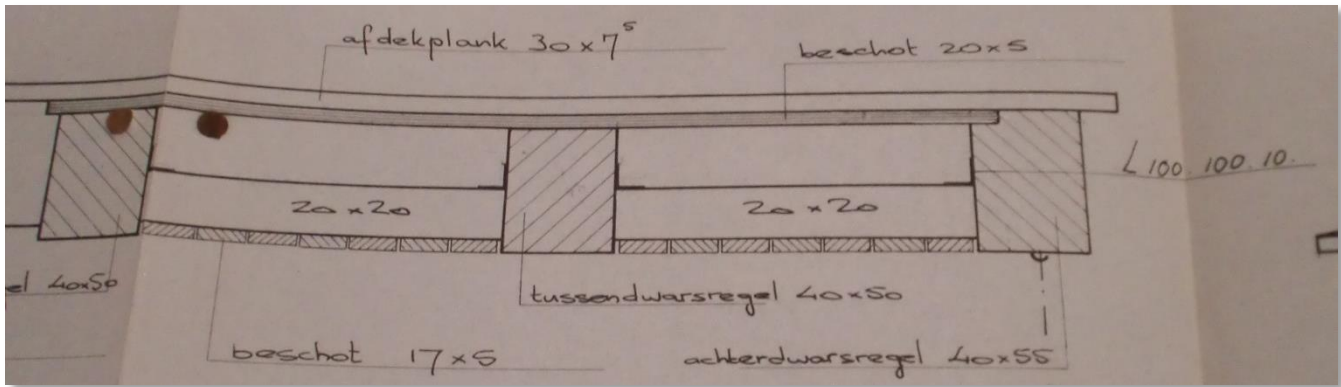
20. Lichtkunstwerk, bevestigd onder het brugdek.
Spiegeltekst op het water: "Omnia Venitas" (alles is ijdelheid)
Foto genomen vanaf het noorden



22. Nostalgisch karakter: anker
Foto genomen vanaf het zuiden



23. Nostalgisch karakter: kanon
Foto genomen vanaf het noorden



24. Tekening van langsdoorsnede ballastkist



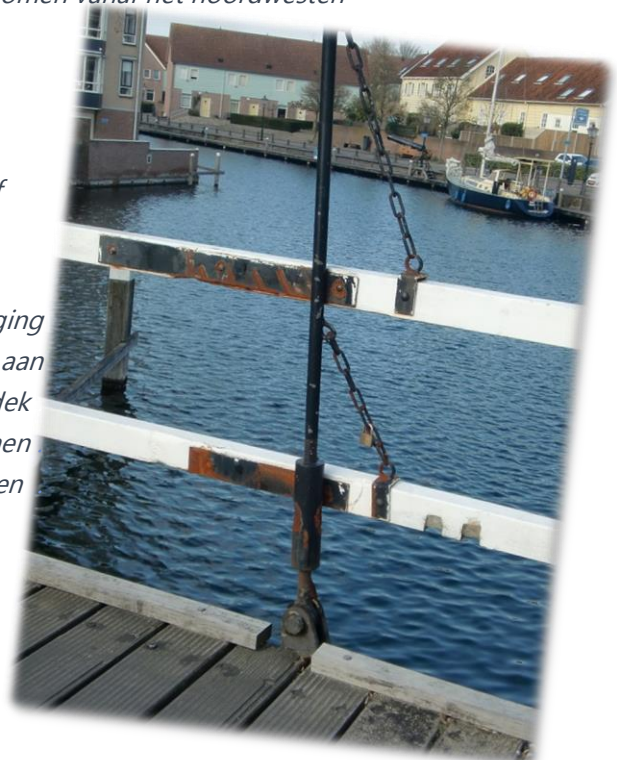
26. Onderzijde van de balastkist
Foto genomen vanaf het noorden

25. Onderzijde van de balastkist
Foto genomen vanaf het noordwesten



27. Trekstangen
Foto genomen vanaf
het westen

28. Bevestiging
trekstangen aan
leuning en dek
Foto genomen
vanaf het zuiden

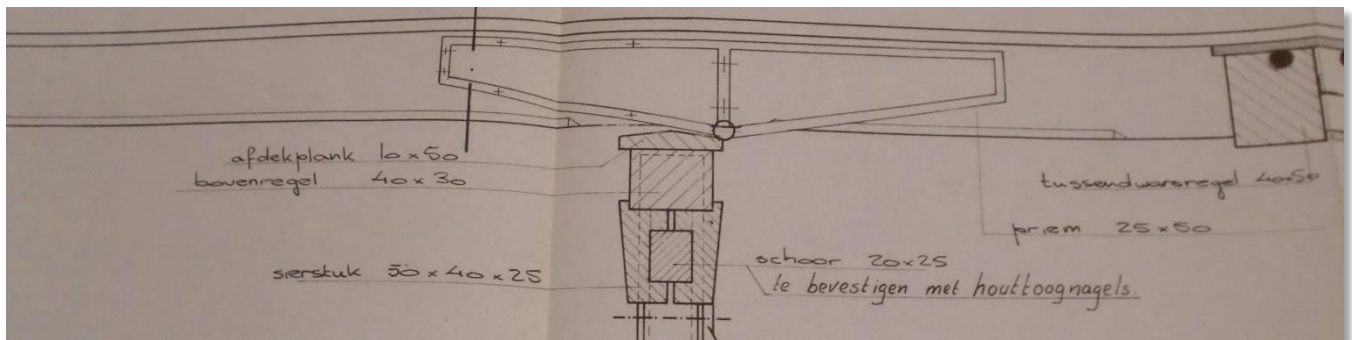




29. Scharnieren balanspriemen
Foto genomen vanaf het noordenwesten



30. Scharnieren balanspriemen
Foto genomen vanaf het noorden

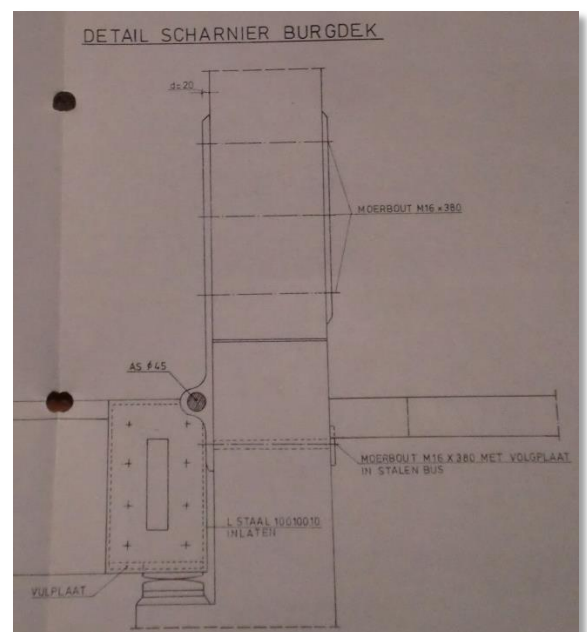


31. Detailtekening van scharnierverbinding balanspriemen met hameipoort

32. Scharnieren leuning en dek
Foto genomen vanaf het zuidoosten



33. Scharnieren leuning en dek
Foto genomen vanaf het zuidoosten



34. Detailtekening van scharnierverbinding
brugdek met hameipoort

35. Handmatig bediende houten slagboom
Foto genomen vanaf het oosten



36. Vergrendeling brugdek
Foto genomen vanaf het noordwesten



37. Vergrendeling trekketting vanaf ballastkist
Foto genomen vanaf het westen



38. Vergrendeling voor ballastkist
in openstaande positie
Foto genomen vanaf het noordwesten



Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage IV. Controle berekening

- A. Het controleren van de huidige constructie op sterkte, doorbuiging en resonantie.
- B. Het bepalen van de variatie in benodigde trekkracht, ten gevolge van gewicht-wisseling van het val.

Afstuderen 2016

Studente:
Jaimy-Ellen Hendrickx

School:
HZ University of Applied Sciences

Stagebedrijf:
Ingenieursbureau Gemeente Goes

Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage IV. Controle berekening

Afstuderen 2016

Studente: Jaimy-Ellen Hendrickx
Studentnr: 00061120
Cursus: CU11020 – DA Afstudeerstage
Opleiding: Civiele Techniek
School: HZ University of Applied Sciences
Docent: H.A. Bakker
Stagebedrijf: Ingenieursbureau Gemeente Goes
Begeleider: B. Suijkerbuijk
Datum: 06 juni 2016



Inhoudsopgave

BIJLAGE IV. CONTROLE BEREKENING	1
A. CONSTRUCTIE BEREKENING	1
BRUGDEKPLANKEN.....	1
1. BELASTINGEN.....	2
Permanente belasting	2
Veranderlijke belasting.....	2
Bijzondere belasting	2
2. UITERSTE GRENSTOESTAND [STERKTE CONTROLE]	4
Fundamentele combinatie	4
Bijzondere combinatie.....	4
3. GEBRUIKSGRENSTOESTAND [DOORBUIGING CONTROLE]	5
Doorbuiging door veranderlijke belasting.....	5
Doorbuiging door permanente en veranderlijke belasting.....	5
LANGSLIGGERS.....	6
1. BELASTINGEN.....	7
Permanente belasting	7
Veranderlijke belasting.....	7
Bijzondere belasting	8
2. UITERSTE GRENSTOESTAND [STERKTE CONTROLE]	8
Fundamentele combinatie	9
Bijzondere combinatie.....	9
3. GEBRUIKSGRENSTOESTAND [DOORBUIGING CONTROLE]	10
Doorbuiging door veranderlijke belasting.....	10
Doorbuiging door permanente en veranderlijke belasting.....	10
RESONANTIE	11
B. TREKKRACHT BEREKENING.....	12
DROGE SITUATIE.....	12
NATTE SITUATIE	14



Bijlage IV. Controle berekening

Deze bijlage bestaat uit twee onderdelen. Het eerste onderdeel is een constructie berekening waarbij wordt vastgesteld of de huidige dekconstructie voldoet aan de tegenwoordig gestelde regels betreft spanning en doorbuiging. Het tweede gedeelte betreft de bepaling van de gewichtstoename van het dek en de toename in trekkracht voor de brugwachter.

A. Constructie berekening

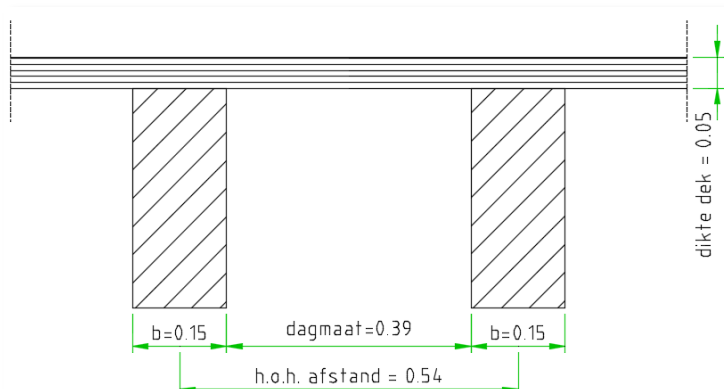
Om vast te stellen of de constructie van het val voldoet aan de geldende normen, worden de brugdekplanken en de langsliggers gecontroleerd op sterkte en doorbuiging en wordt gecontroleerd of er geen resonantie gevaar is. Alle berekeningen zijn gebaseerd op de normen van Eurocode 5., deel 3. Allereerst worden een aantal gegevens op een rijtje gezet:

Brugdekplanken	breedte:	$b = 200 \text{ mm}$
	dikte:	$h = 50 \text{ mm}$
Langsliggers	breedte:	$b = 150 \text{ mm}$
	hoogte:	$h = 350 \text{ mm}$
Bruglengte	theoretische oversp.	$L_0 = 6500 \text{ mm}$
Houtsoort: Azobé	Volumiek gewicht:	$\rho = 10.500 \text{ N/m}^3$
	Sterkteklasse:	K70
	Buigsterkte:	$F_m = 70 \text{ N/mm}^2$
	Klimaatklasse:	III (vochtige ruimten)
	Duurzaamheidsklasse	II (blootgesteld aan weer en wind)
Duurzaamheid	Belastingduurklasse	I (lang: $t \geq 15 \text{ jaar}$)
		III (kort: $5 \text{ sec.} \leq t \leq \frac{1}{2} \text{ jaar}$)

Brugdekplanken

De controle berekening voor de brugdekplanken wordt in stappen uitgevoerd. Eerst wordt de te beschouwen situatie geschetst, waarna de voorkomende belastingen worden bepaald. Aan de hand van deze belastingen worden berekeningen gemaakt betreffende het voldoen aan de uiterste grenstoestanden (sterkte controle) en de bruikbaarheidsgrenstoestanden (doorbuiging controle).

In afbeelding 1. is weergegeven met welke afmetingen gerekend zal worden. De overspanning van de dekplaten is gelijk aan de dagmaat tussen de langsliggers ($d = \text{h.o.h. afstand van de liggers} - 2 \cdot \frac{1}{2}b$), plus de dikte van de planken. $L = (540 - 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 150) + 50 = 440 \text{ mm}$.



Afbeelding 1. Theoretische overspanning brugdekplanken

1. Belastingen

Op de dekplanken werken drie soorten belastingen:

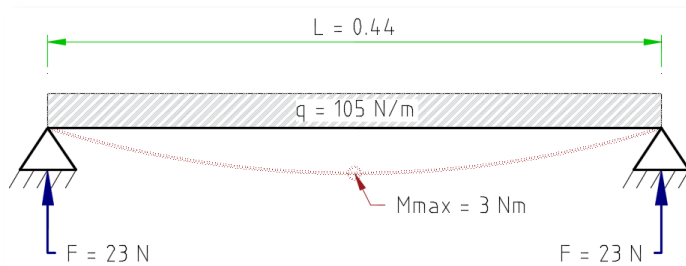
Permanente belasting

Deze belasting is altijd aanwezig, belastingduurklasse I, en bestaat uit het eigen gewicht van de planken per strekkende meter plank.

$$G_k = h \cdot b \cdot \rho \rightarrow G_k = 0,050 \cdot 0,200 \cdot 10.500 = 105 \text{ N/m}$$

Ten gevolge van de permanente belasting ontstaat een maximaal moment in het midden van de overspanning. In afbeelding 2. Is het belastingschema weergegeven.

$$M_{g,k} = \frac{1}{8} \cdot G_k \cdot L^2 \rightarrow M_{g,k} = \frac{1}{8} \cdot 105 \cdot 0,440^2 = 3 \text{ N}\cdot\text{m}$$



Afbeelding 2. Belastingschema permanente belasting

Veranderlijke belasting

Deze belasting is tijdelijk aanwezig, belastingduurklasse III, en bestaat voor de dekplanken uit de mobiele belasting. Dit betreft het fiets- en voetgangersverkeer dat de brug gebruikt. De waarde van deze belasting, voor een kleinere overspanning dan 10m, is vastgesteld op: $P_{q,k}$ 5 kN/m². Voor de karakteristieke waarde dient deze belasting omgezet te worden naar strekkende meter plank.

$$P_{q,k} = b \cdot P_{q,k} \rightarrow Q_k = 0,200 \cdot 5.000 = 1.000 \text{ N/m}$$

Voor de totale waarde van de veranderlijke belasting dienen wrijvingskrachten, welke ontstaan door de beweegbare opleggingen, ingecalculeerd te worden. Deze wrijvingskrachten worden vertaald in de factoren stootcoëfficiënt (S_c) en las-lengtefactor (L_f).

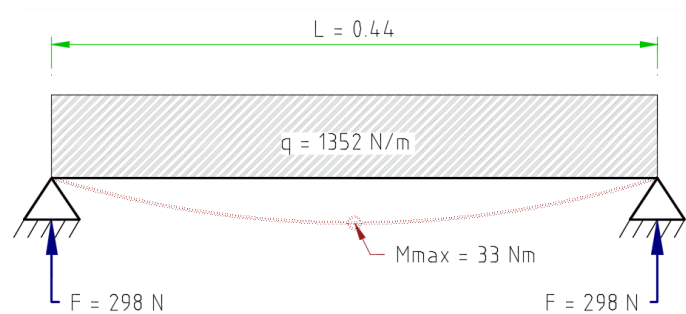
$$S_c = 1 + 40 / (100 + L_0) \rightarrow S_c = 1 + 40 / (100 + 6,50) = 1,38$$

$$L_f = 0,60 + 40 / (100 + L_0) \rightarrow L_f = 0,6 + 40 / (100 + 6,50) = 0,98$$

$$Q_k = P_{q,k} \cdot S_c \cdot L_f \rightarrow Q_k = 1.000 \cdot 1,38 \cdot 0,98 = 1352 \text{ N/m}$$

Ten gevolge van de veranderlijke belasting ontstaat een maximaal moment in het midden van de overspanning. In afbeelding 3. is belastingschema weergegeven.

$$M_{q,k} = \frac{1}{8} \cdot Q_k \cdot L^2 \rightarrow M_{q,k} = \frac{1}{8} \cdot 1352 \cdot 0,440^2 = 33 \text{ N}\cdot\text{m}$$



Afbeelding 3. Belastingschema veranderlijke belasting

Bijzondere belasting

Om rekening te houden met de mogelijkheid op het ontstaan van extra belastingen, bijvoorbeeld ten behoeve van onderhoud of het tijdelijk wegzetten van zware objecten, wordt een verticale, geconcentreerde belasting in beschouwing genomen. Deze belasting wordt gesitueerd in een extreme situatie, dit houdt in dat de belasting te midden van de overspanning werkt op een klein oppervlak van 100 mm x 100 mm. De waarde van deze belasting is vastgesteld in de norm.

$$F_{A,k} = 7000 \text{ N}$$

Ten gevolge van de bijzondere belasting ontstaat een maximaal moment in het midden van de overspanning. Voor deze berekening dient de puntlast omgezet te worden in een q-last.

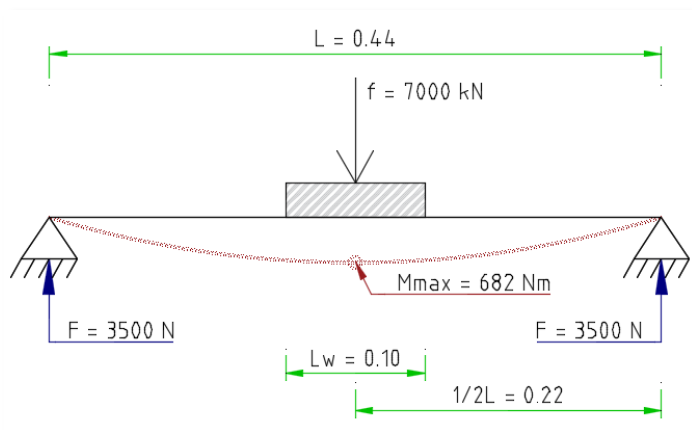
$$Q_{A,k} = F_{A,k} / L_w \quad \rightarrow \quad Q_{A,k} = 7000 / 0,100 = 70.000 \text{ N/m}$$

Het totale moment bestaat uit een moment ten gevolge van de oplegreactie (M_{or}) minus het moment ten gevolge van de q-last (M_{ql}). In afbeelding 4 is belastingsschema weergegeven.

$$M_{or} = \frac{1}{2} \cdot F_{A,k} \cdot \frac{1}{2} \cdot L \quad \rightarrow \quad M_{or} = \frac{1}{2} \cdot 7000 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,440 = 770 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{ql} = Q_{A,k} \cdot \frac{1}{2} \cdot L_w \cdot \frac{1}{4} \cdot L_w \quad \rightarrow \quad M_{ql} = 70.000 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,100 \cdot \frac{1}{4} \cdot 0,100 = 88 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{A,k} = M_{or} - M_{ql} \quad \rightarrow \quad M_{A,k} = 770 - 88 = 682 \text{ N}\cdot\text{m}$$



Afbeelding 4. Belastingsschema bijzondere belasting

2. Uiterste grenstoestand [sterkte controle]

De sterkte van de brugdekplanken wordt bepaald door het berekenen van de spanning in de doorsnede, welke optreedt ten gevolge van de voorkomende momenten. Hierbij worden de momenten vermenigvuldigd met vastgestelde partiële belastingfactoren (γ) per belastingtype. De waarden van de gecombineerde momenten wordt gedeeld door het weerstandsmoment (W) van de doorsnede.

Permanente belasting $\gamma_G = 1,2$

Veranderlijke belasting $\gamma_Q = 1,5$

Bijzondere belasting $\gamma_A = 1,0$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 \rightarrow W = \frac{1}{6} \cdot 200 \cdot 50^2 = 83.333 \text{ mm}^3$$

Er wordt onderscheid gemaakt tussen fundamentele en bijzondere belasting combinaties.

Fundamentele combinatie

Aan de hand van de belasting combinatie van permanente en veranderlijke belasting, kan de optredende spanning worden berekend.

$$M_F = \gamma_G \cdot M_{g,k} + \gamma_Q \cdot M_{q,k} \rightarrow M_F = 1,2 \cdot 3 + 1,5 \cdot 33 = 53 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\sigma_F = M_F / W \rightarrow \sigma_F = 53 \cdot 10^3 / 83.333 = 0,64 \text{ N/mm}^2$$

Voor het bepalen van de maximaal toegestane spanning in de doorsnede, met bepaalde buigsterkte (f_m), dienen vastgestelde materiaalfactor (γ_m), modificatiefactor (k_{mod}) en hoogtefactor (k_h) voor sterkteberekeningen, ingecalculeerd te worden.

Materiaalfactor $\gamma_m = 1,2$ factor voor hout

Modificatiefactor $k_{mod} = 0,6$ factor voor belastingduurklasse I en klimaatklasse III

Hoogtefactor $k_h = 1,0$ factor voor sterkteklasse D70

De maximaal toegestane spanning bedraagt:

$$\sigma_{F,max} = f_m / \gamma_m \cdot k_{mod} \cdot k_h \rightarrow \sigma_{1,max} = 70 / 1,2 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 35 \text{ N/mm}^2$$

Controle fundamentele combinatie: $0,64 \text{ N/mm}^2 < 35 \text{ N/mm}^2$

→ De brugdekplaten voldoen ruimschoots aan de uiterste grenstoestand!

Bijzondere combinatie

Aan de hand van de belasting combinatie van permanente en bijzondere belasting, kan de optredende spanning worden berekend.

$$M_B = \gamma_G \cdot M_{g,k} + \gamma_A \cdot M_{A,k} \rightarrow M_B = 1,2 \cdot 3 + 1,0 \cdot 682 = 686 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\sigma_B = M_B / W \rightarrow \sigma_B = 686 \cdot 10^3 / 83.333 = 8,23 \text{ N/mm}^2$$

Voor het bepalen van de maximaal toegestane spanning in de doorsnede, met bepaalde buigsterkte (f_m), dienen vastgestelde materiaalfactor (γ_m), modificatiefactor (k_{mod}) en hoogtefactor (k_h) voor sterkteberekeningen, ingecalculeerd te worden.

Materiaalfactor $\gamma_m = 1,2$ factor voor hout

Modificatiefactor $k_{mod} = 1,1$ factor voor bijzondere belasting

Hoogtefactor $k_h = 1,0$ factor voor sterkteklasse D70

De maximaal toegestane spanning bedraagt:

$$\sigma_{1,max} = f_m / \gamma_m \cdot k_{mod} \cdot k_h \rightarrow \sigma_{1,max} = 70 / 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 64 \text{ N/mm}^2$$

Controle bijzondere combinatie: $8,23 \text{ N/mm}^2 < 64 \text{ N/mm}^2$

→ De brugdekplaten voldoen ruimschoots aan de uiterste grenstoestand!



3. Gebruiksgrenstoestand [doorbuiging controle]

Voor het berekenen van de doorbuiging (u_z) in de doorsnede ter plaatse van het maximale moment, zijn de onderstaande vastgestelde waarden van toepassing voor doorbuiging berekeningen. Ook dient het traagheidsmoment (I) ingecalculleerd te worden. Er worden twee situaties onderscheiden.

Elasticiteitsmodulus $E_0 = 17.000 \text{ N/mm}^2$

Materiaalfactor $\gamma_m = 1,0$ factor voor hout

Modificatiefactor $k_{mod} = 0,8$ factor voor klimaatklasse III

$$I = 1/12 \cdot b \cdot h^3 \rightarrow I = 1/12 \cdot 200 \cdot 50^3 = 2.083.333 \text{ mm}^4$$

Doorbuiging door veranderlijke belasting

Voorwaarde: $u_z \leq L/300$

Eerst wordt de rekenwaarde van de elasticiteitsmodulus bepaald door de standaard waarde hiervan (E_0) te reduceren met de materiaalfactor (γ_m) en de modificatie factor (k_{mod}).

$$E_d = (E_0 / \gamma_m) \cdot k_{mod} \rightarrow E_d = (17.000 / 1,0) \cdot 0,80 = 13.600 \text{ N/mm}^2$$

Vervolgens kan de doorbuiging worden berekend.

$$u_z = 5/48 \cdot (M_{q,k} \cdot L^2) / (E_d \cdot I) \rightarrow u_z = 5/48 \cdot (33 \cdot 10^3 \cdot 440^2) / (13.600 \cdot 2.083.333) = 0,235 \text{ mm}$$

$$\text{De maximaal toegestane doorbuiging bedraagt: } u_{z,max} = L / 300 \rightarrow 440 / 300 = 1,467 \text{ mm}$$

Controle doorbuiging t.g.v. veranderlijke belasting: $0,235 \text{ mm} < 1,467 \text{ mm}$

→ De brugdekplaten voldoen aan de bruikbaarheidsgrenstoestand!

Doorbuiging door permanente en veranderlijk belasting

Voorwaarde : $u_z \leq L/200$

Eerst wordt de rekenwaarde van de elasticiteitsmodulus bepaald van zowel de permanente als de veranderlijke belasting. Hiertoe wordt de standaard waarde van de elasticiteitsmodulus (E_0) gereduceerd door de materiaalfactor (γ_m) en de modificatie factor (k_{mod}). Ook dient hierbij rekening gehouden te worden met de invloed van kruip, door het toepassen van de kruipfactor (ψ_{def}).

Vervolgens kan de doorbuiging worden berekend.

Permanente belasting

Kruipfactor $\psi_{def} = 0,80$

$$E_{d,p} = (E_0 / (\gamma_m \cdot (1 + \psi_{def}))) \cdot k_{mod} \rightarrow E_{d,p} = (17.000 / (1,0 \cdot (1 + 0,80))) \cdot 0,80 = 7.556 \text{ N/mm}^2$$

$$u_{z,p} = 5/48 \cdot (M_{g,k} \cdot L^2) / (E_{d,p} \cdot I) \rightarrow u_{z,p} = 5/48 \cdot (3 \cdot 10^3 \cdot 440^2) / (7.556 \cdot 2.083.333) = 0,004 \text{ mm}$$

Veranderlijke belasting

Kruipfactor $\psi_{def} = 0,25$

$$E_{d,v} = (E_0 / (\gamma_m \cdot (1 + \psi_{def}))) \cdot k_{mod} \rightarrow E_{d,v} = (17.000 / (1,0 \cdot (1 + 0,25))) \cdot 0,80 = 10.880 \text{ N/mm}^2$$

$$u_{z,v} = 5/48 \cdot (M_{q,k} \cdot L^2) / (E_{d,v} \cdot I) \rightarrow u_{z,v} = 5/48 \cdot (33 \cdot 10^3 \cdot 440^2) / (10.880 \cdot 2.083.333) = 0,029 \text{ mm}$$

$$\text{Totale doorbuiging: } u_z = u_{z,p} + u_{z,v} \rightarrow u_z = 0,004 + 0,029 = 0,033 \text{ mm}$$

$$\text{De maximaal toegestane doorbuiging bedraagt: } u_{z,max} = L / 200 \rightarrow 440 / 200 = 2,200 \text{ mm}$$

Controle doorbuiging t.g.v. permanente en veranderlijke belasting: $0,033 \text{ mm} < 2,200 \text{ mm}$

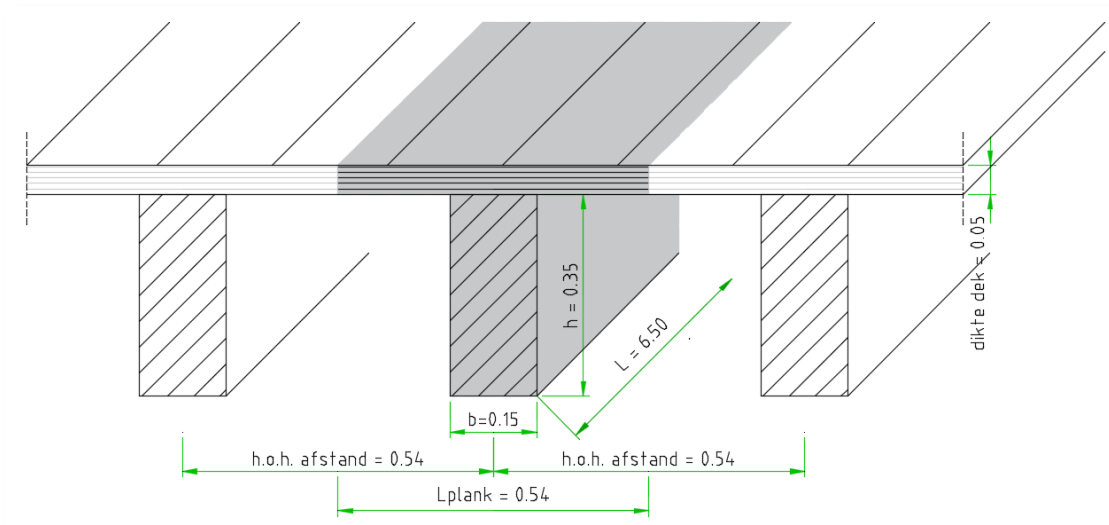
→ De brugdekplaten voldoen aan de bruikbaarheidsgrenstoestand!



Langsliggers

De controle berekening voor de langsliggers wordt in stappen uitgevoerd. Net als bij de brugdekplaten wordt eerst de te beschouwen situatie geschetst, waarna de voorkomende belastingen worden bepaald. Aan de hand van deze belastingen worden berekeningen gemaakt betreffende het voldoen aan de uiterste grenstoestanden (sterkte controle) en de bruikbaarheidsgrenstoestanden (doorbuiging controle).

In afbeelding5. is weergegeven met welke afmetingen gerekend zal worden. De langsliggers aan de zijkant worden minder belast dan die in het midden. Voor de berekening wordt een maatgevende ligger gebruikt, een midden ligger.



Afbeelding 5. Te hanteren afmetingen

1. Belastingen

Op de langsliggers werken drie soorten belastingen:

Permanente belasting

Deze belasting is altijd aanwezig, belastingduurklasse I, en bestaat uit het eigen gewicht van de langsligger, plus het eigengewicht van de erop rustende planken, per strekkende meter ligger.

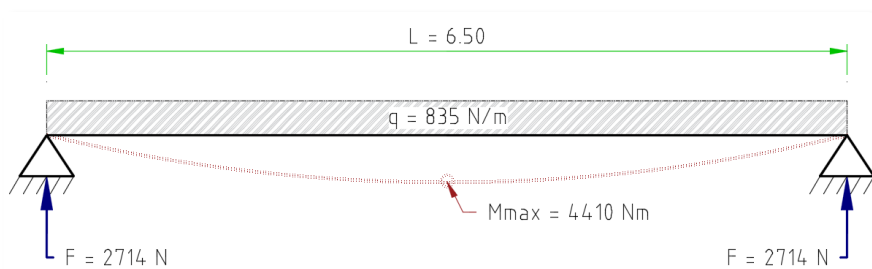
$$G_{\text{plank}} = L_{(\text{h.o.h. afstand liggers})} \cdot h \cdot \rho \rightarrow G_{\text{plank}} = 0,540 \cdot 0,050 \cdot 10.500 = 284 \text{ N/m}$$

$$G_{\text{ligger}} = b \cdot h \cdot \rho \rightarrow G_{\text{ligger}} = 0,15 \cdot 0,35 \cdot 10.500 = 551 \text{ N/m}$$

$$G_k = G_{\text{plank}} + G_{\text{ligger}} \rightarrow G_k = 284 + 551 = 835 \text{ N/m}$$

Ten gevolge van de permanente belasting ontstaat een maximaal moment in het midden van de overspanning. In afbeelding 6. is belastingschema weergegeven.

$$M_{g,k} = \frac{1}{8} \cdot G_k \cdot L^2 \rightarrow M_{g,k} = \frac{1}{8} \cdot 835 \cdot 6,50^2 = 4.410 \text{ N}\cdot\text{m}$$



Afbeelding 6. Belastingschema permanente belasting

Veranderlijke belasting

Deze belasting is tijdelijk aanwezig, belastingduurklasse III, en bestaat voor de langsliggers uit de mobiele belasting. Dit betreft het fiets- en voetgangersverkeer dat de brug gebruikt. De waarde van deze belasting, voor een kleinere overspanning dan 10m, is vastgesteld op: $P_{q,k}$ 5 kN/m². Voor de karakteristieke waarde dient deze belasting omgezet te worden naar strekkende meter plank.

$$P_{q,k} = L_{(\text{h.o.h. afstand liggers})} \cdot P_{q,k} \rightarrow Q_k = 0,540 \cdot 5.000 = 2.700 \text{ N/m}$$

Voor de totale waarde van de veranderlijke belasting dienen wrijvingskrachten, welke ontstaan door de beweegbare opleggingen, ingecalculeerd te worden. Deze wrijvingskrachten worden vertaald in de factoren stootcoëfficiënt (S_c) en las-lengtefactor (L_f).

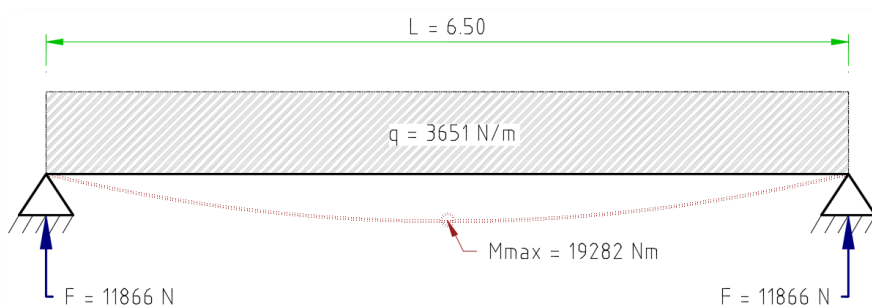
$$S_c = 1 + 40 / (100 + L_0) \rightarrow S_c = 1 + 40 / (100 + 6,50) = 1,38$$

$$L_f = 0,60 + 40 / (100 + L_0) \rightarrow L_f = 0,6 + 40 / (100 + 6,50) = 0,98$$

$$Q_k = P_{q,k} \cdot S_c \cdot L_f \rightarrow Q_k = 2700 \cdot 1,38 \cdot 0,98 = 3651 \text{ N/m}$$

Ten gevolge van de veranderlijke belasting ontstaat een maximaal moment in het midden van de overspanning. In afbeelding 7. is belastingschema weergegeven.

$$M_{q,k} = \frac{1}{8} \cdot Q_k \cdot L^2 \rightarrow M_{q,k} = \frac{1}{8} \cdot 3651 \cdot 6,50^2 = 19.282 \text{ N}\cdot\text{m}$$



Afbeelding 7. Belastingschema veranderlijke belasting

Bijzondere belasting

Om rekening te houden met de mogelijkheid op het ontstaan van extra belastingen, bijvoorbeeld ten behoeve van onderhoud of het tijdelijk wegzetten van zware objecten, wordt een verticale, geconcentreerde belasting in beschouwing genomen. Deze belasting wordt gesitueerd in een extreme situatie, dit houdt in dat de belasting te midden van de overspanning werkt, op een klein oppervlak van 100 mm x 100 mm. De waarde van deze belasting is vastgesteld in de norm.

$$F_{A,k} = 7000 \text{ N}$$

Ten gevolge van de bijzondere belasting ontstaat een maximaal moment in het midden van de overspanning. Voor deze berekening dient de puntlast omgezet te worden in een q-last.

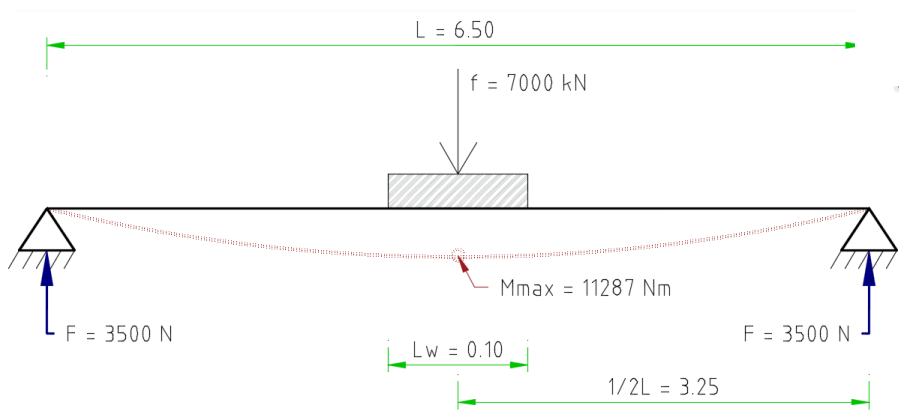
$$Q_{A,k} = F_{A,k} / L_w \quad \rightarrow \quad Q_{A,k} = 7000 / 0,100 = 70.000 \text{ N/m}$$

Het totale moment bestaat uit een moment ten gevolge van de oplegreactie (M_{or}) minus het moment ten gevolge van de q-last (M_{ql}). In afbeelding 8. is belastingschema weergegeven.

$$M_{or} = \frac{1}{2} \cdot F_{A,k} \cdot \frac{1}{2} \cdot L \quad \rightarrow \quad M_{or} = \frac{1}{2} \cdot 7000 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6,50 = 11.375 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{ql} = Q_{A,k} \cdot \frac{1}{2} \cdot L_w \cdot \frac{1}{4} \cdot L_w \quad \rightarrow \quad M_{ql} = 70.000 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,100 \cdot \frac{1}{4} \cdot 0,100 = 88 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{A,k} = M_{or} - M_{ql} \quad \rightarrow \quad M_{A,k} = 11.375 - 88 = 11.287 \text{ N}\cdot\text{m}$$



Afbeelding 8. Belastingsschema bijzondere belasting

2. Uiterste grenstoestand [sterkte controle]

De sterkte van de langsliggers wordt bepaald door het berekenen van de spanning in de doorsnede, welke optreedt ten gevolge van de voorkomende momenten. Hierbij worden de momenten vermenigvuldigd met vastgestelde partiële belastingfactoren (γ) per belastingtype. De waarden van de gecombineerde momenten wordt gedeeld door het weerstandsmoment (W) van de doorsnede.

Permanente belasting $\gamma_G = 1,2$

Veranderlijke belasting $\gamma_Q = 1,5$

Bijzondere belasting $\gamma_A = 1,0$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 \rightarrow W = \frac{1}{6} \cdot 150 \cdot 350^2 = 3.063 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Er wordt onderscheid gemaakt tussen fundamentele en bijzondere belasting combinaties.

Fundamentele combinatie

Aan de hand van de belasting combinatie van permanente en veranderlijke belasting, kan de optredende spanning worden berekend.

$$M_F = \gamma_G \cdot M_{g,k} + \gamma_Q \cdot M_{q,k} \rightarrow M_F = 1,2 \cdot 4.410 + 1,5 \cdot 19.282 = 34.215 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\sigma_F = M_F / W \rightarrow \sigma_F = 34.215 \cdot 10^3 / 3.063 \cdot 10^3 = 11,17 \text{ N/mm}^2$$

Voor het bepalen van de maximaal toegestane spanning in de doorsnede, met bepaalde buigsterkte (f_m), dienen vastgestelde materiaalfactor (γ_m), modificatiefactor (k_{mod}) en hoogtefactor (k_h) voor sterkteberekeningen, ingecalculeerd te worden.

Materiaalfactor $\gamma_m = 1,2$ factor voor hout

Modificatiefactor $k_{mod} = 0,6$ factor voor belastingduurklasse I en klimaatklasse III

Hoogtefactor $k_h = 1,0$ factor voor sterkteklasse D70

De maximaal toegestane spanning bedraagt:

$$\sigma_{F,max} = f_m / \gamma_m \cdot k_{mod} \cdot k_h \rightarrow \sigma_{1,max} = 70 / 1,2 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 35 \text{ N/mm}^2$$

Controle fundamentele combinatie: $11,17 \text{ N/mm}^2 < 35 \text{ N/mm}^2$

→ De langsliggers voldoen ruimschoots aan de uiterste grenstoestand!

Bijzondere combinatie

Aan de hand van de belasting combinatie van permanente en bijzondere belasting, kan de optredende spanning worden berekend.

$$M_B = \gamma_G \cdot M_{g,k} + \gamma_A \cdot M_{A,k} \rightarrow M_B = 1,2 \cdot 4.410 + 1,0 \cdot 11.287 = 22.223 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\sigma_B = M_B / W \rightarrow \sigma_B = 22.223 \cdot 10^3 / 3.063 \cdot 10^3 = 7,26 \text{ N/mm}^2$$

Voor het bepalen van de maximaal toegestane spanning in de doorsnede, met bepaalde buigsterkte (f_m), dienen vastgestelde materiaalfactor (γ_m), modificatiefactor (k_{mod}) en hoogtefactor (k_h) voor sterkteberekeningen, ingecalculeerd te worden.

Materiaalfactor $\gamma_m = 1,2$ factor voor hout

Modificatiefactor $k_{mod} = 1,1$ factor voor bijzondere belasting

Hoogtefactor $k_h = 1,0$ factor voor sterkteklasse D70

De maximaal toegestane spanning bedraagt:

$$\sigma_{1,max} = f_m / \gamma_m \cdot k_{mod} \cdot k_h \rightarrow \sigma_{1,max} = 70 / 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 64 \text{ N/mm}^2$$

Controle bijzondere combinatie: $7,26 \text{ N/mm}^2 < 64 \text{ N/mm}^2$

→ De langsliggers voldoen ruimschoots aan de uiterste grenstoestand!



3. Gebruiksgrenstoestand [doorbuiging controle]

Voor het berekenen van de doorbuiging (u_z) in de doorsnede ter plaatse van het maximale moment, zijn de onderstaande vastgestelde waarden van toepassing voor doorbuiging berekeningen. Ook dient het traagheidsmoment (I) ingecalculeerd te worden. Er worden twee situaties onderscheiden.

Elasticiteitsmodulus $E_0 = 17.000 \text{ N/mm}^2$

Materiaalfactor $\gamma_m = 1,0$ factor voor hout

Modificatiefactor $k_{mod} = 0,8$ factor voor klimaatklasse III

$$I = 1/12 \cdot b \cdot h^3 \rightarrow I = 1/12 \cdot 150 \cdot 350^3 = 536 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Doorbuiging door veranderlijke belasting

Voorwaarde: $u_z \leq L/300$

Eerst wordt de rekenwaarde van de elasticiteitsmodulus bepaald door de standaard waarde hiervan (E_0) te reduceren met de materiaalfactor (γ_m) en de modificatie factor (k_{mod}).

$$E_d = (E_0 / \gamma_m) \cdot k_{mod} \rightarrow E_d = (17.000 / 1,0) \cdot 0,80 = 13.600 \text{ N/mm}^2$$

Ten behoeve van de doorbuiging berekening voor veranderlijke belasting worden de stootcoëfficiënt en de las-lengtefactor buiten beschouwing gelaten.

$$M_{q,k} = M_{q,k} / (S_c \cdot L_f) \rightarrow M_{q,k} = 19.282 / (1,38 \cdot 0,98) = 14.258 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Vervolgens kan de doorbuiging worden berekend.

$$u_z = 5/48 \cdot (M_{q,k} \cdot L^2) / (E_d \cdot I) \rightarrow u_z = 5/48 \cdot (14.258 \cdot 10^3 \cdot 6500^2) / (13.600 \cdot 536 \cdot 10^6) = 8,61 \text{ mm}$$

$$\text{De maximaal toegestane doorbuiging bedraagt: } u_{z,max} = L / 300 \rightarrow 6500 / 300 = 21,67 \text{ mm}$$

Controle doorbuiging t.g.v. veranderlijke belasting: $8,61 \text{ mm} < 21,67 \text{ mm}$

→ De langsliggers voldoen aan de bruikbaarheidsgrenstoestand!

Doorbuiging door permanente en veranderlijk belasting

Voorwaarde : $u_z \leq L/200$

Eerst wordt de rekenwaarde van de elasticiteitsmodulus bepaald van zowel de permanente als de veranderlijke belasting. Hiertoe wordt de standaard waarde van de elasticiteitsmodulus (E_0) te reduceren met de materiaalfactor (γ_m) en de modificatie factor (k_{mod}). Ook dient hierbij rekening gehouden te worden met de invloed van kruip, door het toepassen van de kruipfactor (ψ_{def}).

Vervolgens kan de doorbuiging worden berekend.

Permanente belasting

Kruipfactor $\psi_{def} = 0,80$

$$E_{d,p} = (E_0 / (\gamma_m \cdot (1 + \psi_{def}))) \cdot k_{mod} \rightarrow E_{d,p} = (17.000 / (1,0 \cdot (1 + 0,80))) \cdot 0,80 = 7.556 \text{ N/mm}^2$$

$$u_{z,p} = 5/48 \cdot (M_{g,k} \cdot L^2) / (E_{d,p} \cdot I) \rightarrow u_{z,p} = 5/48 \cdot (4.410 \cdot 10^3 \cdot 6500^2) / (7.556 \cdot 536 \cdot 10^6) = 4,79 \text{ mm}$$

Veranderlijke belasting

Kruipfactor $\psi_{def} = 0,25$

$$E_{d,v} = (E_0 / (\gamma_m \cdot (1 + \psi_{def}))) \cdot k_{mod} \rightarrow E_{d,v} = (17.000 / (1,0 \cdot (1 + 0,25))) \cdot 0,80 = 10.880 \text{ N/mm}^2$$

$$u_{z,v} = 5/48 \cdot (M_{q,k} \cdot L^2) / (E_{d,v} \cdot I) \rightarrow u_{z,v} = 5/48 \cdot (14.258 \cdot 10^3 \cdot 440^2) / (10.880 \cdot 536 \cdot 10^6) = 10,76 \text{ mm}$$

$$\text{Totale doorbuiging: } u_z = u_{z,p} + u_{z,v} \rightarrow u_z = 4,79 + 10,76 = 15,55 \text{ mm}$$

$$\text{De maximaal toegestane doorbuiging bedraagt: } u_{z,max} = L / 200 \rightarrow 6500 / 200 = 32,50 \text{ mm}$$

Controle doorbuiging t.g.v. permanente en veranderlijke belasting: $15,55 \text{ mm} < 32,50 \text{ mm}$

→ De langsliggers voldoen aan de bruikbaarheidsgrenstoestand!



Resonantie

Wanneer de eigen frequentie (f_e) van de brug lager is dan 3 Hz, is er kans op resonantie. De voorwaarden voor resonantie is dan ook $f_e \geq 3$ Hz.

De eigen frequentie kan berekend worden aan de hand van de hiervoor berekende doorbuiging door permanente belasting, omdat geldt $\delta_{\text{stat}} = u_{z,p}$ in meter.

$$f_e = 0,5 / \sqrt{\delta_{\text{stat}}} \rightarrow f_e = 0,5 / \sqrt{4,79 \cdot 10^{-3}} = 7,22 \text{ Hz}$$

Controle resonantie brugdek: 7.22 Hz > 3 Hz

→ Het brugdek voldoet aan de resonantie-eis!



II.B Trekkraft berekening

Ten behoeve van de berekening van de benodigde trekkraft, voor het openen van de brug, wordt de volgende formule in beschouwing genomen.

$$T = (G_{\text{val}} \cdot Z_{\text{val}} - G_{\text{ballast}} \cdot Z_{\text{ballast}}) / t$$

Hierin geldt:

T = trekkraft in kN

G_{val} = gewicht van het val in kN

Z_{val} = arm van het zwaartepunt van het val in m

G_{ballast} = gewicht van de ballastkist in kN

Z_{ballast} = arm van het zwaartepunt van de ballastkist in m

t = de arm tussen het scharnier en de trekkraft in m

Droge situatie

Om deze formule uit te werken wordt in de eerste plaats het totale gewicht van het val bepaald, in geval van droogte. Voor deze berekening worden de langsliggers, dekplanken en harren in beschouwing genomen. Deze onderdelen zijn allen gemaakt van Azobé hout, met een droog soortelijk gewicht van 1.050 kg/m³ (Tabellen voor bouw- en waterbouwkundigen, 2012).

Afmetingen								
	Breedte	Hoogte	Lengte	Inhoud	Soortelijk gewicht	Gewicht	Aantal	Totaal gewicht
	B (m)	H (m)	L (m)	I (m ³)	ρ (kg/m ³)	kg	#	kg
Langsliggers	0,15	0,35	6,50	0,34	1.050	358	6	2.150
Dekplanken	0,20	0,05	3,05	0,03	1.050	32	32	1.025
Voorhar	0,15	0,35	3,05	0,16	1.050	168	1	168
Achterhar	0,25	0,40	3,05	0,31	1.050	320	1	320
Totaal								3.663

Het gewicht van het val is gelijk aan 3663 kg. Dit komt overeen met 35,92 kN.

De locatie waar deze kracht aangrijpt, is het zwaartepunt. Deze wordt bepaald vanaf het scharnierpunt tussen het val en de hameistijl. Door het totaal optredende moment in het scharnier, ten gevolge van het gewicht van het val, te delen door het totale gewicht, is de arm van het zwaartepunt te bepalen. $Z_{\text{val}} = M_{\text{val}} / G_{\text{val}}$.

Zwaartepunt			
	Totaal gewicht	Afstand	Moment
	kN	z (m)	M (kNm)
Langsliggers	21,08	3,50	73,78
Dekplanken	10,05	3,58	35,93
Voorhar	1,65	0,13	0,21
Achterhar	3,14	6,83	21,43
Totaal	35,92		131,35

Het zwaartepunt van het val licht dus op een afstand van $131,35 / 35,92 = 3,66\text{m}$ vanaf de hameistijl.

In geval van droogte zijn de evenwichtsvoorwaarden voor een ophaalbrug van toepassing. Dit houdt in dat de brug uitgebalanceerd moet zijn, met als gevolg dat het geen kracht kost om de brug op te halen. Het moment ten opzichte van de hameistijl, dat veroorzaakt wordt door het gewicht van het val, is gelijk aan het moment ten opzichte van de hameistijl, dat veroorzaakt wordt door het gewicht van de ballastkist. $M_{\text{val}} = M_{\text{ballast}}$.



Dit moment kan weer uitgesplitst worden in de arm van het zwaartepunt van de ballastkist en het gewicht ervan. Gezien de exact gebruikte materialen van de ballastkist zijn niet bekend, kan het gewicht niet worden bepaald. Maar door de basis afmetingen op de tekeningen te beschouwen is de arm van het moment wel te bepalen.

De afstand van de ballastkist tot de hameistijl is gelijk aan 2,00 m. De lengte van de kist is 4,26m. Over deze lengte is de kist symmetrisch opgebouwd, wat inhoudt dat het zwaartepunt aangenomen kan worden, in het midden van de kist. De arm van het ballastmoment komt dan uit op $2,00 + 4,26 / 2 = 4,13\text{m}$.

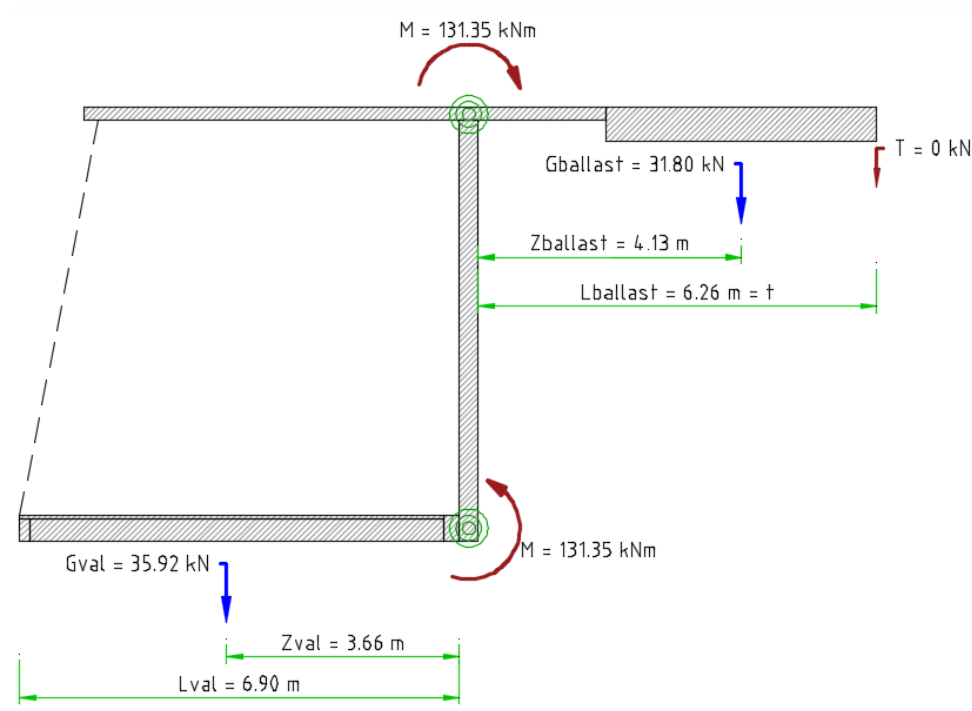
Wanneer nu het moment terug gerekend wordt, is een schatting van het gewicht van de ballastkist te bepalen. $G_{\text{ballast}} = M_{\text{ballast}} / Z_{\text{ballast}}$.

$131,35 / 4,13 = 31,80 \text{ kN}$. Dit komt overeen met 3243 kg.

In afbeelding 9. is de evenwichtstoestand schematisch weergegeven. Wanneer voor deze situatie de trekkracht formule wordt ingevuld ontstaat de volgende vergelijking.

$$T = (G_{\text{val}} \cdot Z_{\text{val}} - G_{\text{ballast}} \cdot Z_{\text{ballast}}) / t$$

$$0 \text{ kN} = (35,92 \cdot 3,66 - 31,80 \cdot 4,13) / 6,26$$



Afbeelding 9. Evenwicht in droge situatie

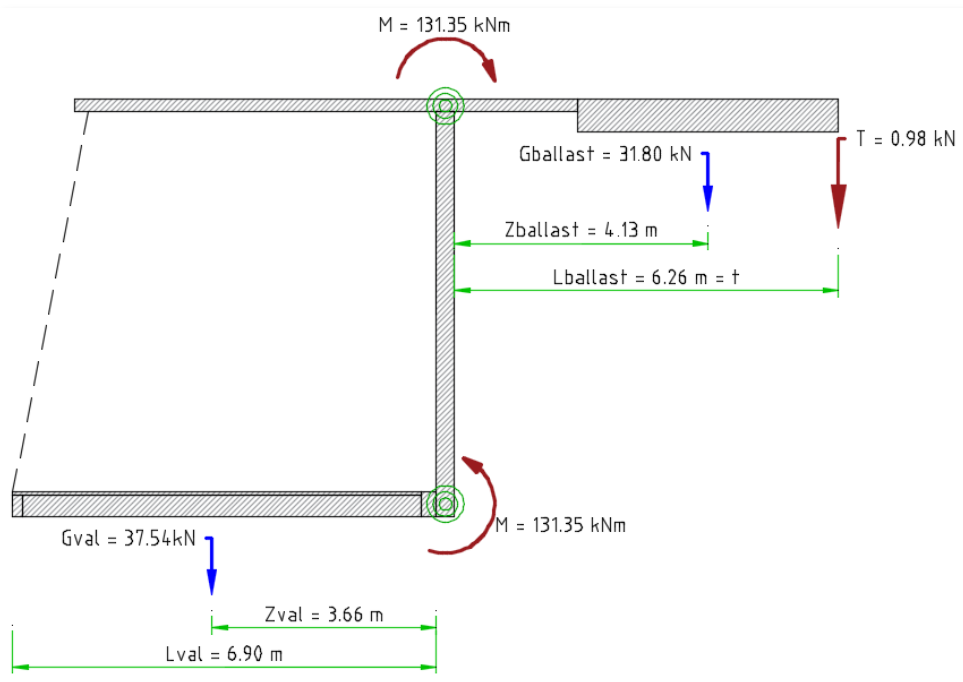
Nu dat de benodigde trekkracht in een natte periode bekend is, is het mogelijk met de evenwichtsvoorwaarden terug te rekenen en te bepalen met hoeveel gewicht het val daadwerkelijk toeneemt, met behulp van de trekkracht formule.

$$T = (G_{\text{val}} \cdot Z_{\text{val}} - G_{\text{ballast}} \cdot Z_{\text{ballast}}) / t$$

$$0,98 \text{ kN} = (X \cdot 3,66 - 31,80 \cdot 4,13) / 6,26$$

$$\rightarrow X = G_{\text{val}} = 37,54 \text{ kN} = 3828 \text{ kg}$$

Dit houdt in dat het val met $(3828 - 3363 =)$ 165 kg in gewicht is toegenomen. In afbeelding 11. is de evenwichtstoestand schematisch weer.



Afbeelding 11. Grote trekkracht in natte situatie



Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage V. Programma van Eisen

- A. Randvoorwaarden waaraan het gehele onderzoek dient te voldoen.
- B. Projectgrenzen waarbinnen het onderzoek dient te worden uitgevoerd.
- C. Ontwerpeisen waaraan de inhoud van het onderzoek dient te voldoen.

Afstuderen 2016

Studente:
Jaimy-Ellen Hendrickx

School:
HZ University of Applied Sciences

Stagebedrijf:
Ingenieursbureau Gemeente Goes

Aanpassingen

Sint Maartenbrug

Bijlage V.

Programma van Eisen

Afstuderen 2016

Studente: Jaimy-Ellen Hendrickx
Studentnr: 00061120
Cursus: CU11020 – DA Afstudeerstage
Opleiding: Civiele Techniek
School: HZ University of Applied Sciences
Docent: H.A. Bakker
Stagebedrijf: Ingenieursbureau Gemeente Goes
Begeleider: B. Suijkerbuijk
Datum: 06 juni 2016



Inhoudsopgave

BIJLAGE V. PROGRAMMA VAN EISEN	1
A. RANDVOORWAARDEN	1
B. PROJECTGRENZEN	2
C. ONTWERP EISEN	4



Bijlage V. Programma van eisen

Het programma van eisen bestaat uit drie onderdelen: randvoorwaarden, projectgrenzen en ontwerpeisen. De randvoorwaarden hebben betrekking op de uitvoering van het project en zijn verstrekt door de opdrachtgever. De projectgrenzen worden, in overleg met de opdrachtgever, opgesteld door de opdrachtnemer en zorgen voor een afbakening van het onderzoeksgebied. De ontwerpeisen hebben betrekking op de inhoud van het project en worden gedurende het onderzoek door de opdrachtnemer, in overleg met de opdrachtgever, geformuleerd.

A. Randvoorwaarden

Hieronder zijn de randvoorwaarden voor dit project puntsgewijs weergegeven. Aan deze eisen zal de uitvoering van het onderzoek voldoen.

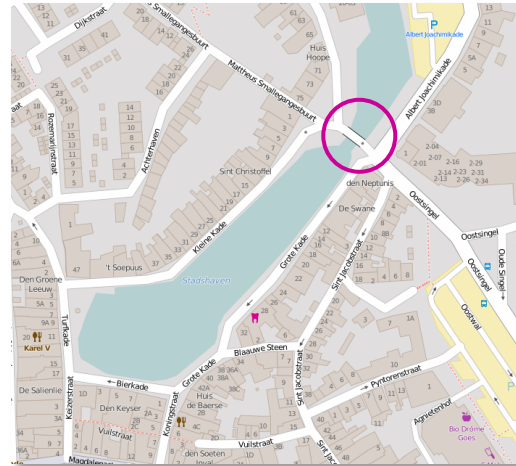
- Het onderzoek zal uitgevoerd worden in opdracht van Ingenieursbureau Gemeente Goes, door Afgestudeerde J.E. Hendrickx van HZ University of Applied Sciences. Hierbij zal dhr. B. Suikerbuijk van Ingenieursbureau Gemeente Goes de studente tijdens de uitvoering begeleiden en zal de opdrachtgever zorgen voor een werkplek voor de studente.
- Het onderzoek dient als afgestudeeropdracht en zal ruimte moeten bieden aan het behalen van de vereiste onderzoekscompetenties en beroep specifieke competenties, zoals deze omschreven zijn in het curriculum van de Delta Academy, HZ University of Applied Sciences.
- Het onderzoek dient uitgevoerd te worden in de periode van 01-02-2016 tot 03-06-2016. In deze periode dient aan de hand van een aantal stappen (deze worden toegelicht onder projectgrenzen) een antwoord op de hoofdvraag te worden verkregen.
- Het resultaat van het onderzoek dient te worden opgeleverd in de vorm van een adviseringsrapport. Dit rapport is voorzien van een toelichting op de aanpak, resultaten van de doorlopen stappen en een onderbouwd advies, dat voldoet als antwoord op de hoofdvraag.
- Uitvoering van het project zal moeten geschieden conform de gestelde eisen in het programma van eisen van de afdeling Openbare Ruimte van de Gemeente Goes.
- Gedurende het onderzoek vindt wekelijks een bespreking met de opdrachtgever plaats, betreft de voortgang van de uitvoering en de inhoud van het onderzoek.



B. Projectgrenzen

Hieronder zijn de projectgrenzen voor dit project puntsgewijs weergegeven. Binnen deze grenzen zal het onderzoek worden uitgevoerd.

- *In het algemeen gelden de volgende eisen, met betrekking tot het onderzoek als geheel:*
 - Het onderzoek zal antwoord moeten verschaffen op de hoofdvraag: *Op welke wijze kan de constructie van de Sint Maartenbrug worden aangepast, om de bediening ervan te vergemakkelijken en te laten voldoen aan de wettelijk gestelde regels?*
 - Het onderzoek betreft de Sint Maartenbrug, te Goes. Deze brug is gesitueerd in de stadshaven van Goes en vormt een oversteek voor fiets- en voetgangersverkeer tussen de Grote Kade en de Kleine kade. Zie de hiernaast staande afbeelding.
 - De huidige functie van de brug dient ten allen tijden behouden te blijven.



Afbeelding 1. Locatie Sint Maartenbrug

- *Het onderzoek zal aan de hand van de hieronder genoemde stappen uitgevoerd moeten worden:*
 - Het omschrijven van de huidige situatie, waarbij gekeken wordt naar de opbouw en de bediening van de brug.
 - Het omschrijven van de gewenste situatie, waarbij relevant eisen, wet- en regelgeving en richtlijnen in acht worden genomen.
 - Het opstellen van mogelijke varianten van aanpassingen aan de brug, waarbij onderscheid gemaakt wordt in het handbediend laten van de brug of het automatiseren van de bediening.
 - Het maken van een keuze uit de opgestelde varianten, waarbij rekening gehouden wordt met de besluitvorming binnen de gemeente en met voorkeuren van Gemeente Goes, Stichting Stadshaven en de Havenmeester.
 - Het uitwerken van de gekozen variant op basis van ontwerpkeuzen, berekeningen en tekeningen, welke een ontwerp tonen voor het toepassen van de variant op de brug.
 - Het opstellen van een kostenraming van de gekozen aanpassing variant.
 - Het trekken van conclusies en het opstellen van adviserende aanbevelingen betreft het aanpassen van de Sint Maartenbrug.

- ***Bij de afweging van varianten dienen verschillende betrokken partijen op verschillende niveaus inspraak te krijgen binnen het project.***
 - De Gemeente Goes, kan als opdrachtgever eisen stellen aan de uitvoering en de inhoud van het project. Ook kan deze partij voorkeuren uitspreken met betrekking tot varianten en adviezen geven betreffende de aanpak van het project.
 - Stichting Stadshaven is als pachter van de stadshaven een belangrijke stakeholder en krijgt de mogelijkheid voorkeuren uit te spreken met betrekking tot de variant keuze.
 - De Havenmeester is degene die de brug daadwerkelijk bediend en krijgt daarom de ruimte om wensen door te geven betreft de bedieningsvorm van de brug en om voorkeuren uit te spreken met betrekking tot de variant keuze.
 - Hulp- en nooddiensten worden betrokken bij het project met het oog op benodigde toegankelijkheid voor deze diensten. Hiervoor krijgen zij de mogelijkheid eisen op te leggen.
 - Externe vakgerichte bedrijven zoals constructiebedrijven, ingenieurbureaus, aannemers en producenten kunnen worden benaderd om advies in te winnen met betrekking tot praktische keuze van varianten.
- ***Binnen het project worden de volgende situaties uitgesloten:***
 - De huidige onderhoudsstaat van de brug maakt geen deel uit van dit project. Het uitgangspunt is dat geen van de onderdelen van de brug op het moment van dit onderzoek onderhoud of vervanging behoeft. Een verwachting van benodigd onderhoud van de, binnen dit onderzoek, aan te passen onderdelen wordt wel in beschouwing genomen.
 - Binnen het project wordt geen rekening gehouden met windbelasting. Dit is besloten met het oog op de beperkte, beschikbare tijd en ruimte voor het uitvoeren van het gehele project.
 - Vanwege het feit dat er beperkte informatie beschikbaar is betreffende de constructieve opbouw van de brug, wordt het geheel van de constructie: hameipoort, balanspriemen en ballastkist niet meegenomen in dit onderzoek. Dit houdt in dat een verandering aan de constructie, met uitzondering van de valconstructie, waar mogelijk buiten beschouwing wordt gelaten.



C. Ontwerp eisen

Hieronder zijn de ontwerp eisen voor dit project puntsgewijs weergegeven. Aan deze eisen zal de inhoud van het onderzoek worden voldaan.

- *Tijdens het ontwerpen van aanpassingen zal rekening gehouden moeten worden met de volgende zaken:*
 - Bij het afwegen van varianten dient ten eerste rekening gehouden te worden met het zoveel mogelijk behouden van het nostalgische karakter van de brug en het zo beperkt mogelijk houden van de benodigde kosten.
 - De Sint Maartenbrug zal geen onderdeel meer uitmaken van de noodroute voor de brandweer. Vroeger was dit wel het geval, maar omdat de brandweerauto's groter en zwaarder zijn geworden, voldoen zij niet meer aan de norm zoals die was in de jaren '80 (periode van de realisatie van de brug). Door de heer R. Joose van Veiligheidsregio Zeeland, is het besluit genomen dat de brug niet meer hoeft te voldoen aan de normen met betrekking tot toegankelijkheid nooddiensten.
 - Het resultaat van het onderzoek dient een aanpassing te zijn welke er voor zorgt dat er een vorm van brugbediening ontstaat, welke zal moeten voldoen aan de arbeidsomstandighedenrichtlijnen.
- *Vanuit de Gemeente Goes worden de volgende relevante eisen aan civiele kunstwerken gesteld:*
 - Het ontwerp moet duurzaam, vandalismebestendig, veilig, functioneel, onderhoudsarm en makkelijk schoon te maken zijn;
 - Zorg bij het technisch ontwerp en bijbehorende materiaalgebruik dat schade als gevolg van vandalisme tot een minimum beperkt wordt;
 - Conserveer delen die na voltooiing van het kunstwerk moeilijk te bereiken zijn zodat gedurende de levensduur geen noodzakelijk onderhoud nodig is;
 - Zorg dat het wegprofiel, met de daarbij horende obstakelvrije ruimte, over of onder het kunstwerk wordt doorgezet in dezelfde maatvoering;
 - Classificatie van de weg is tevens de classificatie van het kunstwerk;
 - Maak de vormgeving, de functionaliteit, het kwaliteitsniveau en de constructiewijze van de werken in overeenstemming met het karakter en de functies van die werken in de omgeving;
 - De ontwerper dient bij het constructief ontwerp rekening te houden met het geldende peilbesluit;
 - Toepassing van materialen conform het bouwbesluit;
 - De berekeningen, ontwerpen en uitvoering moeten minimaal voldoen aan de meest recente versies van alle Eurocodes en bijbehorende nationale bijlagen;
 - Elke constructie moet worden beschouwd als een geheel van samenwerkende onderdelen. De opdrachtnemer moet zich dan ook zorgvuldig rekenschap hebben gegeven van de feitelijke situatie waarin elke constructie zich bevindt qua belasting, krachtverdeling en vervorming. Dit geldt zowel voor alle montagestadia als voor de gerede toestand.



- ***Vanuit de Gemeente Goes worden de volgende relevante eisen aan bruggen gesteld:***
 - Per brug dient een specifiek PvE, waarin ook opgenomen de algemene eisen, door de opdrachtnemer te worden opgesteld, welke ter goedkeuring aangeboden moet worden aan de Gemeente Goes;
 - Zorg voor een goede afwatering om plasvorming op het brugdek en uitspoeling van taluds te voorkomen. Voorkom ophoping van zout;
 - Voorkom zettingsverschillen tussen landhoofd en aansluitende wegverharding;
 - Leuningen onderhoudsarm uitvoeren en ontwerpen volgens de geldende normen;
 - Doorvaarthoogte en doorvaarbreedte afstemmen met de vaarweg-beheerder in verband met de recreatievaart. Profiel zo kiezen zodat zo min mogelijk brugopeningen nodig zijn;
 - Effectieve dekbreedte: fietsbrug minimaal 3,00 m, minimaal profiel van de aansluitende weg;
 - Brugdekken voorzien van een kunststof, bitumeuze of slijtlaag afwerking;
 - Maximale brughelling wordt bepaald door invalide voertuigen volgens ASVV voorschriften;
 - Verkeersbruggen dienen te voldoen aan de belastingmodellen van de NEN-EN1991-2;
 - Plaats geen tussensteunpunten in een waterpartij, behoudens goedkeuring van beheerder.
- ***Binnen het project zullen de volgende normen gehanteerd worden:***
 - Eurocode 0: Grondslagen
NEN-EN 1990/A1 Grondslagen van het constructief ontwerp
 - Eurocode 1: Belastingen op constructies
 - NEN-EN 1991-1-1 Dichtheden, eigen gewicht, opgelegde belastingen
 - NEN-EN 1991-1-2 Belastingen bij brand
 - NEN-EN 1991-1-3 Sneeuwbelastingen
 - NEN-EN 1991-1-4 Windbelasting
 - NEN-EN 1991-1-5 Thermische belasting
 - NEN-EN 1991-1-7 Buitengewone belastingen
 - NEN-EN 1991-2 Verkeersbelasting op bruggen
 - Eurocode 3: Staalconstructies
 - NEN-EN 1993-1-1 Algemene regels
 - NEN-EN 1993-1-2 Staalconstructies bij brand
 - NEN-EN 1993-1-7 Sterkte en stabiliteit
 - NEN-EN 1993-1-11 Op trek belaste componenten
 - NEN-EN 1993-1-8 Aanvullende regels voor verbindingen
 - NEN-EN 1993-1-10 Aanvullende regels voor taaiheid
 - NEN-EN 1995-2 Stalen bruggen
 - Eurocode 5: Houtconstructies
 - NEN-EN 1995-1-1 Algemene regels
 - NEN-EN 1995-1-2 Houtconstructies bij brand
 - NEN-EN 1995-2 Houten bruggen



- ASVV 2012, aanbevelingen voor verkeersvoorzieningen binnen de bebouwde kom.
- Richtlijn 2006/42/EG, Machinerichtlijn
- Het bedienen van de brug zal moeten passen binnen de normen, opgesteld door de inspectiedienst van het Nederlandse ministerie van Sociale zaken en Werkgelegenheid:
 - Arbeidsomstandighedenwet (ARBO-wet), 18-7-2015
 - Arbeidsomstandighedenregeling (ARBO-besluit), 1-3-2016
 - Arbeidsomstandighedenregeling (ARBO-regeling), 1-1-2016
 - Vanwege het feit, dat bovenstaande richtlijnen geen informatie bevatten over maximale verticale trekkracht van bovenaf, wordt hiervoor een aanname gedaan. Binnen het project zal een maximaal toegestane trekkracht aangehouden worden van 35 kilogram. Deze waarde is gebaseerd op de vergelijkende trekkrachten in horizontale richting en liftkracht. (Arbobesluit, Artikel 5. Fysieke belasting.
- ***Binnen het project zullen de volgende punten gehanteerd worden bij het uitvoeren van berekeningen en het maken van tekeningen:***
 - Bij het ontwerpen wordt uitgegaan van staalsoort S235, met de volgende specificaties:
 - Vloeigrens: 235 N/mm²
 - Elasticiteitsmodulus: 2,1·10⁵ N/mm²
 - Veiligheidsklasse 3
 - Milieuklasse XS3
 - Gevolgklasse CC2
 - Betrouwbaarheidsklasse RC2
 - Levensduur 50 jaar
 - Het rekenen aan kunststof constructieonderdelen valt buiten de scope van de opdracht. Het betreft een nieuw kennis gebied waarvoor niet voldoende tijd en ruimte is binnen dit project.
 - De draagconstructie wordt getoetst op de volgende onderdelen:
 - Toets op buigsterkte in uiterste grenstoestand
 - Toets op doorbuiging in bruikbaarheidsgrenstoestand
 - Toets op stabiliteit, knikken ten gevolg van normaalkracht
 - Toets op stabiliteit, kippen ten gevolg van moment
 - Het gedetailleerd rekenen aan las- en bout verbindingen valt buiten de scope van de opdracht. Het betreffen lastige, diepgaande berekeningen, waarvoor niet voldoende tijd en ruimte is binnen dit project.
 - Bij het opstellen van technische tekeningen worden de volgende lijndikte en lijnhoogte toegepast: (zie 2012, Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde)
 - Teksthoogte = Tekstdikte (met een maximum van 0,5mm dik)
 - Maatvoeringlijnen 0,18mm; Aanzichtlijnen 0,25mm; Doorsnedelijnen 0,35mm





Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage VI.

Varianten omschrijvingen

- A. Varianten waarbij de bediening volledig handmatig blijft en het probleem bij de oorzaak wordt aangepakt.
- B. Varianten waarbij de bediening wordt aangepast en het probleem bij het gevolg wordt aangepakt.
- C. Voor elke variant een praktijkvoorbeeld.

Afstuderen 2016

Studente:
Jaimy-Ellen Hendrickx

School:
HZ University of Applied Sciences

Stagebedrijf:
Ingenieursbureau Gemeente Goes

Aanpassingen

Sint Maartenbrug

Bijlage VI.

Varianten omschrijvingen

Afstuderen 2016

Studente: Jaimy-Ellen Hendrickx
Studentnr: 00061120
Cursus: CU11020 – DA Afstudeerstage
Opleiding: Civiele Techniek
School: HZ University of Applied Sciences
Docent: H.A. Bakker
Stagebedrijf: Ingenieursbureau Gemeente Goes
Begeleider: B. Suijkerbuijk
Datum: 06 juni 2016



Inhoudsopgave

BIJLAGE VI. VARIANTEN OMSCHRIJVINGEN	1
A. 1. OORZAAK AANPAKKEN	1
1.1 VOLLEDIG HANDBEDIEND – NIEUWE CONSTRUCTIE ONDERDELEN.....	1
1.1.1 Ander materiaal	1
1.1.2 Ander ontwerp	1
1.2 VOLLEDIG HANDBEDIEND – BESTAANDE CONSTRUCTIE AANPASSEN	2
1.2.1 Hout conserveren	2
1.2.2 Constructie verslanken	2
B. 2. GEVOLGEN AANPAKKEN	3
2.1 HANDBEDIEND MET HULPCONSTRUCTIE.....	3
2.1.1 Drukveerdempers.....	3
2.1.2 Handlier	3
2.2 AUTOMATISEREN.....	4
2.2.1 Tandheugel	4
2.2.2 Spindel	4
2.2.3 Hydraulische cilinder	4
2.2.4 Elektromotor	5
2.2.5 Tandbaan.....	5
C. 3. REFERENTIE BRUGGEN	6



Bijlage VI. Varianten omschrijvingen

Hieronder wordt een toelichting gegeven op de varianten-boom welke is opgenomen in het hoofdstuk 'Varianten' in de onderzoeksrapportage. Hierbij worden alle varianten kort omschreven. Tot slot wordt een lijst met referentie bruggen getoond als voorbeelden van varianttoepassingen.

A. 1. Oorzaak aanpakken

Bij het aanpakken van de oorzaak, wordt ervoor gezorgd dat het gewicht van het val niet meer, of in ieder geval veel minder, zal variëren in gewicht, ten gevolge van vochtopname door het hout. Hierdoor zal de bediening kunnen blijven zoals deze is en worden er aanpassingen gedaan aan de constructie van het val. Er zal dus een constant evenwicht zijn van de gehele ophaalbrug.

1.1 Volledig handbediend – Nieuwe constructie onderdelen

Aan de wijze en mechanismen van de bediening zal niks gewijzigd worden. Wel worden er aanpassingen gedaan aan het val, om ervoor te zorgen dat deze niet meer als dusdanig zal variëren in gewicht ten gevolge van vochtopname door het hout. Hierbij is een mogelijkheid om onderdelen te vervangen door andere onderdelen.

1.1.1 Ander materiaal

Een van de mogelijkheden om het val te veranderen is door het toepassen van ander materiaal. Hierbij blijft het ontwerp van de brug gelijk en zullen enkel bepaalde onderdelen vervangen worden door dezelfde onderdelen, vervaardigd uit ander materiaal. Mogelijk te veranderen onderdelen zijn met name de dekplanken, de langsliggers en de voor- en achterhar. De meest in aanmerking komende materialen zijn staal en versterkt kunststof. Binnen deze materiaal toepassingen zijn vele variaties mogelijk. Zo kan vezelversterkte kunststof worden gebruikt, ook wel composiet genoemd. Een andere mogelijkheid is een combinatie van hout met een laag kunststof of kunststof met een laag hout. Ook een vorm van gewapend kunststof is mogelijk, hierbij zijn kunststof onderdelen versterkt door er stalen staven in te verwerken.

1.1.2 Ander ontwerp

Een andere mogelijkheid is om het val nog steeds volledig uit hout te laten bestaan, maar het ontwerp ervan te veranderen. Het ontwerp kan veranderd worden met oog op het verslanken van de constructie of het afschermen van de constructie tegen regenwater. Bij het verslanken zal minder hout aanwezig zijn dat vocht op kan nemen. Hierdoor zal het totaal gewicht van het val minder variëren. Dit is bijvoorbeeld te bereiken door smallere liggers toe te passen. Bij het afschermen van de constructie tegen regenwater kan gedacht worden aan het toepassen van een dicht dek. Hierbij kan er geen water door kieren van dekplanken lopen. De liggers zijn dus afgeschermd en zullen minder water opnemen.



1.2 Volledig handbediend – Bestaande constructie aanpassen

Aan de wijze en mechanismen van de bediening zal niks gewijzigd worden. Wel worden er aanpassingen gedaan aan het val, om ervoor te zorgen dat deze niet meer als dusdanig zal variëren in gewicht ten gevolg van vochtopname door het hout. Hierbij is een mogelijkheid om onderdelen op bepaalde wijze aan te passen.

1.2.1 Hout conserveren

Om hout beter bestand te maken tegen weersomstandigheden kan het worden geconserveerd. Hierbij wordt meerdere malen een coating aangebracht, wat ervoor zorgt dat er minder tot geen water opgenomen kan worden. Een veelgebruikte coating is de epoxy-coating. Deze bestaat uit twee componenten hars en is transparant. In samenwerking met de capillaire werking van hout, hecht de hars goed aan de onderdelen. Naast het vormen van een waterdichte laag op het houten onderdeel, werkt de epoxy-coating als versterking van het materiaal.

1.2.2 Constructie verslanken

In 1974 is de brug ontworpen om dienst te doen als onderdeel van de calamiteitenroute voor de brandweer. Dit houdt in dat de constructie van het val, met zes azobé houten langsliggers van 15 x 30 cm, erg zwaar is uitgevoerd. Tegenwoordig zal de brandweer geen gebruik meer maken van de brug, waardoor de brug enkel de functie zal kennen als fiets-voetgangersbrug. Hierdoor kan de constructie slanker worden uitgevoerd. Een mogelijkheid om de constructie te verslanken, zonder daarbij een nieuw ontwerp te maken, is door aan de hand van berekeningen te bepalen of er langsliggers kunnen komen te vervallen. Dit zorgt ervoor dat het minder hout is dat water op kan nemen, dus zal de gewichtstoename minder worden.



B. 2. Gevolgen aanpakken

Bij het aanpakken van de gevolgen, wordt ervoor gezorgd dat de manier van bedienen de gewichtswisselingen van het val, ten gevolge van vochtopname door het hout, kan overbruggen. Er worden dan aanpassingen gedaan aan de bedieningsmechanismen van de brug, zodat de bediening van de brug bij elk gewicht van het val, makkelijk te bewerkstelligen is.

2.1 Handbediend met hulpconstructie

Om de wijze van bediening zo min mogelijk aan te passen, kan er een hulpconstructie worden toegevoegd. Een hulp constructie zal het probleem niet verhelpen maar zal de variatie in benodigde trekkracht verminderen, waardoor de brug te allen tijde verantwoord, handmatig te bedienen is.

2.1.1 Veerdempers

Een mogelijkheid om het openen van de brug te vergemakkelijken is het toepassen van olieveren of gasveren. Deze kunnen onder het val geplaatst worden of onder de ballastkist. Worden de veren onder het val geplaatst, dan wordt als het ware extra kracht bijgezet om het val omhoog te duwen. (Bij veren onder de ballastkist gaat het om een trekkracht.) Hierdoor zal er minder trekkracht benodigd zijn. Een gasveer kan in twee richtingen kracht geven, zowel duwen als trekken. Dit voorkomt dat het val met een harde klap dicht valt, doordat de valsnelheid wordt opgevangen door de veer.

2.1.2 Handlier

Met een handlier wordt bedoeld dat er een tandwielkast bij de brug wordt geplaatst met een lier naar de ballastkist van de brug. Door met een zwengel te tandwielen aan te draaien kan de lier worden binnengehaald waardoor de brug open kantelt. De tandwielen zorgen voor vermindering van de benodigde mankracht.

Hierbij is het noodzakelijk dat de lier geleid wordt naar de onderkant van de hameistijl, zodat deze in de lijnrichting van de draaiing van de ballastkist trekt. Indien het plaatsen van een tandwielkast onderaan de hameistijl de vrije doorgang van de brug belemmerd, zal deze naast de brugconstructie moeten worden gesitueerd. Hierbij zal de lier, middels katrollen, via de onderkant van de hameistijl naar de kast moeten worden geleid. Met het oog op het slijten van de lier, zal er rekening gehouden moeten worden met materiaalkeuze, en in verband met de veiligheid van gebruikers, zullen mechanismen onderdelen, zoals katrollen afgeschermd moeten worden.

Belangrijk bij het toepassen van een handlier is dat het val te allen tijde zwaarder dient te zijn dan de ballastkist, zodat deze vanzelf daalt. Dit is omdat de handlier enkel trekkracht verminderd bij het ophalen van de brug en geen druk zal leveren voor het neerlaten.

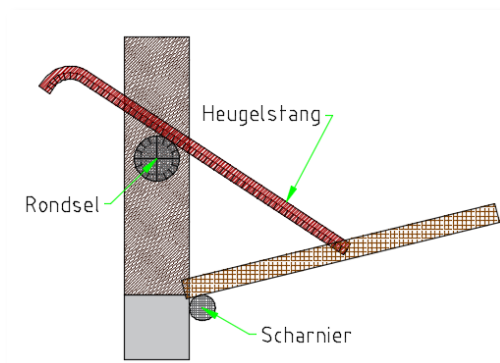


2.2 Automatiseren

Bij het automatiseren van de brugbediening zal een elektrische aandrijving worden toegepast. Een elektromotor zal een constructie in beweging brengen waardoor het val omhoog zal kantelen. Verschillende mogelijke toepassingen van geautomatiseerde aandrijving zijn hieronder kort toegelicht. Bij het automatiseren van de brug dient rekening gehouden te worden met het feit dat de brug een machine wordt en dus moet voldoen aan de Machinerichtlijn. In het kort houdt dit in dat er licht en geluidsignalen moeten worden aangebracht om het verkeer te regelen en dat het gehele proces van licht, geluid, aandrijving en beweging met een computer aangestuurd dient te worden.

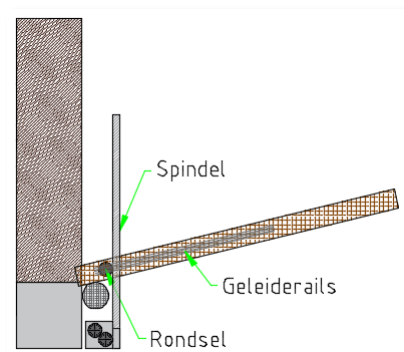
2.2.1 Tandheugel

Bij een tandheugel wordt er een rondsel bevestigd aan de binnenzijde van de hameipoort. Hierover kan een heugelstang, welke met een uiteinde bevestigd is aan het val, bewegen. Door met een elektromotor het rondsel aan te drijven, verplaatsen de tanden van de heugelstang zich over het rondsel en kantelt het val omhoog. Wanneer de heugelstang met een kromming wordt aangebracht kan de beweging gelijkmatig versnellen.



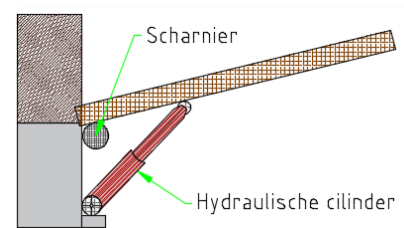
2.2.2 Spindel

Een spindel kan op meerdere manieren toegepast worden. Een mogelijkheid is de spindel diagonaal langs een rondsel op de hameistijl te laten verplaatsen. Zo ontstaat eenzelfde principe als bij de tandheugel. Een andere mogelijkheid is de spindel in verticale positie voor de hameistijl te plaatsen. Nu staat de spindel vast en zal het val, middels een haaks rondsel en een geleide rails, langs de spindel omhoog bewegen. Een laatste mogelijkheid is een diagonale positie tussen balanspriem en de hameisteil.



2.2.3 Hydraulische cilinder

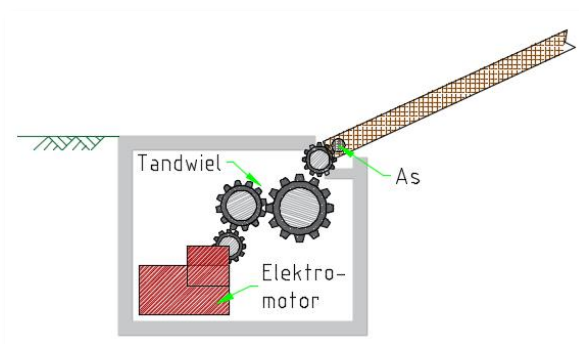
Een hydraulische cilinder kan verticaal of diagonaal onder het val worden geplaatst. Met behulp van oliedruk wordt de plunjer van de cilinder uitgedrukt of ingetrokken. Hierdoor kan het val kantelen om het scharnier. Het tempo kan versneld of vertraagd worden door de oliedruk te veranderen.



2.2.4 Elektromotor

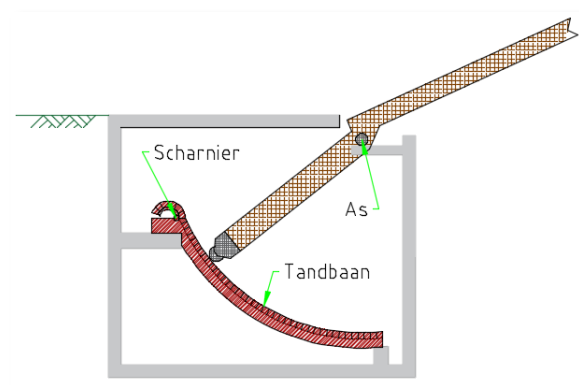
Wanneer een elektromotor wordt toegepast dient er een kelder te worden gerealiseerd over de gehele breedte van het val. In deze kelder wordt een lange as aangedreven door de motor. Deze as is verbonden met het scharnier van de brug, waardoor het val direct kantelt wanneer de motor in werking treedt. Bij deze toepassing dient rekening gehouden te worden met het optreden van grote krachten in de constructie van het val.

Een elektromotor kan ook uitwendig worden geplaatst, waarbij deze, door middel van een lier, zorgdraagt voor het openen van de brug. Deze mogelijkheid is te vergelijken met de handlier, alleen is hierbij de tandwielkast vervangen door een elektromotor. Hierbij is het noodzakelijk dat de lier geleid wordt naar de onderkant van de hameistijl, zodat deze in de lijnrichting van de draaiing van de ballastkist trekt. Indien het plaatsen van een elektromotor onderaan de hameistijl de vrije doorgang van de brug belemmerd, zal deze naast de brugconstructie moeten worden gesitueerd. Hierbij zal de lier, middels katrollen, via de onderkant van de hameistijl naar de kast moeten worden geleid. Met het oog op het slijten van de lier, zal er rekening gehouden moeten worden met materiaalkeuze, en in verband met de veiligheid van gebruikers, zullen mechanismen onderdelen, zoals katrollen afgeschermd moeten worden.



2.2.5 Tandbaan

Bij het toepassen van een tandbaan dient een kleine kelder te worden gemaakt achter de hameipoort. In deze kelder wordt een schelpvormige tandbaan geplaatst, waarop de arm van het val wordt gezet. Door de vorm van de tandbaan zal de beweging gelijkmatig versnellen en vertragen en kan het val vergrendelt worden op de opleggingen. De arm van het val wordt, middels een as, aangedreven door een elektromotor en een rondsel.



C. 3. Referentie bruggen



1.1.1 Een voorbeeld van een ophaalbrug met een composiet dek is de Elburgerbrug over het Nuldernauw bij Nijkerk in Flevoland.



2.1.2 Een voorbeeld van een brug bediend met handlier is de Beijersche brug in Stolwijk, Zuid-Holland.



1.2.1 Een voorbeeld van een geconserveerd houten brugdek zijn de bruggen in het Stadspark van Huizen, Noord-Holland.



2.2.1 Een voorbeeld van een brug bediend met een tandheugel is de Ringbrug in Goes, Zeeland.



2.1.1 Een voorbeeld van een brug bediend met gasveren is de Tervatebrug over de IJzer in Diksmuide, Vlaanderen.



2.2.2 Een voorbeeld van een brug bediend met een spindel is de ophaalbrug in Banzkow, Duitsland.



2.2.3 Een voorbeeld van een brug bediend met een hydraulische cilinder is de Bosrandbrug in Haarlemmermeer, Noord-Holland.



2.2.4 Een voorbeeld van een brug bediend met een elektromotor en een lier is de Beatrixbrug in Veere, Zeeland.



2.2.5 Een voorbeeld van een brug bediend met een tandbaan is de Coenecoopbrug, Waddinxveen, Zuid-Holland.



Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage VII. Motieven

- A. Gemeente Goes
Eigenaar en opdrachtgever
- B. Stichting Stadshaven
Beheerder
- C. Havenmeester
Brug bediener
- D. Hulp- en nooddiensten
Calamiteitenroute
- E. Externe, vakgerichte bedrijven
Advisering

Afstuderen 2016

Studente:
Jaimy-Ellen Hendrickx

School:
HZ University of Applied Sciences

Stagebedrijf:
Ingenieursbureau Gemeente Goes

Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage VII. Motieven

Afstuderen 2016

Studente: Jaimy-Ellen Hendrickx
Studentnr: 00061120
Cursus: CU11020 – DA Afstudeerstage
Opleiding: Civiele Techniek
School: HZ University of Applied Sciences
Docent: H.A. Bakker
Stagebedrijf: Ingenieursbureau Gemeente Goes
Begeleider: B. Suijkerbuijk
Datum: 06 juni 2016



Inhoudsopgave

BIJLAGE VII. MOTIEVEN	1
A. GEMEENTE GOES.....	1
B. STICHTING STADSHAVEN.....	2
C. HAVENMEESTER	2
D. HULP- EN NOODDIENSTEN	3
E. EXTERNE BEDRIJVEN.....	3



Bijlage VII. Motieven

In deze bijlagen zijn motieven opgenomen van verschillende betrokken en adviserende partijen. Hierbij wordt de indeling aangehouden zoals voortgekomen uit het programma van eisen. Eerst worden voorkeuren van de Gemeente Goes, Stichting Stadshaven en de Havenmeester gegeven. Vervolgens worden de wensen met betrekking tot hulp- en nooddiensten vermeld en tot slot zijn adviezen uit gesprekken met externe bedrijven omschreven.

A. Gemeente Goes

De gemeente Goes is de opdrachtgever van dit project en tevens de eigenaar/beheerder van de brug. De gemeente vertegenwoordigd haar bewoners en kent een economische belang bij dit project. De omwonenden van de Stadshaven dienen tevreden te zijn met de uitstraling van de omgeving. Daarnaast kan dit project bijdragen in de economie, wegens het trekken van toeristen en daarmee het draaiende houden van ondernemingen. Tot slot is de gemeente verantwoordelijk voor de financiën van het gehele project.

- Als vertegenwoordiger van de bewoners rondom de Stadshaven, wenst de Gemeente Goes dat het karakter van de brug zoveel mogelijk behouden blijft. De nostalgische uitstraling ervan is van grote positieve waarde voor het stadsbeeld van Goes.
- De huidige brug is een toeristenattractie door de historische wijze van bediening en het nostalgische uiterlijk. Deze stroom van toeristen zijn van economisch belang voor het Goese centrum. Om deze reden dient getracht te worden deze aspecten van de brug in hun waarde te laten bij de aanpassingen.
- De werkzaamheden van de Havenmeester dienen volgens de Arbo-richtlijnen te geschieden. Om zo goed mogelijk aan deze richtlijnen te voldoen, is het van belang de bediening van de brug dusdanig aan te passen dat de fysieke werkzaamheden voor de Havenmeester zoveel mogelijk beperkt worden. De bediening van de brug zal zo makkelijk mogelijk moeten verlopen.
- Een belangrijke voorkeur is dat het uitvoeren van de aanpassingen aan de brug zo min mogelijk kosten met zich mee brengt.
- Gevraagd wordt om tijdens de afweging rekening te houden met de verslechterende staat van het hout. In de toekomst zal het hout nog meer vocht opnemen en nog zwaarder kunnen worden. Het is van belang een langdurige oplossing te creëren.
- Ook geeft de Gemeente Goes aan gelieve rekening te houden met gevolgen voor het onderhoud van de brug. Dit dient zo min mogelijk nodig te zijn en zo min mogelijk kosten met zich mee te brengen.
- Tot slot wordt gevraagd bij de afweging van varianten rekening te houden met de politieke invloed binnen de besluitvorming van de gemeente. Dit zal een grote rol spelen in het al dan niet aannemen van de aanbevelingen welke volgen uit dit onderzoek.



B. Stichting Stadshaven

De Gemeente Goes heeft het beheer van de stadshaven, samen met de Sint Maartenbrug, verpacht aan Stichting Stadshaven. Hiermee is de stichting vertegenwoordiger van gebruikers van de stadshaven en bedieners van de bruggen. De stichting kent een economisch belang waarbij gebruikers en toeristen de grootste rol spelen. Op 08 februari 2016 heeft er een bestuursvergadering plaatsgevonden over de stadshaven. Hierbij waren vertegenwoordigers van Stichting Stadshaven en Gemeente Goes en de Havenmeester aanwezig.

- Met oog op het trekken van toeristen dient het nostalgische karakter van de brug behouden te blijven. Zowel de opbouw als de bediening van de brug draagt bij aan het historische stadsbeeld rondom de stadshaven. Dit stadsbeeld is van grote waarde binnen het aantrekken van toerisme en is dus van belang voor de economie in Goes. Bij voorkeur zal de ophaalbrug handbediend blijven en zijn robuuste uitstraling behouden.
- De stichting vertegenwoordigd de Havenmeester en kent hierdoor belangen bij de veiligheid van de brugbediener. Ten behoeve van deze veiligheid zal de bediening van de brug eenvoudig en risico vrij bewerkstelligd moeten worden.
- Ten behoeve van het comfort van gebruikers is het van belang rekening te houden met een zoveel mogelijk vrije doorvaarruimte, wanneer de brug geopend is. Ook is gewenst dat het openen van de brug zo min mogelijk tijd in beslag zal nemen.

C. Havenmeester

De bediening van de brug is uit besteed aan de havenmeester. C. van de Vliet bediend zowel de Sint Maartenbrug als de Ringbrug, verderop in het Havenkanaal. Hij is verantwoordelijk voor het begeleiden van schepen door de bruggen, het aanwijzen van plaatsen en het handhaven van de veiligheid voor zowel vaar- als wegverkeer. Op 08 februari 2016 heeft er een bestuursvergadering plaatsgevonden over de stadshaven. Hierbij waren vertegenwoordigers van Stichting Stadshaven en Gemeente Goes en de Havenmeester aanwezig. Uit deze vergadering zijn onderstaande voorkeuren van de havenmeester naar voren gekomen:

- De havenmeester geeft aan een zo eenvoudig mogelijke manier van bedienen te willen. Hierdoor kunnen fysieke risico's worden vermeden.
- Toch is het handbediend blijven van de brug in eerste instantie ook geen probleem. Wel is het dan van belang dat de bediening te allen tijden op eenzelfde eenvoudige manier te bewerkstelligen is. De aspecten van de bediening moeten aansluiten bij de Arbo-richtlijnen en ervoor zorgen dat de Havenmeester geen veiligheidsrisico's loopt.
- Tot slot wenst de havenmeester rekening te houden met de aantrekkelijkheid van de brug. Om het nostalgische karakter van de brug volledig te behouden zullen veel toeristen en geïnteresseerden naar de brug moeten komen en verhaal moeten kunnen halen bij de havenmeester. Dit is een belangrijk aspect van de functie van havenmeester.



D. Hulp- en nooddiensten

Ten behoeve van de toegankelijkheid voor speciale voertuigen, zal bij de aanpassingen aan de brug rekening gehouden moeten worden met voorkeuren vanuit hulp- en nooddiensten. Voor de Sint Maartenbrug, welke tot op heden deel uit maakte van de calamiteitenroute voor de brandweer, is Veiligheidsregio Zeeland een van belang zijnde betrokken partij. Op 12 februari 2016 heeft er een gesprek plaatsgevonden tussen de opdrachtgever en Veiligheidsregio Zeeland. Uit dit gesprek zijn de volgende voorkeuren van hulp- en nooddiensten naar voren gekomen:

- Gezien de Sint Maartenbrug zelf geen deel meer uit maakt van de calamiteitenroute, hoeft deze niet meer te voldoen aan eisen voor brandweerauto's. Zolang de doorgang in de straten aan weerszijde van de brug niet belemmerd wordt, heeft de Veiligheidsregio Zeeland geen verdere voorkeuren.

E. Externe bedrijven

Om advies in te winnen, met betrekking tot het maken van een keuze uit de opgestelde varianten, zijn gesprekken gevoerd met verschillende vakgerichte bedrijven. Dit zijn bedrijven als constructiebedrijven, ingenieurbureaus, aannemers en producenten. Door hun ervaring met projecten welke overeenkomsten tonen met dit project, kunnen zij kennis delen welke relevant kan zijn voor de afweging. Hier wordt per bedrijf hetgeen besproken is vermeld.

Constructiebedrijf Hillebrand

Op 05 februari 2016 heeft een bespreking met het bedrijf plaatsgevonden. Hieruit zijn de volgende adviezen gekomen, met betrekking tot de mogelijke varianten:

- Het toepassen van een handlier is een relatief eenvoudige aanpassing. Er verandert weinig aan de uitstraling van de brug en de bediening wordt nog steeds handmatig bewerkstelligd. Het voordeel van een handlier is dat er aan de constructie van de brug niks gewijzigd hoeft te worden en dat de uitvoering van de aanpassing relatief snel en goedkoop kan worden gerealiseerd.
- Om ervoor te zorgen dat de langsliggers onder het dek minder blootgesteld worden aan regenwater, is het toepassen van een dicht dek een goede oplossing. Een groot nadeel aan deze aanpassing is echter dat een dicht dek meestal niet mooi is om te zien en in deze situatie afbreuk zou kunnen doen aan de huidige uitstraling van de brug.
- Het conserveren van hout is een mogelijkheid, maar wordt niet veel toegepast op reeds bestaande constructies. Om belangrijke houtonderdelen te conserveren dient de constructie van het val gedemonteerd te worden en later opnieuw gemonteerd. Ook zal er geregeld onderhoud nodig zijn om de verduurzamende werking te behouden en dan nog zal de conservering geen volledige waterdichtheid garanderen.



- Het toepassen van dempers kan een goed hulpmiddel zijn voor het openen van de brug, maar indien er olie dempers gebruikt worden, dient ten eerste rekening gehouden te worden met veel onderhoud. Uit ervaring is te melden dat dergelijke installaties snel lekkages kunnen vertonen, wat negatieve gevolgen kan hebben voor de kosten van het onderhoud en vervuiling van de omgeving.
- Voor het toepassen van kunststof constructie onderdelen wordt geadviseerd contact op te nemen met een van de volgende bedrijven: Bijl Profielen, FiberCore, Lakwijk, Pekaar Plastics.

Ingenieursbureau Westenberg

Op 25 februari 2016 heeft de eerste bespreking met het bedrijf plaatsgevonden. Hieruit zijn de volgende adviezen gekomen, met betrekking tot de mogelijke varianten:

- Bij het aanpassen van de constructie van het val dient rekening gehouden te worden met een complexere uitvoering. Het val zal namelijk geheel verwijderd moeten worden met behulp van een grote kraan, waarna het aan wal anders geconstrueerd kan worden. Vervolgens dient de hele valconstructie weer terug op zijn plek gehesen te worden. Deze uitvoering zal tijd en geld kosten.
- Het toepassen van een dicht dek, om te voorkomen dat regenwater toegang krijgt tot de langsliggers, kan risico's met zich mee brengen. Uit ervaring wordt vermeld dat er toch enigszins waterdruppels onder de dekconstructie terecht komen en hier niet vanzelf weg kunnen. Dit heeft tot gevolg dat er houtrot kan ontstaan waardoor sterkte eigenschappen van het hout afnemen en balken vaker gerepareerd en/of eerder vervangen moeten worden.
- De gedachte dat het toepassen van een kunststofdek de uitstraling van de brug veranderd, is niet juist. Tegenwoordig hebben binnen de constructiekunststof branche dusdanige ontwikkelingen plaats gevonden dat kunststof het uiterlijk van hout kan krijgen. Daarbij zal er op het dek een slijtlaag aangebracht moeten worden, welke in elke wenselijke kleur te verkrijgen is. Een nadelig effect van een kunststof dek is dat het geluid, wat ontstaat wanneer er bijvoorbeeld een fietser overheen rijdt, verschilt van dat bij hout. Het klinkt over het algemeen harder en holler.
- Wanneer bij het toepassen van een handlier het dek zwaarder zal zijn dan de ballastkist, kan dit grote klappen opleveren bij het neerlaten van de brug. Deze klappen kunnen schade tot gevolg hebben en dat moet voorkomen worden. Bij deze toepassing zal dus extra gekeken moeten worden naar de oplegblokken van de brug. Mogelijk moeten deze vervangen worden door een meer veerend materiaal, zoals Neopreen. Hiervoor wordt geadviseerd contact op te nemen met het bedrijf Trelleborg, in Rotterdam.





Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage VIII. Multicriteria-analyse

- A. Onderscheidingscriteria waaraan de varianten worden getoetst.
- B. Wegingspercentages op basis van mate van belangrijkheid
- C. Scoretoekenning in hoeverre de variant aan het criterium voldoet
- D. Effectentabel, berekening van de beste variant.
- E. Resultaat, meest gewenste oplossing.

Afstuderen 2016

Studente:
Jaimy-Ellen Hendrickx

School:
HZ University of Applied Sciences

Stagebedrijf:
Ingenieursbureau Gemeente Goes

Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage VIII. Multicriteria-analyse

Afstuderen 2016

Studente: Jaimy-Ellen Hendrickx
Studentnr: 00061120
Cursus: CU11020 – DA Afstudeerstage
Opleiding: Civiele Techniek
School: HZ University of Applied Sciences
Docent: H.A. Bakker
Stagebedrijf: Ingenieursbureau Gemeente Goes
Begeleider: B. Suijkerbuijk
Datum: 06 juni 2016



Inhoudsopgave

BIJLAGE VIII. MULTICRITERIA-ANALYSE	1
A. CRITERIA	2
B. WEGING	3
C. SCORETOEKENNING	5
D. EFFECTENTABEL.....	5
E. RESULTAAT	6



Bijlage VIII. Multicriteria-analyse

In dit onderzoek dient een afweging gemaakt te worden tussen verschillende varianten. Deze afweging wordt gemaakt met behulp van een Multicriteria-analyse.

Een multicriteria-analyse is een erkende wetenschappelijke afweging methode waarbij alternatieven, of wel varianten, getoetst worden aan bepaalde criteria. Op deze wijze wordt de afweging onafhankelijk en op basis van juiste invloeden gemaakt. Voorafgaand aan de analyse zijn de te toetsen varianten opgesteld. In afbeelding 1. zijn de opgestelde varianten binnen dit project weergegeven.

Het uitvoeren van een multicriteria-analyse gebeurt aan de hand van een viertal stappen. Hieronder wordt de opbouw van de analyse kort toegelicht. In deze bijlage worden vervolgens alle stappen gedetailleerd uitgewerkt, om zo het gehele verloop van het analyse proces inzichtelijk te maken.

A. *Opstellen criteria*

In deze stap worden maatstaven bepaald, waaraan varianten kunnen worden getoetst. De criteria kennen een zekere (inschatbare) meetbaarheid, zodat er verschil in beoordeling kan ontstaan, per criterium. De variant met de beste totaalbeoordeling zal de gunstigste oplossing vormen.

B. *Vaststellen wegingspercentages*

Om gradatie in belangrijkheid van de criteria te kunnen waarborgen wordt aan elk van de criteria een wegingspercentage toegekend. Op deze wijze zullen sommige criteria zwaarder tellen dan andere. Wegingspercentages worden vastgesteld op basis van het paarsgewijs vergelijken van de criteria.

C. *Toekennen van score*

De volgende stap is het bepalen van de beoordeling van de varianten, per criterium. De score geeft weer in hoeverre de variant voldoet aan het respectievelijke criterium.

D. *Berekenen van de effectentabel*

Tot slot wordt een volledige effectentabel ingevuld. Hierin worden de varianten tegenover de criteria geplaatst, worden de toegekende score ingevuld, en wordt elke score vermenigvuldigd met het vastgestelde wegingspercentage. Hieruit volgt een eindscore per variant. De variant met de hoogste eindscore zal de gunstigste oplossing vormen. Ter verduidelijking van de presentatie wordt de eindscore vertaald in een percentage van de optelling van de eindscore. Op deze wijze wordt inzichtelijk welke variant het grootste aandeel heeft en dus als beste uit de analyse komt.

1 Ander materiaal

2 Ander ontwerp

**3 Hout
conserveren**

**4 Constructie
verslanken**

5 Veerdempers

6 Handler

7 Tandheugel

8 Spindel

**9 Hydraulische
cilinder**

10 Elektromotor

11 Tandbaan

Afbeelding 1. Varianten



A. Criteria

Op basis van de voorkeuren en adviezen van betrokken en externe partijen zijn een zestal criteria opgesteld. Deze criteria vormen voorwaarden waaraan de varianten moeten kunnen voldoen. Hieronder zijn de criteria weergegeven en bij elk criterium is een toelichting gegeven betreffende de voorwaarde.

⇒ *Uitvoeringskosten*

De kosten om de aanpassing te realiseren dienen zoveel mogelijk beperkt te worden.

Uitvoeringskosten zijn eenmalige kosten ten behoeve van het aanbrengen van de aanpassing en het eventueel wijzigen van de huidige constructie.

Hoe lager deze realisatiekosten zijn, des te beter de variant.

⇒ *Onderhoudskosten*

De hoeveelheid onderhoud en de daarbij komende kosten dienen zoveel mogelijk beperkt te worden. Dit criterium is een combinatie van frequentie van onderhoud en de kosten voor het onderhoud.

Hoe minder de totale onderhoudskosten zijn, des te beter de variant.

⇒ *Nostalgische uitstraling*

De huidige uitstraling van de brug dient zoveel mogelijk behouden te blijven. Dit betekent dat de brug past binnen het nostalgische stadsbeeld rondom de stadshaven, op een manier zoals deze dat in de huidige situatie ook doet.

Hoe minder er aan het uiterlijk van de brug veranderd, des te beter de variant.

⇒ *Historische bediening*

De huidige manier van bedienen van de brug dient zoveel mogelijk behouden te blijven. Dit betekent dat de brug handmatig bediend blijft, zodat de wijze van bedienen past binnen het nostalgische stadsbeeld rondom de stadshaven, op een manier zoals dit in de huidige situatie ook doet.

Hoe minder er aan de manier van bedienen veranderd, des te beter de variant.

⇒ *Langdurig resultaat*

De aanpassing zal voor onbepaalde tijd een goede oplossing moeten bieden voor het probleem.

Hierbij zal de variant bestand moeten zijn tegen het vergrootte probleem in de toekomst, ten gevolge van toename van vocht opname door het hout.

Hoe langer de aanpassing een oplossing biedt, des te beter de variant.

⇒ *Veiligheidsrisico's*

De bijkomende veiligheidsrisico's ten gevolge van de aanpassing dienen zoveel mogelijk beperkt te kunnen worden. Hierbij dient in acht te worden genomen dat het behandelen van ontstane risico's een stijging van uitvoeringskosten met zich mee brengt.

Hoe minder bijkomende risico's ten gevolge van de aanpassing, des te beter de variant.



B. Weging

Nadat de criteria zijn vastgesteld kan een weging worden toegekend. Deze weging is van belang, omdat niet alle criteria even belangrijk worden bevonden. Binnen dit project zijn een viertal belangrijke actoren benoemd: Gemeente Goes, Stichting Stadshaven, Havenmeester en Nood- en Hulpdiensten. Gezien de brug geen deel meer uit zal maken van de calamiteitenroute, zal deze laatste partij geen zeggenschap krijgen in het afwegen van varianten. Ook het zeggenschap van de Havenmeester is niet relevant in deze afweging. Dit komt omdat het belang van de Havenmeester gericht is op het vergemakkelijken van de bediening. Gezien dat het hoofddoel van dit onderzoek is, wordt hieraan bij elke aanpassing voldaan en zal dit geen effect hebben op de afweging.

De weging van de criteria wordt dus gebaseerd op de belangen van Gemeente Goes en Stichting Stadshaven. Voor beide partijen wordt een ranking van belangrijkheid opgesteld aan de hand van paarsgewijze vergelijkingen. Hierbij worden steeds twee criteria tegenover elkaar gezet waarbij de partij als het ware kiest, welke van de twee belangrijker is. In de tabellen hieronder zijn voor zowel de gemeente als voor de stichting de vergelijkingen uitgewerkt tot een ranking. Gezien het bij cijfermatige afwegingen niet gewenst is een '0' als een score te beschouwen, wordt bij elke score '1' opgeteld. De uitkomst is een ranking van 1 tot 6, waarbij 6 het belangrijkste is en 1 het minst belangrijk.

Vergelijking belangen Gemeente Goes								
	Uitvoerings- kosten	Onderhouds- kosten	Nostalgische uitstraling	Historische bediening	Langdurig resultaat	Veiligheids- risico's	Score	+1
Uitvoerings- kosten		1	1	1	1	0	4	5
Onderhouds- kosten	0		1	1	1	0	3	4
Nostalgische uitstraling	0	0		1	0	0	1	2
Historische bediening	0	0	0		0	0	0	1
Langdurig resultaat	0	0	1	1		0	2	3
Veiligheids- risico's	1	1	1	1	1		5	6

Vergelijking belangen Stichting Stadshaven								
	Uitvoerings- kosten	Onderhouds- kosten	Nostalgische uitstraling	Historische bediening	Langdurig resultaat	Veiligheids- risico's	Score	+1
Uitvoerings- kosten		0	0	0	0	0	0	1
Onderhouds- kosten	1		0	0	0	0	1	2
Nostalgische uitstraling	1	1		1	1	1	5	6
Historische bediening	1	1	0		1	0	3	4
Langdurig resultaat	1	1	0	0		0	2	3
Veiligheids- risico's	1	1	0	1	1		4	5

Afbeelding 2. Tabellen paarsgewijs vergelijken



Uit de twee vergelijkingsschema's op de vorige bladzijden zijn de rankingen per partij bepaald. In onderstaande tabel zijn deze helder weergegeven.

Ranking per partij		
	Gemeente Goes	Stichting Stadshaven
Uitvoeringskosten	5	1
Onderhoudskosten	4	2
Nostaligsch uiterlijk	2	6
Historische bediening	1	4
Langdurig resultaat	3	3
Veiligheidsrisico's	6	5

Afbeelding 3. Tabel belangen ranking per partij

Doordat de gemeente eigenaar van de brug is en beheerder van de gemeentelijke portefeuille, heeft deze partij meer invloed dan de stichting. Allereerst staat de Gemeente Goes in een positie om eisen te stellen omtrent dit project en Stichting Stadshaven niet. Daarnaast wordt onderscheid gemaakt in het meewegen van de voorkeuren van beide partijen. Er is gekozen om de belangen van Gemeente Goes voor 60% mee te rekenen en die van Stichting Stadshaven voor 40%. Wanneer de hiervoor bepaalde ranking wordt vermenigvuldigd met deze percentages, ontstaat een definitieve ranking van de criteria.

Definitieve ranking					
Belanghebbende	Gemeente Goes			Stichting Stadshaven	Totale Score
<i>Weging</i>	<i>60 %</i>			<i>40 %</i>	<i>100 %</i>
Uitvoeringskosten	5	x	0,6 = 3,0	1 x 0,4 = 0,4	3,40
Onderhoudskosten	4	x	0,6 = 2,4	2 x 0,4 = 0,8	3,20
Nostaligsch uiterlijk	2	x	0,6 = 1,2	6 x 0,4 = 2,4	3,60
Historische bediening	1	x	0,6 = 0,6	4 x 0,4 = 1,6	2,20
Langdurig resultaat	3	x	0,6 = 1,8	3 x 0,4 = 1,2	3,00
Veiligheidsrisico's	6	x	0,6 = 3,6	5 x 0,4 = 2,0	5,60

Afbeelding 4. Tabel definitieve belangen ranking

De totale scores van de definitieve ranking worden omgerekend in percentages. Op deze wijze ontstaat de weging van de criteria.

Wegingspercentages			
Criteria	Wegingspercentage		
Totaal	21,00	x 4,76	= 100 %
Uitvoeringskosten	3,40	x 4,76	= 16,19 %
Onderhoudskosten	3,20	x 4,76	= 15,24 %
Nostaligsch uiterlijk	3,60	x 4,76	= 17,14 %
Historische bediening	2,20	x 4,76	= 10,48 %
Langdurig resultaat	3,00	x 4,76	= 14,29 %
Veiligheidsrisico's	5,60	x 4,76	= 26,67 %

Afbeelding 5. Tabel wegingspercentages criteria



C. Scoretoekenning

De volgende stap, binnen het uitvoeren van een multicriteria-analyse is de scoretoekenning. Hierbij wordt voor elke variant een score gegeven per criterium. Binnen dit project zou het bepalen en berekenen van verschillende niveaus van eenheden per criterium veel tijd in beslag nemen en een grote onzekerheid kennen. Om deze reden is ervoor gekozen om geen complete berekeningen van criteria eenheden te maken, maar enkel een inschatting te maken in hoeverre de variant kan voldoen aan een bepaald criterium. Hierbij worden drie niveaus beschouwd:

Score 1: De variant kan slecht voldoen aan het criterium

Score 2: De variant kan matig voldoen aan het criterium

Score 3: De variant kan goed voldoen aan het criterium

Hieronder is de scoretoekenning in tabelvorm weergegeven en is een korte toelichting op de score geformuleerd.

	Scoretoekenning					
	Uitvoeringskosten	Onderhoudskosten	Nostalgische uitstraling	Historische bediening	Langdurig resultaat	Veiligheidsrisico's
1 Ander materiaal	2	3	3	3	3	3
2 Ander ontwerp	2	3	3	3	3	3
3 Hout conserveren	3	1	3	3	1	3
4 Verslanken	2	3	3	3	1	3
5 Veerdempers	3	2	2	2	1	2
6 Handlier	3	2	2	2	1	2
7 Tandheugel	1	2	1	1	3	1
8 Spindel	1	2	1	1	3	1
9 Hydraulische cilinder	1	2	1	1	3	1
10 Elektromotor	1	2	2	1	3	2
11 Tandbaan	1	2	2	1	3	2

Toelichting scoretoekenning	
Variant	Bepalingen
Ander materiaal Ander ontwerp	Het toepassen van ander materiaal of een ander ontwerp brengt veel uitvoeringskosten met zich mee, maar kan onderhoud goed beperken. De uitstraling en bediening kunnen onveranderd blijven en er ontstaat een zeer langdurig resultaat. Veiligheidsrisico's zijn hierbij bijna niet aanwezig.
Conserveren	Het conserveren van hout zal niet erg duur zijn, maar met het oog op onderhoud komen er meer kosten bij kijken. Aan de uitstraling en bediening veranderd niks. Het resultaat is kortstondig, maar er ontstaan geen veiligheidsrisico's.
Verslanken	Het verslanken van de constructie kent veel uitvoeringskosten, maar brengt geen extra onderhoud of risico's. Uitstraling en bediening blijven onveranderd, maar het resultaat is tijdelijk.
Veedempers Handlier	Het toepassen van veerdempers of een handlier is relatief goedkoop. De toepassing vergt wel wat onderhoud en doet af aan de uitstraling en wijze van bediening. Het resultaat is tijdelijk en er ontstaan aardig wat risico's.
Tandheugel Spindel Cilinder	Een tandheugel, spindel of cilinder aanbrengen is een dure toepassing en brengt onderhoud met zich mee. De uitstraling en bediening worden drastisch veranderd. Het resultaat is langdurig, maar er ontstaan ook veel veiligheidsrisico's.
Elektromotor Tandbaan	Een elektromotor of tandbaan is ook een dure toepassing, met onderhoud en verandering van uitstraling en ten eerste de bediening. Het resultaat is langdurig en er ontstaan enkele risico's.

Afbeelding 6. Scoretoekenning + toelichting



D. Effectentabel

Nu dat de criteria en de weging zijn vastgesteld en de score van de varianten zijn gegeven, kan worden bepaald wat de beste variant is. Ten behoeve van deze keuze is onderstaande effectentabel ingevuld. Hierbij worden de toegekende scores vermenigvuldigd met de wegingen en vervolgens per variant opgeteld, om zo tot een totaal score te komen.

Criterium	Uitvoeringskosten	Onderhoudskosten	Nostalgische uitstraling	Historische bediening	Langdurig resultaat	Veiligheidsrisico's	Totale Score
Weging	16 %	15 %	17 %	11 %	14 %	27 %	100 %
1 Ander materiaal	2 x 0,16 = 0,32	3 x 0,15 = 0,45	3 x 0,17 = 0,51	3 x 0,11 = 0,33	3 x 0,14 = 0,42	3 x 0,27 = 0,81	2,84
2 Ander ontwerp	2 x 0,16 = 0,32	3 x 0,15 = 0,45	3 x 0,17 = 0,51	3 x 0,11 = 0,33	3 x 0,14 = 0,42	3 x 0,27 = 0,81	2,84
3 Hout conserveren	3 x 0,16 = 0,48	1 x 0,15 = 0,15	3 x 0,17 = 0,51	3 x 0,11 = 0,33	1 x 0,14 = 0,14	3 x 0,27 = 0,81	2,42
4 Verslanken	2 x 0,16 = 0,32	3 x 0,15 = 0,45	3 x 0,17 = 0,51	3 x 0,11 = 0,33	1 x 0,14 = 0,14	3 x 0,27 = 0,81	2,56
5 Veerdempers	3 x 0,16 = 0,48	2 x 0,15 = 0,3	2 x 0,17 = 0,34	2 x 0,11 = 0,22	1 x 0,14 = 0,14	2 x 0,27 = 0,54	2,02
6 Handlier	3 x 0,16 = 0,48	2 x 0,15 = 0,3	2 x 0,17 = 0,34	2 x 0,11 = 0,22	1 x 0,14 = 0,14	2 x 0,27 = 0,54	2,02
7 Tandheugel	1 x 0,16 = 0,16	2 x 0,15 = 0,3	1 x 0,17 = 0,17	1 x 0,11 = 0,11	3 x 0,14 = 0,42	1 x 0,27 = 0,27	1,43
8 Spindel	1 x 0,16 = 0,16	2 x 0,15 = 0,3	1 x 0,17 = 0,17	1 x 0,11 = 0,11	3 x 0,14 = 0,42	1 x 0,27 = 0,27	1,43
9 Hydr. cilinder	1 x 0,16 = 0,16	2 x 0,15 = 0,3	1 x 0,17 = 0,17	1 x 0,11 = 0,11	3 x 0,14 = 0,42	1 x 0,27 = 0,27	1,43
10 Elektromotor	1 x 0,16 = 0,16	2 x 0,15 = 0,3	2 x 0,17 = 0,34	1 x 0,11 = 0,11	3 x 0,14 = 0,42	2 x 0,27 = 0,54	1,87
11 Tandbaan	1 x 0,16 = 0,16	2 x 0,15 = 0,3	2 x 0,17 = 0,34	1 x 0,11 = 0,11	3 x 0,14 = 0,42	2 x 0,27 = 0,54	1,87

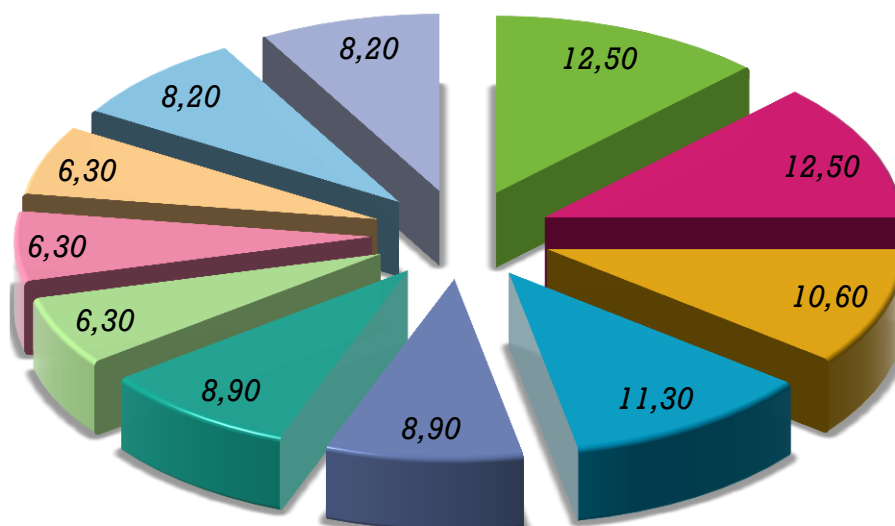
Afbeelding 7. Effectentabel

E. Resultaat

Wanneer de totale score wordt vertaald naar een percentage ontstaat onderstaand cirkeldiagram. Hieruit blijkt dat de varianten 'ander materiaal' en 'ander ontwerp' als beste uit de analyse komen.

Resultaten afweging

- Ander materiaal
- Ander ontwerp
- Hout conserveren
- Verslanken
- Veerdempers
- Handlier
- Tandheugel
- Spindel
- Hydraulische cilinder
- Elektromotor
- Tandbaan



Afbeelding 8. Cirkeldiagram resultaten afweging

→ Het advies gaat uit naar het combineren van ander materiaal en ander ontwerp, ofwel het opnieuw construeren van de valconstructie van de Sint Maartenbrug.





Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage IX. Berekeningen en tekeningen brugdek

- A. Het ontwerp van de stalen draagconstructie, inclusief berekeningen van drie stalen liggers.
- B. Berekeningen ten behoeve van verbindingen van de stalen draagconstructie.
- C. De keuze van de kunststof dekplanken, inclusief het monteren ervan.
- D. Bepalingen ten behoeve van detailleringen aan het brugdek.
- E. Technische tekeningen van het brugdek.

Afstuderen 2016

Studente:
Jaimy-Ellen Hendrickx

School:
HZ University of Applied Sciences

Stagebedrijf:
Ingenieursbureau Gemeente Goes

Aanpassingen

Sint Maartenbrug

Bijlage IX.

Berekeningen en

tekeningen brugdek

Afstuderen 2016

Studente: Jaimy-Ellen Hendrickx
Studentnr: 00061120
Cursus: CU11020 – DA Afstudeerstage
Opleiding: Civiele Techniek
School: HZ University of Applied Sciences
Docent: H.A. Bakker
Stagebedrijf: Ingenieursbureau Gemeente Goes
Begeleider: B. Suijkerbuijk
Datum: 06 juni 2016



Inhoudsopgave

BIJLAGE IX. BEREKENINGEN EN TEKENINGEN BRUGDEK	1
A. ONTWERP STALEN DRAAGCONSTRUCTIE	2
SITUATIE 1. GESLOTEN TOESTAND	2
SITUATIE 2. OPEN TOESTAND HORIZONTAAL	2
SITUATIE 3. OPEN TOESTAND VERTICAAL	2
1. PROFIELKEUZE-BEREKENING LANGSLIGGERS	3
2. PROFIELKEUZE-BEREKENING ACHTERHAR	4
3. PROFIELKEUZE-BEREKENING DWARSREGEL	5
4. STABILITEITSTOETS-BEREKENING LANGSLIGGERS.....	6
5. STABILITEITSTOETS-BEREKENING ACHTERHAR	7
6. STABILITEITSTOETS-BEREKENING DWARSREGEL	7
CONCLUSIE.....	8
B. VERBINDINGEN STALEN DRAAGCONSTRUCTIE	9
HEA100 → IPE 270.....	9
IPE 270 → VBP 140	10
CONCLUSIE.....	10
C. KUNSTSTOF DEKPLANKEN	11
BEVESTIGING	11
D. DETAILLERINGEN	12
SCHARNIER VAN HET BRUGDEK	12
VERBINDING VAN DE TREKSTANG AAN HET BRUGDEK	12
OPLEGBLOKKEN	13
CONSERVERING VAN HET STAAL	14
VERGREDELING VAN HET BRUGDEK.....	15
E. TECHNISCHE TEKENINGEN.....	16
⇒ 1. BOVENAANZICHT – DRAAGCONSTRUCTIE EN DEKPLANKEN.....	16
⇒ A-A' DWARSDOORSNEDE BRUGDEK – AANZICHT DWARSREGEL.....	16
⇒ B-B' DWARSDOORSNEDE BRUGDEK – AANZICHT ACHTERHAR	16
⇒ C-C' LANGSDOORSNEDE BRUGDEK – AANZICHT LANGSLIGGER	16
⇒ 2. STAALPROFIELEN – DRAAGCONSTRUCTIE	16
⇒ 3.1 DETAIL KOPSTUK DWARSREGEL – VERBINDING TREKSTANG	16
⇒ 3.2 DETAIL HOEKPLAAT – VERBINDING ACHTERHAR	16
⇒ 3.3 DETAIL HOUTBESCHOT – VERBINDING OP LANGSLIGGER	16
⇒ 3.4 DETAIL SCHARNIER – OPBOUW EN BEVESTIGING	16
⇒ 3.5 DETAIL SCHARNIERBEUGEL – VERBINDING OP HAMEIPOORT.....	16
⇒ 3.6 DETAIL DEKPLANK – VERBINDING OP LANGSLIGGERS.....	16



Bijlage IX. Berekeningen en tekeningen brugdek

In deze bijlage wordt het nieuwe brugdek ontworpen. Op basis van berekeningen en keuzes wordt de gedetailleerde vormgeving bepaald. Deze wordt aan het einde van deze bijlage vertaald in overzichtelijke tekeningen.

Zoals eerder in het rapport aangegeven, bestaat het brugdek uit een stalen draagconstructie met daarop een dek van kunststof planken. In deze bijlage zal eerst de stalen draagconstructie worden ontworpen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van staalsoort S235 en zal worden uitgegaan van materiaalgegevens zoals aangegeven in bijlage V. Programma van eisen. Bij het ontwerpen van de draagconstructie worden de profielen van de drie benodigde typen liggers (langsligger, achterhar en dwarsregel) bepaald aan de hand van ontwerpberoekeningen. Vervolgens worden de gekozen profielen getoetst volgens de vereiste normen (zie bijlage V.).

Nadat de liggers van de draagconstructie zijn ontworpen, wordt ingegaan op de lasverbindingen van de liggers onderling. Hierbij wordt enkel een eenvoudige berekening gemaakt van één maatgevende las. Geadviseerd wordt om berekeningen van de lassen, alsnog door een specialist te laten uitvoeren. Het derde deel van deze bijlage betreft de kunststof dekplanken. Hierbij zal de opdrachtgever een keuze maken voor het type dekplank en worden benodigde specificaties van de planken uitgewerkt. Het nu ontstane basis ontwerp van het brugdek, zal in de bestaande situatie moeten worden ingepast met behulp van een aantal detailleringen. Zo zal ervoor gezorgd moeten worden dat het dek kan kantelen vanaf de hameistijl en dat deze verbonden wordt aan de trekstangen. Ook zullen oplegblokken en een vergrendeling benodigd zijn en zal het staal geconserveerd moeten worden om corrosie tegen te gaan.

Het laatste onderdeel van het ontwerpen van het nieuwe brugdek is het maken van technische tekeningen. Hierin zullen alle hiervoor gemaakte berekeningen, bepalingen en keuzes visueel worden gemaakt, volgens de geldende tekenregels (zie bijlage V.)

Binnen het ontwerpen van deze constructie zijn slankheid en uitstraling de belangrijkste uitgangspunten. Dit betekent dat de constructie zo slank mogelijk uitgevoerd dient te worden. Dit heeft effect op het beperken van kosten en onderhoud van de constructie. Naast een zo slank mogelijk ontwerp, dient het nieuwe brugdek een gelijksoortige uitstraling te krijgen als het huidige brugdek. Bij sommige onderdelen van het brugdek, komen deze twee uitgangspunten met elkaar in conflict. In dit geval wordt een passende oplossing bedacht.

Zo zal getracht worden om zo slank mogelijke langsliggers te gebruiken, terwijl het zij aanzicht gelijk moet zijn aan dat van een 35cm hoge, houten balk. De meest passende oplossing is het staal zo slank mogelijk te construeren en daar een houtbeschoot met een hoogte van 35cm op te monteren. Zo ontstaat een slanke constructie met een juiste uitstraling en worden beide uitgangspunten nageleefd.

Met oog op slankheid is ervoor gekozen een draagconstructie te ontwerpen met het minimaal benodigde aantal langsliggers. Dit zijn er drie. Indien de benodigde profielen van de liggers groter worden dan de huidige houten balken, zal een extra ligger worden toegepast.



A. Ontwerp stalen draagconstructie

De draagconstructie bestaat uit drie soorten liggers. De langsliggers, de achterhar en de dwarsregel. Alle drie deze liggers worden geconstrueert uit stalen walsproducten in standaard profielen. Door middel van de berekeningen in dit hoofdstuk wordt bepaald welke profielen benodigd zijn voor elk van de liggers. De berekeningen worden uitgevoerd in een zestal stappen:

1. Profielkeuze-berekening langsliggers
2. Profielkeuze-berekening achterhar
3. Profielkeuze-berekening dwarsregel
4. Stabiliteitstoets-berekening langsliggers
5. Stabiliteitstoets-berekening achterhar
6. Stabiliteitstoets-berekening dwarsregel

Ten behoeve van het bepalen van maatgevende krachten op de liggers, zullen drie situaties in beschouwing worden genomen. Alle drie de liggers dienen in alle drie de situaties sterk en stabiel genoeg te zijn, om de optredende krachten te kunnen dragen.

Situatie 1. Gesloten toestand

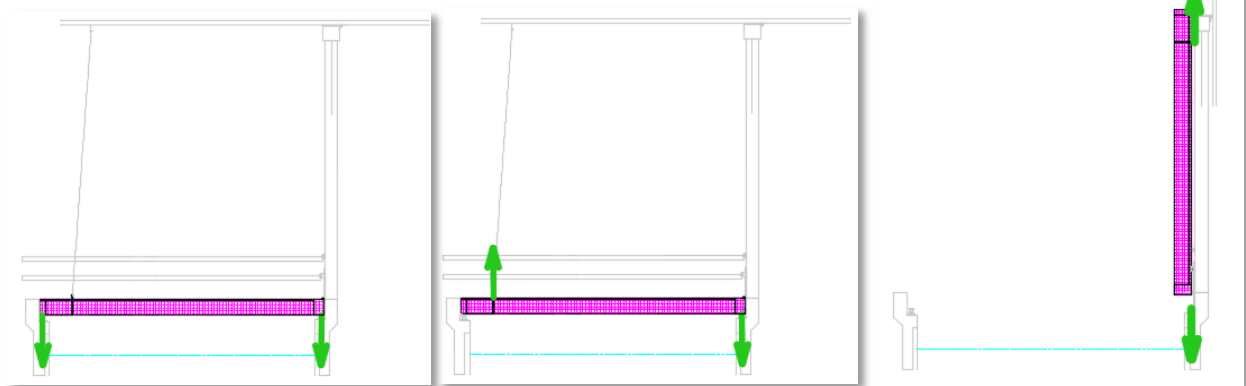
In deze situatie is de brug dicht en kan het fiets- en voetgangersverkeer het kanaal oversteken. Het brugdek ligt in een horizontale positie waarbij verticale krachten worden overgedragen op twee oplegpunten.

Situatie 2. Open toestand horizontaal

In deze situatie gaat de brug geopend worden en zal zowel weg- als waterweg- verkeer moeten wachten. Het brugdek ligt nog horizontaal maar hangt al wel aan de kettingen. Hierdoor worden verticale krachten aan de achterzijde overgedragen op een oplegpunt en aan de voorzijde op een ophangpunt.

Situatie 3. Open toestand verticaal

In deze situatie is de brug volledig geopend en kunnen schepen doorvaren. Het brugdek bevindt zich in verticale positie waarbij verticale krachten worden overgedragen op het ophangpunt en het oplegpunt.



Afbeelding 1. Te beschouwen toestanden

Op de volgende bladzijden zijn de zestal berekeningen ten behoeve van de liggers in rekenschema's weergegeven. Alle berekeningen zijn handmatig uitgevoerd en vervolgens in de schema's verwerkt. Parallel aan de rekenschema's is een toelichtende tekst opgenomen.

1. Profielkeuze-berekening langsliggers

Lengte langsligger	L	=	6,65	m
Gedragen breedte dek	B	=	1,34	m
Afstand puntlast dwarsregel	DL	=	0,775	m
Vloegrens staal	fy	=	235	N/mm²
Elasticiteitsmodulus	E	=	2,10E+05	N/mm²
Materiaalfactor	γmo	=	1,0	

Blijvende belasting				
⇒ Kunststof dekplanken				
Gewicht	Breedte	Belasting		
38 kg/m²	1,34 m	50,92 kg/m	0,51	kN/m
⇒ Aannee eigengewicht stalen ligger				
			0,30	kN/m
⇒ Totale blijvende belasting				
			G =	0,81 kN/m
⇒ Puntlast dwarsregel				
Gewicht	Breedte			
0,30 kN/m	1,34 m	FG =	0,40	kN

Veranderlijke belasting				
⇒ Fiets- en voetgangersbelasting				
Norm	Breedte			
5,00 kN/m²	1,34 m	Q =	6,70	kN/m
⇒ Puntlast niet aanwezig				
			FQ =	0,00 kN

Belasting combinaties						
⇒ Uiterste grenstoestand q-last [qrd]						
	γG	G	ψ0	γQ	Q	Belasting
a)	1,20	0,81	1,00	1,50	6,70	11,02 kN/m
b)	1,35	0,81	0,50	1,50	6,70	6,12 kN/m
⇒ Bruikbaarheidsgrenstoestand q-last [qrd]						
	γG	G	γQ	Q		
	1,00	0,81	1,00	6,70	Belasting	7,51 kN/m
⇒ Uiterste grenstoestand punt-last [Frd]						
	γG	FG	ψ0	γQ	FQ	Belasting
a)	1,20	0,40	1,00	1,50	0,00	0,48 kN/m
b)	1,35	0,40	0,50	1,50	0,00	0,54 kN/m
⇒ Bruikbaarheidsgrenstoestand punt-last [Frd]						
	γG	FG	γQ	FQ		
	1,00	0,40	1,00	0,00	Belasting	0,40 kN/m

Maximaal moment UGT

⇒ Oplegreacties

BV = (DL x Frd + qrd x ½ x L²) / L

BV

0,775

0,54

11,02

22,11

6,65

36,71 kN

AV = Frd + qrd x L - BV

AV

0,54

11,02

6,65

36,71

37,12 kN

⇒ Afstand maximaal moment

α (AV - Frd) / qrd

α

37,12

0,54

11,02

3,32 m

⇒ Moment elke ½ meter

M = (DL x Frd + qrd x ½ x L²) - BV x L

M0

0,775

0,54

11,02

22,11

244,11

0,00 kNm

M1

0,275

0,54

11,02

18,91

225,76

-17,18 kNm

M2

11,02

15,96

207,40

-31,49 kNm

M3

11,02

13,26

189,05

-42,89 kNm

M4

11,02

10,81

170,69

-51,54 kNm

M5

11,02

8,61

152,34

-57,43 kNm

M6

11,02

6,66

133,98

-60,57 kNm

Mmax

11,02

5,54

122,24

-61,13 kNm

M7

11,02

4,96

115,63

-60,95 kNm

M8

11,02

3,51

97,28

-58,58 kNm

M9

11,02

2,31

78,92

-53,45 kNm

M10

11,02

1,36

60,57

-45,57 kNm

M11

11,02

0,66

42,21

-34,93 kNm

M12

11,02

0,21

23,86

-21,53 kNm

M13

11,02

0,01

5,51

-5,38 kNm

M14

11,02

0,00

0,00

0,00 kNm

Buigsterkte				
⇒ Benodigd weerstandsmoment (UGT)				
Wy =	Mmax	x	γmo	/ fy
Wy	-6,11E+07	1,00	235	-2,60E+05 mm³

Doorbuiging				
⇒ Benodigd traagheidsmoment (BGT)				
a)	Weind <	0,004 x	L	
	W <	26,60	mm	
I =	(5 x qrd x L⁴) /	(384 x E x W)		
I	7,34E+16	384	5,59E+06	3,423E+07 mm⁴
b)	Wbij <	0,003 x	L	
	W <	19,95	mm	
I =	(5 x Q x L⁴) /	(384 x E x W)		
I	6,55E+16	384	4,19E+06	4,072E+07 mm⁴

Profielkeuze	
⇒ IPE 270	
W =	4,84E+05 mm³
I =	5,790E+07 mm⁴

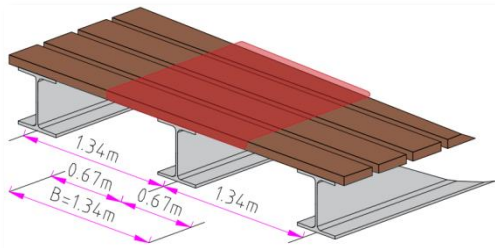


De profielen van de langsliggers zullen worden bepaald aan de hand van ontwerpberekeningen betreffende sterkte en doorbuiging. De situatie waarin de meeste krachten op de langsliggers werken is de maatgevende en zal in beschouwing worden genomen bij de ontwerpberekeningen.

Voor de langsliggers is de gesloten toestand maatgevend, omdat er in deze situatie ook veranderlijke belasting optreedt. In het geval van openen of open staan van de brug is dit niet het geval.

In totaal zullen drie langsliggers nodig zijn. Van deze drie zal de middelste de meeste krachten moeten opnemen en dus maatgevend zijn. Omdat alle drie de liggers gelijk zullen worden uitgevoerd, wordt alleen de middelste ligger berekend.

De totale blijvende belasting op de langsliggers bestaat uit het gewicht van de ligger zelf en dat van het dekgedeelte dat door de ligger gedragen wordt (zie de afbeelding hiernaast). Ook de dwarsregel zal een blijvende belasting vormen in de vorm van een puntlast.

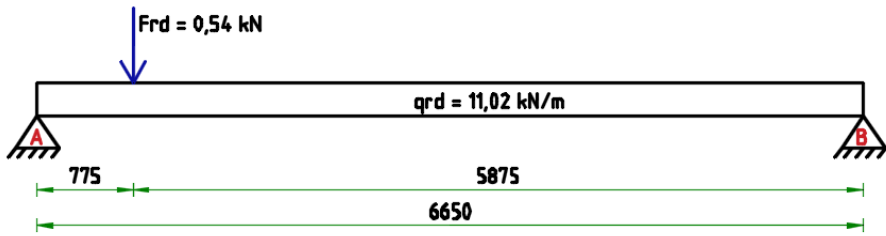


De veranderlijke belasting door fiets- en voetgangers verkeer bedraagt volgens de Eurocode 5,00 kN/m². Deze belasting werkt op het dekgedeelte zoals hiervoor is toegelicht.

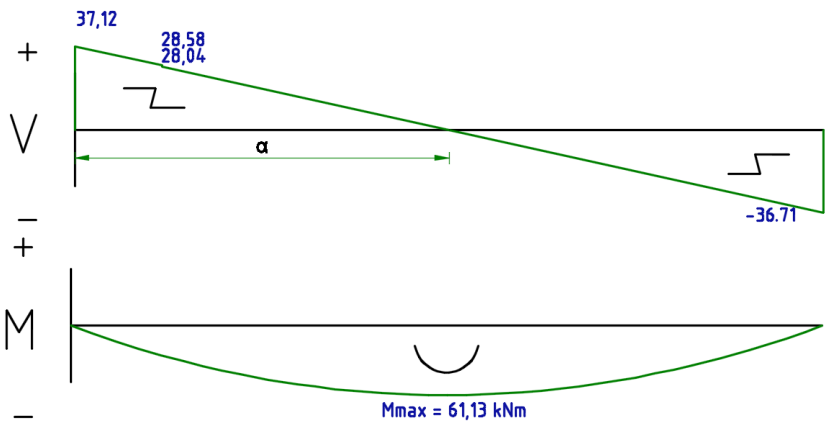
Bij het rekenen in de uiterste grenstoestand dienen de waarden van de belastingen vermenigvuldigd te worden met twee verschillende combinaties van partiële veiligheidsfactoren, γG voor de blijvende- en γQ voor de veranderlijke belasting. De uitkomst geeft een extreme waarde van de belasting, waarbij de grootste geldt als de rekenwaarde voor verdere berekeningen. De kans dat deze grootte van de belasting werkelijk voorkomt is klein.

Omdat de brug valt onder veiligheidsklasse 2 zijn de waarden voor de factoren in combinatie a) gelijk aan 1,2 en 1,5 en in combinatie b) aan 1,35 en 1,5. In combinatie b) wordt tevens rekening gehouden met het feit dat de kans op het voorkomen van minder grote belastingen veel groter is. Door Q te vermenigvuldigen met een momentaanfactor ψ0 met een waarde van 0,5, wordt de extreme waarde van Q verkleind en ontstaat een realistischere situatie.

Wanneer de maatgevende rekenwaarden van de belastingen in de UGT berekend zijn ontstaat onderstaand belasting schema.



Door het berekenen van de ontstane oplegreacties en momenten (in het rekenschema elke halve meter een moment), kunnen de dwarskrachten- en de momenten-lijn worden getekend en kan het maximaal optredende moment worden bepaald. Deze laatste is van groot belang voor het voldoen aan voorwaarden in latere berekeningen.



De berekeningen met betrekking tot buigsterkte en doorbuiging en het kiezen van een profiel worden bij de volgende rekenstap verder toegelicht.

2. Profielkeuze-berekening achterhar

Lengte langsligger	L	=	3,05	m
Gedragen breedte dek	B	=	0,20	m
Afstand puntlast langsligger 1.	DL1	=	0,185	m
Afstand puntlast langsligger 2.	DL2	=	1,525	m
Afstand puntlast langsligger 3.	DL3	=	2,865	m
Vloeigrens staal	fy	=	235	N/mm²
Elasticiteitsmodulus	E	=	2,10E+05	N/mm²
Materiaalfactor	γmo	=	1,0	

Blijvende belasting				
⇒ Kunststof dekplanken				
Gewicht	Breedte	Belasting		
38 kg/m²	0,20 m	7,60 kg/m	0,08 kN/m	
⇒ Aannee eigengewicht stalen ligger				
			0,30 kN/m	
⇒ Totale blijvende belasting				
			G =	0,38 kN/m
⇒ Puntlast langsligger				
½ G last ligger	x lengte ligger			
0,50	0,81	6,65	FG =	2,69 kN

Veranderlijke belasting				
⇒ Fiets- en voetgangersbelasting				
Norm	Breedte			
5,00 kN/m²	0,20 m	Q =	1,00 kN/m	
⇒ Puntlast Langsligger				
½ Q last ligger	x lengte ligger			
0,50	6,70	6,65	FQ =	22,28 kN

Belasting combinaties							
⇒ Uiterste grenstoestand q-last [qrd]							
	γG	G	ψ0	γQ	Q	Belasting	
a)	1,20	0,38	1,00	1,50	1,00	1,95 kN/m	
b)	1,35	0,38	0,50	1,50	1,00	1,26 kN/m	
⇒ Bruikbaarheidsgrenstoestand q-last [qrd]							
	γG	G	γQ	Q			
	1,00	0,38	1,00	1,00	Belasting	1,38 kN/m	
⇒ Uiterste grenstoestand punt-last [Frd]							
	γG	FG	ψ0	γQ	FQ	Belasting	
a)	1,20	2,69	1,00	1,50	22,28	36,64 kN/m	
b)	1,35	2,69	0,50	1,50	22,28	20,34 kN/m	
⇒ Bruikbaarheidsgrenstoestand punt-last [Frd]							
	γG	FG	γQ	FQ			
	1,00	2,69	1,00	22,28	Belasting	24,97 kN/m	

<u>Maximaal moment UGT</u>									
⇒ <u>Oplegreacties</u>									
BV =	(DL1 x	Frd +	DL2 x	Frd +	DL3 x	Frd +	qrd x	$\frac{1}{2} \times L^2$)	/ L
Bv	0,185	36,64	1,525	36,64	2,865	36,64	1,95	4,65	3,05 57,94 kN
AV =	3 x Frd +	qrd x	L -	BV					
Av	109,93	1,95	3,05	57,94	57,94 kN				
⇒ <u>Afstand maximaal moment</u>									
α	(AV - $1\frac{1}{2} \times$ Frd)	/ qrd							
α	57,94	54,97	1,95	1,525 m					
⇒ <u>Moment elke $\frac{1}{2}$ meter</u>									
M =	(DL1 x	Frd +	DL2 x	Frd +	DL3 x	Frd +	qrd x	$\frac{1}{2} \times L^2$)	- BV x L
M0	0,185	36,64	1,53	36,64	2,87	36,64	1,95	4,65	176,73 0,00 kNm
M1			1,03	36,64	2,37	36,64	1,95	3,25	147,75 -17,18 kNm
M2			0,53	36,64	1,87	36,64	1,95	2,10	118,78 -27,10 kNm
M3			0,02	36,64	1,37	36,64	1,95	1,20	89,81 -36,53 kNm
Mmax					1,34	36,64	1,95	1,16	88,36 -36,99 kNm
M4					0,87	36,64	1,95	0,55	60,84 -28,07 kNm
M5					0,37	36,64	1,95	0,15	31,87 -18,20 kNm
M6							1,95	0,00	2,90 -2,89 kNm
M7							1,95	0,00	0,00 0,00 kNm

Buigsterkte				
⇒ Benodigd weerstandsmoment (UGT) Wy = Wz				
W =	Mmax	x γmo	/ fy	
W	-3,70E+07	1,00	235	-1,57E+05 mm³

<u>Doorbuiging</u>				
⇒ Benodigd traagheidsmoment (BGT) $I_y = I_z$				
a)	Weind <	0,004 x L		
	W <	12,20 mm		
I =	$(5 \times q_{rd} \times L^4) / (384 \times E \times W)$			
I	5,95E+14	384	2,56E+06	6,052E+05 mm ⁴
b)	Wbij <	0,003 x L		
	W <	9,15 mm		
I =	$(5 \times Q \times L^4) / (384 \times E \times W)$			
I	4,33E+14	384	1,92E+06	5,864E+05 mm ⁴

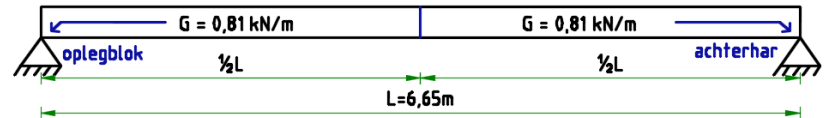
Profielkeuze	
⇒ Vierkant buisprofiel 140x140x8	
W =	2,04E+05 mm³
I =	1,194E+07 mm⁴



Het profiel van de achterhar zal worden bepaald aan de hand van ontwerpberekeningen betreffende sterkte en doorbuiging. De situatie waarin de meeste krachten op de achterhar werken is de maatgevende en zal in beschouwing worden genomen bij de ontwerpberekeningen.

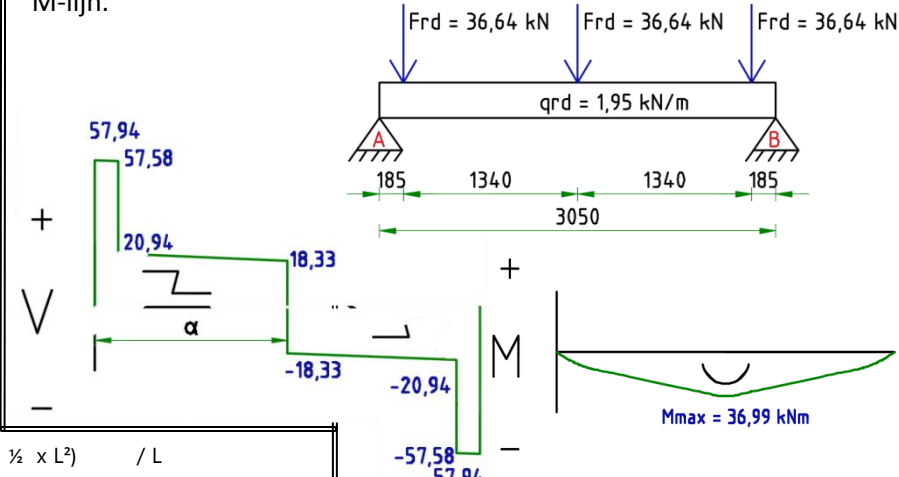
Voor de achterhar is de gesloten toestand maatgevend, omdat er in deze situatie ook veranderlijke belasting optreedt. In het geval van openen of open staan van de brug is dit niet het geval.

De blijvende belasting bestaat uit het eigen gewicht van de ligger en de helft van blijvende belasting van de langsligger (zie de afbeelding hieronder). Voor de veranderlijke belasting geldt het verkeer over een breedte van één dekplank en de helft van de veranderlijke belasting van de langsligger (zie de afbeelding hieronder).



Voor het bepalen van de rekenwaarden van q-lasten en puntlasten in de bruikbaarheidstoestand gelden partiële veiligheidsfactoren van 1,0. De maatgevende belasting is dus simpelweg een optelling van de blijvende en veranderlijke belasting.

De belastingen in de uiterste grenstoestand, samen met daaruit volgende oplegreacties en momenten, worden op dezelfde wijze berekend als bij het profiel op de vorige bladzijde. Hierbij ontstaat het volgende belastingschema, met daarbij de onderstaande V- en M-lijn.



Om het maximaal ontstane moment te kunnen opnemen zal het profiel een bepaald weerstandsmoment moeten kennen. Om de waarde hiervan te bepalen, wordt uit de toetsingsformule voor buigsterkte een ontwerpformule afgeleid. Omdat een profiel uit één stuk gekozen zal worden, valt het profiel in doorsnede klasse 1. of 2. en hoeft deze alleen plastisch te worden getoetst.

Naast het benodigde weerstandsmoment, dient het profiel een traagheidsmoment te kennen dat

Dat ervoor zorgt dat de ligger star genoeg is en niet te ver doorbuigt onder de optredende belasting. Ook hier zijn ontwerpformules van de toetsingsformule afgeleid. Deze toets wordt gedaan op basis van de rekenwaarden in de BGT en bestaat voor een op buiging belaste ligger uit twee delen. De eerste is dat de uiteindelijke doorbuiging ten gevolge van de totale belasting niet meer mag zijn dan 0,4% van de totale lengte. De tweede voorkomt dat de bijkomende doorbuiging door de (soms wel soms niet) optredende veranderlijke belasting niet meer dan 0,3% van de lengte zal bedragen.

Er bestaan meerdere standaard profielen welke voldoen aan zowel de buigsterkte- als de doorbuigingseis. Met het oog op een praktische toepassing kan een voorkeur voor het type profiel worden gegeven. De achterhar zal over 90° geroteerd worden en in alle richtingen belasting van de langsliggers opvangen. Hiervoor is een vierkant of rond profiel goed geschikt. Ten behoeve van het bevestigen van andere onderdelen, verdient het vierkante buisprofiel de voorkeur.

3. Profielkeuze-berekening dwarsregel

Lengte langsligger	L	=	3,20	m
Lengte overstek brugdek	Lo	=	0,775	m
Afstand tot achterhar	Lt	=	5,875	m
Afstand puntlast langsligger 1.	DL1	=	0,260	m
Afstand puntlast langsligger 2.	DL2	=	1,600	m
Afstand puntlast langsligger 3.	DL3	=	2,940	m
Vloeigrens staal	fy	=	235	N/mm²
Elasticiteitsmodulus	E	=	2,10E+05	N/mm²
Materiaalfactor	γmo	=	1,0	

<u>Blijvende belasting</u>	⇒	<u>Aanname eigengewicht stalen ligger</u>	0,30 kN/m
	⇒	Totale blijvende belasting	G = 0,30 kN/m

⇒ Puntlast langsligger

draaglengthe ($L_o + \frac{1}{2}L_t$)

3,71 m

last ligger x draaglengthe

0,81 3,71

FG = 3,00 kN

<u>Veranderlijke belasting</u>	⇒	<u>Niet aanwezig</u>		Q =	0,00 kN/m
	0,50	6,70	6,65	FQ =	0,00 kN

Belasting combinaties	⇒	Uiterste grenstoestand q-last [qrd]						
		γG	G	ψ0	γQ	Q	Belasting	
	a)	1,20	0,30	1,00	1,50	0,00	0,36	kN/m
	b)	1,35	0,30	0,50	1,50	0,00	0,41	kN/m

⇒	Bruikbaarheidsgrenstoestand q-last [qrd]							
		γG	G	γQ	Q	Belasting		
		1,00	0,30	1,00	0,00	0,30	kN/m	

⇒	Uiterste grenstoestand punt-last [Frd]							
		γG	FG	ψ0	γQ	FQ	Belasting	
	a)	1,20	3,00	1,00	1,50	0,00	3,60	kN/m
	b)	1,35	3,00	0,50	1,50	0,00	4,06	kN/m

⇒	Bruikbaarheidsgrenstoestand punt-last [Frd]							
		γG	FG	γQ	FQ	Belasting		
		1,00	3,00	1,00	0,00	3,00	kN/m	

Maximaal moment UGT	⇒	Oplegreacties																
		BV =	(DL1 x	Frd +	DL2 x	Frd +	DL3 x	Frd +	qrd x	½ x L²)	/ L							
		Bv	0,260	4,06	1,600	4,06	2,940	4,06	0,41	5,12	3,20	6,73	kN					
		Av =	3 x Frd +	qrd x	L -	Bv												
		Av	12,17	0,41	3,20	6,73							6,73	kN				
	⇒	Afstand maximaal moment																
		α	(AV - 1½ x Frd)	/ qrd														
		α	6,73	6,08	0,41								1,600	m				

⇒	Moment elke ½ meter																	
		M =	(DL1 x	Frd +	DL2 x	Frd +	DL3 x	Frd +	qrd x	½ x L²)	- Bv x L							
		M0	0,260	4,06	1,60	4,06	2,94	4,06	0,41	5,12	21,54	0,00	kNm					
		M1			1,10	4,06	2,44	4,06	0,41	3,65	18,17	-2,34	kNm					
		M2			0,60	4,06	1,94	4,06	0,41	2,42	14,81	-3,53	kNm					
		M3			0,10	4,06	1,44	4,06	0,41	1,45	11,44	-4,61	kNm					
		Mmax					1,34	4,06	0,41	1,28	10,77	-4,82	kNm					
		M4					0,94	4,06	0,41	0,72	8,08	-3,97	kNm					
		M5					0,44	4,06	0,41	0,25	4,71	-2,83	kNm					
		M6							0,41	0,02	1,35	-1,34	kNm					
		M7							0,41	0,00	0,00	0,00	kNm					

Buigsterkte	⇒	Benodigd weerstandsmoment (UGT)	Wy = Wz															
		W =	Mmax	x γmo	/ fy													
		W	-4,82E+06	1,00	235	-2,05E+04	mm³											

Doorbuiging	⇒	Benodigd traagheidsmoment (BGT)	Iy = Iz															
		Weind <	0,004 x L															
		W <	12,80	mm														
		I =	(5 x qrd x L⁴) / (384 x E x W)															
		I	1,57E+14	384	2,69E+06	1,524E+05	mm⁴											

Profielkeuze	⇒	HEA 100																
		Wy =	7,30E+04	mm³	Wz =	2,70E+04	mm³											
		Iy =	3,490E+06	mm⁴	Iz =	1,340E+06	mm⁴											

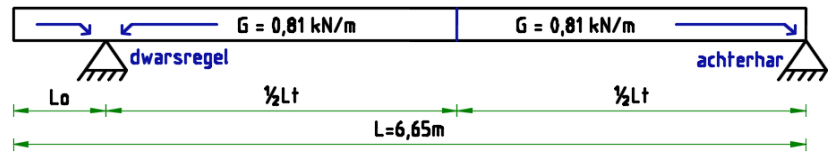
Om een keuze te maken tussen verschillende mogelijke I-profielen wordt gekeken naar het gewicht van de ligger. Immers hoe slanker de constructie, hoe minder productie, gewicht en kosten. Hierdoor komt een HEA het best in aanmerking.



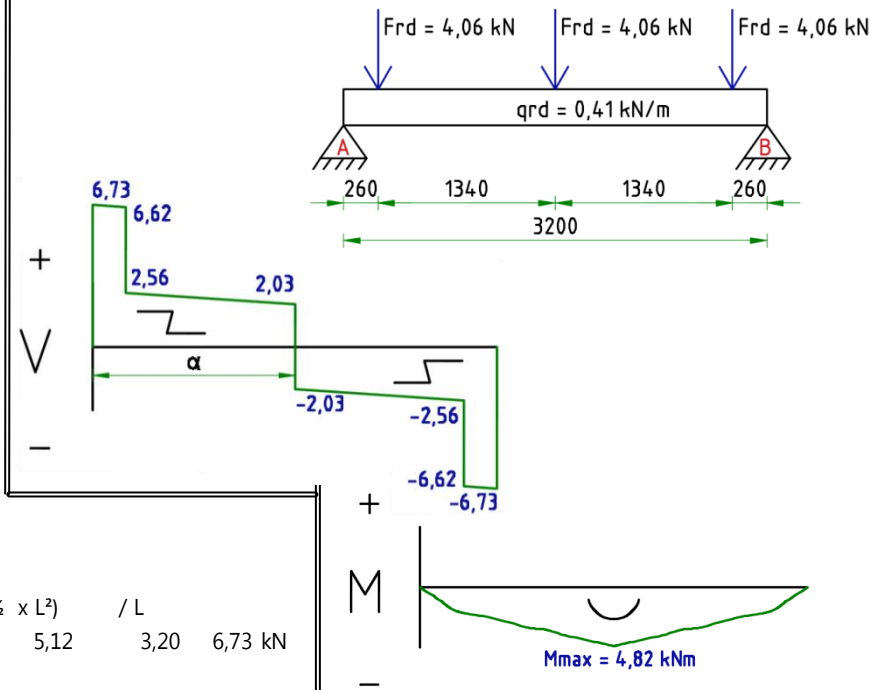
Het profiel van de dwarsregel zal worden bepaald aan de hand van ontwerpberekeningen betreffende sterkte en doorbuiging. De situatie waarin de meeste krachten op de dwarsregel werken is de maatgevende en zal in beschouwing worden genomen bij de ontwerpberekeningen.

Voor de dwarsregel is de open toestand maatgevend, omdat de ligger in gesloten toestand geen draagfunctie heeft. Wanneer de brug geopend wordt werkt er geen veranderlijke belasting en is de blijvende belasting in horizontale en verticale positie even groot.

De blijvende belasting bestaat uit het eigen gewicht van de ligger en een gedeelte van de blijvende belasting van de langsligger (zie de afbeelding hieronder).



De belastingen voor de grenstoestanen worden op dezelfde wijze berekend als bij de profielen hiervoor. Hierbij ontstaat het volgende belastingschema, met daarbij de onderstaande V- en M-lijn.



Gelijk aan de manier van de profielen hiervoor, worden uit de toetsingsformules voor buigsterkte en doorbuiging, ontwerpformules afgeleid. Gezien de dwarsregel in zowel horizontale als verticale brugdekpositie de optredende krachten moet kunnen opnemen én naar verwachting als I-profiel zal worden toegepast, worden de toetsen uitgevoerd onder elastische voorwaarden. En in zowel y-richting als z-richting. Dit houdt in dat het elastische weerstandsmoment (y en z) en het elastische traagheidsmoment (y en z) van het profiel moeten voldoen aan de berekende waarden. Dit is anders dan bij de voorgaande profielen. De I-ligger voor de langsliggers kent geen rotatie om zijn eigen as, waardoor plastisch toetsen voldoende is. Het vierkante buisprofiel is in elke richting even sterkt (y=z). Daardoor treedt geen spanningswisseling op bij het roteren om eigen as en is plastische toetsen voldoende.



4. Toetsing-berekening langsliggers IPE 270

Lengte langsligger	L	=	6,65	m
Lengte overstek brugdek	Lo	=	0,775	m
Afstand tot achterhar	Lt	=	5,875	m
Vloeigrens staal	fy	=	235	N/mm²
Elasticiteitsmodulus	E	=	2,10E+05	N/mm²
Veiligheidsfactor	γm1	=	1,0	
Hoogte	h	=	270	mm
Breedte	b	=	135	mm
Doorsnede	A	=	3340	mm²
Traagheidsmoment y-as	Iy	=	5,79E+07	mm⁴
Weestandsmoment y-as	Wy	=	4,84E+05	mm³
Traagheidsmoment z-as	Iz	=	4,20E+06	mm⁴

Stabiliteitstoets (KNIK)

Ned < Nb,Rd	⇒	Knikkracht Ned	Ned =	G x	Lcr		
			Ned	0,81	5,875	4,75	kN
	⇒	Weerstand doorsnede Nc,Rd	Nc,Rd =	A x	(fy / γm1) x 10 ⁻³		
			Nc,Rd	3340,00	235 1,00E-03	784,90	kN
	⇒	Knikreductiefactor χ (y-as)	iy =	√ (Iy / A)		131,66	mm
			λy =	(Lcr x 10³) / iy		44,62	
			λe =	π x √ (E / fy)		93,91	
			λyR =	λ / λe		0,48	
			Knikkromme =	a	Imperfectiefactor α =	0,21	
			Φ =	0,5 x	(1 + α x (λyR-0,2) + λyR²)		
			Φ	0,50	1,00 0,21 0,28 0,23	0,64	
			χ =	1 /	(Φ + √ (Φ² - λyR²))		
			χ	1,00	0,64 0,43	0,93	
	⇒	Knikreductiefactor χ (z-as)	iz =	√ (Iz / A)		35,46	mm
			λz =	(Lcr x 10³) / iz		165,67	
			λe =	π x √ (E / fy)		93,91	
			λyR =	λ / λe		1,76	
			Knikkromme =	b	Imperfectiefactor α =	0,34	
			Φ =	0,5 x	(1 + α x (λyR-0,2) + λyR²)		
			Φ	0,50	1,00 0,34 1,56 3,11	2,32	
			χ =	1 /	(Φ + √ (Φ² - λyR²))		
			χ	1,00	2,32 1,51	0,26	
	⇒	Toets y-as	Ned	4,75	kN		
			<				
			Nb,Rd =	χ	x	Nc,Rd	
				0,93		784,90	731,38 kN
							VOLDOET !!!
	⇒	Toets z-as	Ned =	4,75	kN		
			<				
			Nb,Rd =	χ	x	Nc,Rd	
				0,26		784,90	204,84 kN
							VOLDOET !!!

Stabiliteitstoets (KIP)

Med < Mb,Rd

⇒ Weerstand doorsnede $M_{y,Rd}$

$$M_{y,Rd} = W_y \times (f_y / \gamma_{m1}) \times 10^{-6}$$

$M_{y,Rd}$	4,84E+05	235	1,00E-06	113,74 kNm
------------	----------	-----	----------	------------

⇒ Knikreductiefactor χ (y-as)

$i_y =$	$\sqrt{I_y / A}$	131,66 mm
$\lambda_y =$	$(L_{cr} \times 10^3) / i_y$	44,62
$\lambda_e =$	$\pi \times \sqrt{E / f_y}$	93,91
$\lambda_{yR} =$	λ / λ_e	0,48

Knikkromme = a Imperfectiefactor $\alpha = 0,21$

$\Phi =$	0,5 x	(1 + $\alpha \times (\lambda_{yR} - 0,2) + \lambda_{yR}^2$)
Φ	0,50 1,00	0,21 0,28 0,23 0,64

$\chi =$	1 /	($\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda_{yR}^2)}$)
χ	1,00	0,64 0,43

⇒ Toets y-as

Med =	61,13 kNm
<	
$M_{b,Rd} =$	$\chi \times M_{y,Rd}$
	0,93 113,74 105,99 kNm

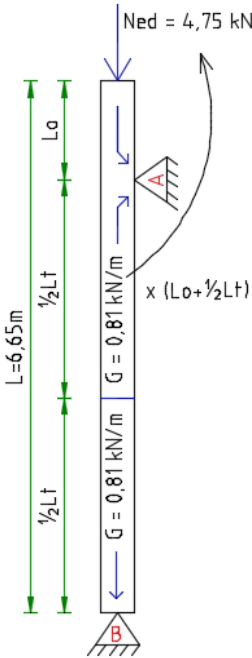
VOLDOET !!!

Nadat het profiel is gekozen dient getoetst te worden of de ligger stabiel genoeg is in alle drie de situaties (gesloten – open horizontaal – open verticaal). De ligger is ontworpen in de gesloten situatie op doorbuiging en buigsterkte. Omdat de ligger in de open situatie minder optredende krachten kent, is de ligger in alle drie de richtingen reeds op doorbuiging en sterkte getoetst.

Naast het ‘bezijken’ van de doorsnede (onvoldoende sterkte of te veel doorbuiging), dienen nog twee situaties te worden uitgesloten. Wanneer de ligger verticaal gepositioneerd is in open toestand, werken verticale krachten in de langsrichting van de ligger. Hierdoor kan deze gaan knikken.

Om dit te voorkomen mag de optredende normaalkracht niet groter zijn dan de rekenwaarde van de knik weerstand. De knikweerstand is afhankelijk van het oppervlak van de doorsnede en de vloeigrens gedeeld door de partiële veiligheidsfactor voor stabiliteit. Deze laatste kent een waarde van 1,0. Door deze knikweerstand te vermenigvuldigen met de knikreductiefactor, ontstaat de rekenwaarde.

De optredende normaalkracht is afhankelijk van de blijvende belasting (er is geen veranderlijke belasting in open toestand), (zie afbeelding hiernaast).



De berekening van de knikreductiefactor is afgeleid van de formule van Euler. Hierbij wordt eerst de relatieve slankheid bepaald (λR) door de absolute slankheid door de elastische te delen. De absolute slankheid is afhankelijk van de kritische lengte (kniklengte) in de situatie en de traagheidsstraat van het profiel. De elastische slankheid draagt bij als een materiaal gericht verhoudingsgetal.

Afhankelijk van de vorm van het profiel wordt een passende knikkromme gebruik, met een daarbij horende imperfectiefactor.

Met behulp van deze gegevens kan de daadwerkelijke reductiefactor worden berekend. En kan de stabiliteitstoets worden uitgevoerd. Omdat de langsligger theoretisch gezien in zowel y- als z- richting zou kunnen uitknikken, wordt voor beide richtingen een reductiefactor berekende en de toets uitgevoerd.

De laatste vorm van stabiliteit die gecontroleerd moet worden, is het risico op het kippen van de ligger. Door verticale belasting op de ligger, kan de flens de neiging krijgen te buigen waardoor er wringing in het profiel ontstaat. Om dit te voorkomen dient het optredende maximale moment kleiner te zijn dan de rekenwaarde van de momentweerstand van de doorsnede.

Deze weerstand wordt bepaald door het weerstandsmoment van de doorsnede te vermenigvuldigen met de vloeigrens gedeeld door de partiële veiligheidsfactor voor stabiliteit (1,0). Hieruit volgt het moment dat de doorsnede maximaal kan opnemen. Om hiervan de rekenwaarde te bepalen, zal deze vermenigvuldigd worden met de kipreductiefactor. Deze factor is gelijk aan de knikreductiefactor en wordt op dezelfde wijze berekend.

Het kippen van de ligger zal alleen plaats kunnen vinden in de y- richting van de doorsnede. Daarom is enkel een toetsing op kip om de y-as voldoende.



5. Toetsing-berekening achterhar □buisprofiel 140x140x8

Lengte achterhar	L	=	3,05	m
Vloeigrens staal	fy	=	235	N/mm²
Elasticiteitsmodulus	E	=	2,10E+05	N/mm²
Veiligheidsfactor	γm1	=	1,0	
Hoogte	h	=	140	mm
Breedte	b	=	140	mm
Doorsnede	A	=	2823	mm²
Traagheidsmoment	Iy	=	1,19E+07	mm⁴
Weestandsmoment	Wy	=	2,04E+05	mm³

Stabiliteitstoets (KIP)	⇒	Maximaal moment (zie profielkeuze)	Med =	36,99 kNm
Med < Mb,Rd				
	⇒	Weerstand doorsnede My,Rd		
		My,Rd = Wy x (fy / γm1) x 10 ⁻⁶		
		My,Rd 2,04E+05 235 1,00E-06		48,01 kNm
	⇒	Knikreductiefactor χ (y-as)		
		iy = √ (Iy / A)		65,03 mm
		λy = (Lcr x 10³) / iy		46,90
		λe = π x √ (E / fy)		93,91
		λyR = λ / λe		0,50
		Knikkromme = a Imperfectiefactor α =		0,21
		Φ = 0,5 x (1 + α x (λyR-0,2) + λyR²)		
		Φ 0,50 1,00 0,21 0,30 0,25 0,66		
		χ = 1 / (Φ + √ (Φ² - λyR²))		
		χ 1,00 0,66 0,43		0,92
	⇒	Toets y-as		
		Med = 36,99 kNm		
		<		
		Mb,Rd = χ x My,Rd		
		0,92 x 48,01		44,38 kNm
				VOLDOET !!!

De belastingen op het vierkante buisprofiel van de achterhar, zullen alleen in dwarsrichting op de ligger werken. Om deze reden is voor de achterhar geen toets op knikstabiliteit nodig.

Net als bij de langsligger is de achterhar ontworpen op doorbuiging en buigsterkte in de maatgevende positie. Hierdoor voldoet de ligger automatisch in alle drie de situaties (gesloten – open horizontaal – open verticaal) op sterkte en doorbuiging.

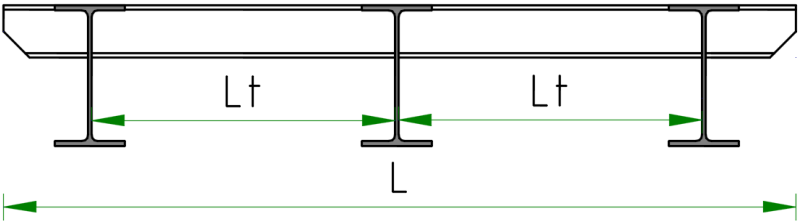
De enige controle die nog uitgevoerd dient te worden is die op kipstabiliteit. Dit gaat op gelijke wijze als bij de langsligger.

6. Toetsing-berekening dwarsregel HEA 100

Lengte dwarsregel	L	=	3,20	m
Tussen afstand langsliggers	Lt	=	1,34	m
Vloeigrens staal	fy	=	235	N/mm²
Elasticiteitsmodulus	E	=	2,10E+05	N/mm²
Veiligheidsfactor	γm1	=	1,0	
Hoogte	h	=	96	mm
Breedte	b	=	100	mm
Doorsnede	A	=	2120	mm²
Traagheidsmoment	Iy	=	3,49E+06	mm⁴
Weestandsmoment	Wy	=	8,30E+04	mm³

Stabiliteitstoets (KIP)	⇒	Maximaal moment (zie profielkeuze)	Med =	4,82 kNm
Med < Mb,Rd				
	⇒	Weerstand doorsnede My,Rd		
		My,Rd = Wy x (fy / γm1) x 10 ⁻⁶		
		My,Rd 8,30E+04 235 1,00E-06		19,51 kNm
	⇒	Knikreductiefactor χ (y-as)		
		iy = √ (Iy / A)		40,57 mm
		λy = (Lcr x 10³) / iy		33,03
		λe = π x √ (E / fy)		93,91
		λyR = λ / λe		0,35
		Knikkromme = a Imperfectiefactor α =		0,21
		Φ = 0,5 x (1 + α x (λyR-0,2) + λyR²)		
		Φ 0,50 1,00 0,21 0,15 0,12 0,58		
		χ = 1 / (Φ + √ (Φ² - λyR²))		
		χ 1,00 0,58 0,46		0,97
	⇒	Toets y-as		
		Med = 4,82 kNm		
		<		
		Mb,Rd = χ x My,Rd		
		0,97 x 19,51		18,82 kNm
				VOLDOET !!!

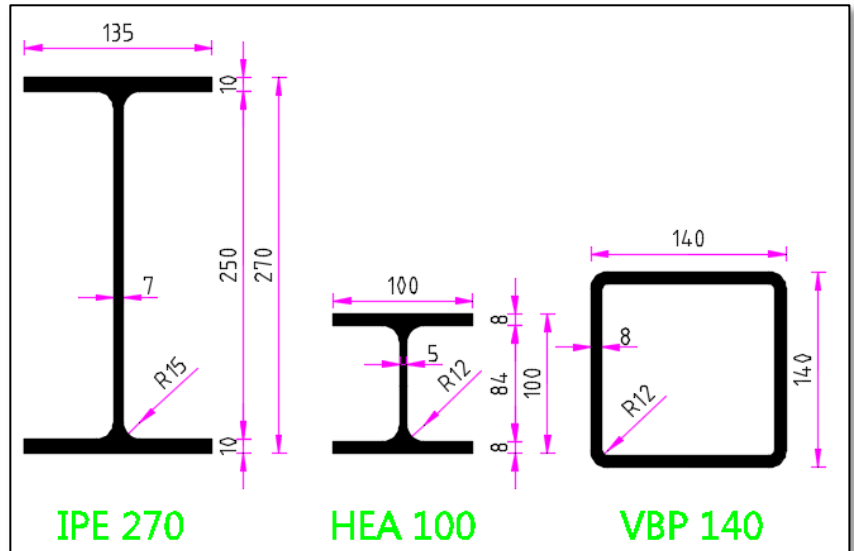
Voor het toetsen van de dwarsregel geldt nagenoeg hetzelfde. Aan doorbuiging en sterkte wordt voldaan en knik is niet aan de orde. Wel dient de ligger nog getoetst te worden op kipstabiliteit. De lengte waarover kip plaatst kan vinden zal in de praktijk gelijk zijn aan het gedeelte tussen de langsliggers. Dit komt doordat de verbindingen met de langsliggers als het ware extra stabiliteit geven. Deze verkorte lengte heeft tot gevolg dat het werkelijk optredende moment in het dwarsregeldeel, kleiner is dan die van de gehele dwarsregel. Toch is voor het berekenen van de kipstabiliteit het maximale moment in beschouwing genomen. De reden hiervoor is dat op deze wijze een bepaalde zekerheid wordt ingebouwd. Elk deel van de dwarsregel is op zichzelf stabiel genoeg om het maximale moment op te nemen.



Conclusie

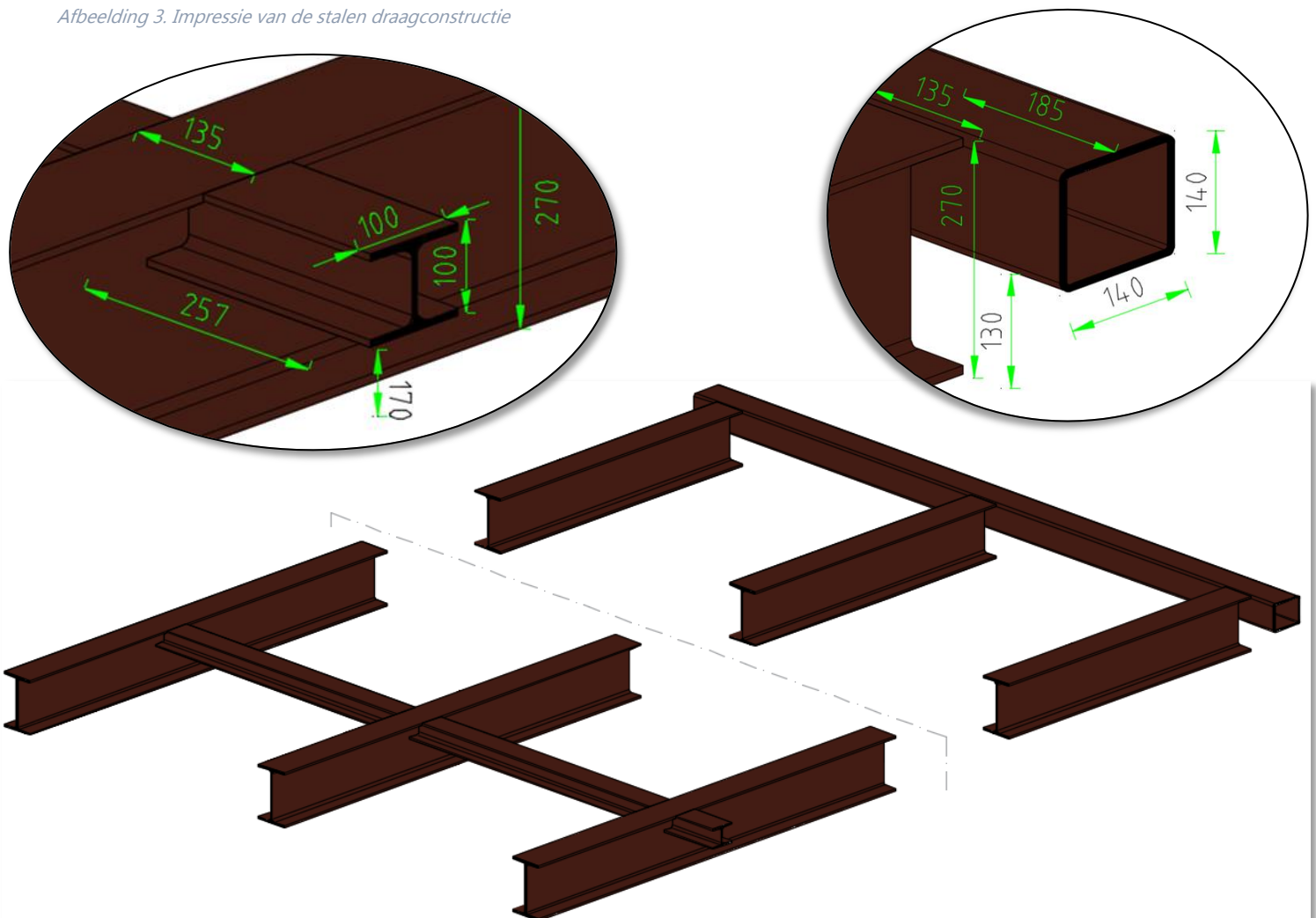
Aan de hand van de voorgaande berekeningen, is voor elk van de benodigde liggers een profiel bepaald. De draagconstructie zal bestaan uit drie langsliggers met het profiel IPE 270. Aan het uiteinde, aan de scharnierzijde, zijn deze verbonden aan het vierkante buisprofiel 140x140x8, de achterhar. De trekstangen zullen verbonden worden met de dwarsregel welke het profiel HEA-100 krijgt.

Met het toepassen van deze profielen voldoet de draagconstructie aan de normen betreft sterkte, doorbuiging en stabiliteit, in elke positie. De afbeeldingen hieronder geven een impressie van de opbouw van de stalen draagconstructie.



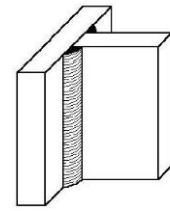
Afbeelding 2. Benodigde stalen liggers

Afbeelding 3. Impressie van de stalen draagconstructie



B. Verbindingen stalen draagconstructie

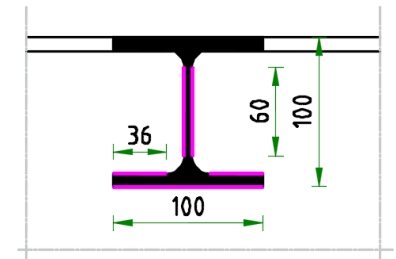
Zoals op de afbeelding op de vorige bladzijden is weergegeven, zullen de stalen liggers als een frame aan elkaar gemonteerd moeten worden. Omdat alle connecties loodrechte hoeken vormen, is het toepassen van hoeklassen de meest eenvoudige en meest sterke manier. De hoeklas wordt aangebracht zoals te zien is op de afbeelding hiernaast. Binnen het stalen frame bestaan twee soorten verbindingen: het HEA100 profiel aan het IPE270 profiel en het IPE270 profiel aan het VBP140.



Voor de eerste verbinding, de dwarsregel op de langsliggers, zal een deel van de flens worden afgefreesd om de lassen te kunnen aanbrengen. Hieronder wordt voor beide verbindingen berekend hoe groot de keeldoorsnede van de las moet zijn (lasdikte). De ontwerpformules zijn afgeleid van de weerstandstoetsen voor hoeklassen.

HEA100 → IPE 270

Het HEA profiel zal rondom gelast worden, zoals weergegeven op de afbeelding hiernaast. Ten behoeve van de berekening wordt de onderste las beschouwd zodat de krachten in gesloten toestand loodrecht op de las werken. De kracht die op de las werkt is gelijk aan de puntlast van het IPE profiel (F_G) en het eigengewicht van het HEA profiel zelf ($G \times \frac{1}{2}$ overspanning).



Afbeelding 4. Laslocaties HEA 100

$$F_{ed} = F_G + G \times \frac{1}{2} \times L_t = 3,00 + 0,30 \times 0,5 \times 1,34 = 3,210 \text{ kN}$$

De vergelijkingsspanning in de las, die optreedt ten gevolge van deze belasting dient kleiner te zijn dan de weerstand van de las zelf. Dit wordt als volgt gedefinieerd. $\sigma_{vgl} \leq f_u / (\beta \times \gamma_{m2})$

Hierin is f_u de treksterkte van het te verbinden staal. Voor S235 geldt een waarde van 360 N/mm². β is een correlatiefactor voor het rekening houden met het feit dat de las van een sterker materiaal is dan het te verbinden staal. Hiervoor geldt een waarde van 0,8. Tot slot is γ_{m2} een partiële veiligheidsfactor voor de weerstand van de las (=1,25). In totaal geeft dit:

$$\sigma_{vgl} \leq 360 \text{ N/mm}^2$$

De vergelijkingsspanning bestaat uit normaalspanning en schuifspanning. Aan de hand van de formule $\sigma_{vgl} = \sigma^2 + 3\tau^2$ is te bepalen wat de maximaal toegestane waarde voor deze spanningen zijn.

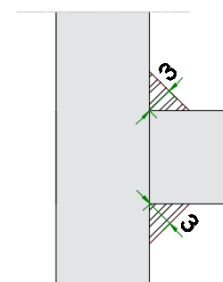
$$\sigma_{max} = \tau_{max} = \sqrt{(\sigma_{vgl} / 4)} = \sqrt{(360 / 4)} = 9,5 \text{ N/mm}^2$$

Met deze maximale spanning is de het oppervlak van de keeldoorsnede van de las te berekenen.

$$A \times L_{eff} = (\frac{1}{2} \times F_{ed} \times \sqrt{2}) / \sigma = (\frac{1}{2} \times 3,21 \cdot 10^3 \times \sqrt{2}) / 9,5 = 239 \text{ mm}^2$$

Hierin is $L_{eff} = L_{las} - 2A$. De laslengte is gelijk aan de breedte van de flens, namelijk 100mm, maar omdat deze aan beide uiteinden eindig is, is de las op de uiteinden niet op volledige sterkte. Om deze reden wordt voor de effectieve laslengte een lengte van 2 maal de lasdikte afgehaald. Uit onderstaande formules is te concluderen dat de las een minimale dikte nodig heeft van 2,52mm, afgerond 3mm.

$$\left. \begin{array}{l} A \times L_{eff} = 239 \text{ mm}^2 \\ L_{eff} = 100 - 2A \end{array} \right\} A = 2,52 \text{ mm}$$



Afbeelding 5. Las HEA 100



IPE 270 → VBP 140

Het IPE profiel zal rondom gelast worden, zoals weergegeven op de afbeelding hiernaast. Ten behoeve van de berekening wordt de bovenste las beschouwd zodat de krachten in gesloten toestand loodrecht op de las werken. In werkelijkheid is de bovenste las geen hoeklas, maar een stompe V-naad onder een hoek van 60°. De kracht die op de las werkt is gelijk aan de puntlast van het IPE profiel ($F_G + F_Q$).

$$F_{ed} = F_G + F_Q = 2,69 + 22,28 = 24,97 \text{ kN}$$

De vergelijkingsspanning in de las, die optreedt ten gevolge van deze belasting dient kleiner te zijn dan de weerstand van de las zelf. Dit wordt als volgt gedefinieerd.

$$\sigma_{vgl} \leq f_u / (\beta \times \gamma_{m2})$$

Hierin is f_u de treksterkte van het te verbinden staal. Voor S235 geldt een waarde van 360 N/mm^2 . β is een correlatiefactor voor het rekening houden met het feit dat de las van een sterker materiaal is dan het te verbinden staal. Hiervoor geldt een waarde van 0,8. Tot slot is γ_{m2} een partiële veiligheidsfactor voor de weerstand van de las ($=1,25$). In totaal geeft dit:

$$\sigma_{vgl} \leq 360 \text{ N/mm}^2$$

De vergelijkingsspanning bestaat uit normaalspanning en schuifspanning. Aan de hand van de formule $\sigma_{vgl} = \sigma^2 + 3\tau^2$ is te bepalen wat de maximaal toegestane waarden voor deze spanningen zijn.

$$\sigma_{\max} = \tau_{\max} = \sqrt{(\sigma_{vgl} / 4)} = \sqrt{(360 / 4)} = 9,5 \text{ N/mm}^2$$

Met deze maximale spanning is de het oppervlak van de keeldoorsnede van de las te berekenen.

$$A \times L_{\text{eff}} = (1/2 \times F_{ed} \times \sqrt{2}) / \sigma = (1/2 \times 24,97 \cdot 10^3 \times \sqrt{2}) / 9,5 = 1859 \text{ mm}^2$$

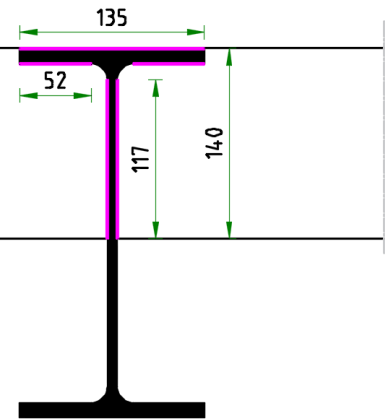
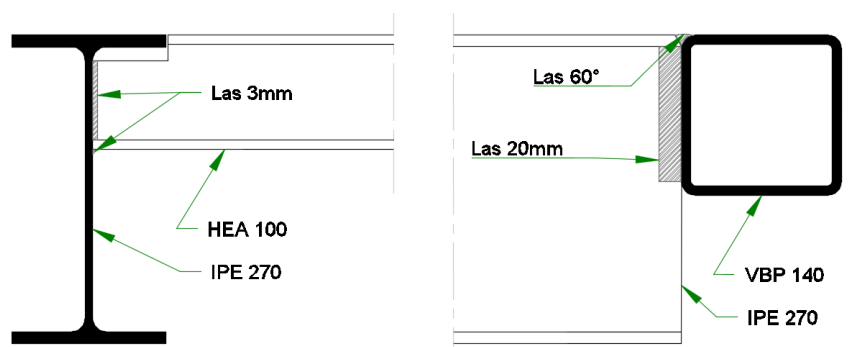
Hierin is $L_{\text{eff}} = L_{\text{las}} - 2A$. De laslengte is gelijk aan de breedte van de flens, namelijk 135mm, maar omdat deze aan beide uiteinden eindig is, is de las op de uiteinden niet op volledige sterkte. Om deze reden wordt voor de effectieve laslengte een lengte van 2 maal de lasdikte afgehaald. Uit onderstaande formules is te concluderen dat de las een dikte nodig heeft van 19,27mm, afgerond 20mm.

$$\left. \begin{array}{l} A \times L_{\text{eff}} = 1859 \text{ mm}^2 \\ L_{\text{eff}} = 135 - 2A \end{array} \right\} A = 19,27 \text{ mm}$$

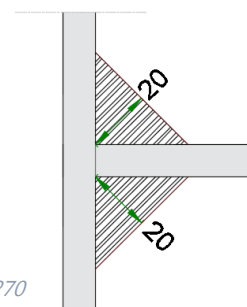
Conclusie

Voor de lasverbinding tussen de dwarsregel en de langsligger zal een las van 3mm moeten worden toegepast en voor de lasverbinding tussen de langsligger en de achterhar een las van 20mm. In naast staande afbeelding zijn de verbindingen weergegeven.

Afbeelding 8. Lasverbindingen



Afbeelding 6. Laslocaties HEA 100



Afbeelding 7. Las IPE 270

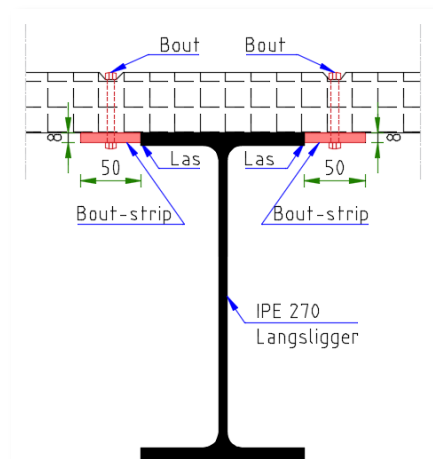


C. Kunststof dekplanken

De dekplanken worden uitgevoerd in staalversterkt gerecycled kunststof. Zoals eerder in deze rapportage vermeld, zullen berekeningen met kunststofonderdelen aan externe bedrijven worden uitbesteed. Op basis van de eisen binnen dit project en de ervaring en berekeningen van het externe bedrijf is gekozen om planken toe te passen met dezelfde afmetingen als de huidige dekplanken. Uit de informatie van het externe bedrijf is gebleken dat dit formaat plank voldoet aan de normen. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd: Een soortelijk gewicht van de planken van 800kg/m^3 ; een maximale overspanning van 1,34 meter; een veranderlijke belasting van 5 kN/m^2 en bijzondere belasting van 700kN puntlast. De planken zijn 3,05 meter lang en 5 bij 20 centimeter doorsnee. Door de planken 2 centimeter uit elkaar aan te brengen zullen 30 planken benodigd zijn. De planken zullen worden voorzien van grove groeven waarin een vorm van slijtlaag wordt aangebracht. De planken zullen een bruine kleur krijgen om zo een zo goed mogelijke houtlook te krijgen.

Bevestiging

Ten behoeve van de montage van de dekplanken op de draagconstructie zullen bout-strips worden aangebracht, zoals aangegeven op de afbeelding hiernaast. De boutstrips worden gelast aan de bovenflenzen van de langsliggers en voorzien van vorgeboorde boutgaten. De reden om te kiezen voor bout-stript is ter voorkoming van sterkte verlies in de langsligger door boutgaten. Hierbij zal de ligger de plank dragen en zorgen de boutverbindingen in de strips voor het op zijn plaats houden van de plank. De strips zullen 5 centimeter breed en 8mm dik zijn om voldoende verbinderuimte te bieden.



Afbeelding 9. Bevestiging dekplanken

In de afbeelding hieronder is een impressie weergegeven van de kunststof dekplanken, bevestigd op de stalendraagconstructie.



Afbeelding 10. Impressie van het brugdek

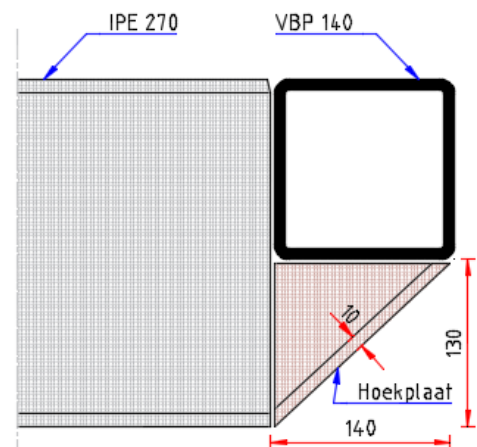
D. Detailleringen

In het voorgaande is de stalen draagconstructie berekend en zijn de dekplanken gekozen. Hiermee is de vormgeving van het basis ontwerp bepaald. De laatste stap om tot een gedetailleerd ontwerp te komen, is het bepalen van de vormgeving van detailleringen. Het brugdek kent de onderstaande zes detailleringen. Deze worden elk afzonderlijk toegelicht.

1. Scharnier van het brugdek
2. Verbinding van de trekstang aan het brugdek
3. Oplegblokken
4. Houtbeschot
5. Conservering van het staal
6. Vergrendeling van het brugdek

Scharnier van het brugdek

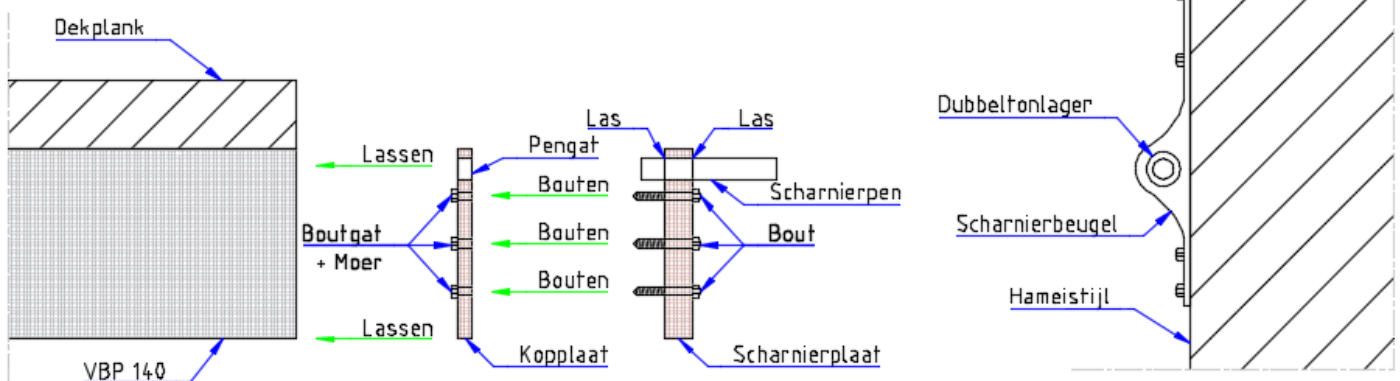
Bij het ophalen van het brugdek, draait deze om een as ter hoogte van de achterhar. Hierdoor ontstaan grote krachten rondom de verbinding tussen de langsliggers en de achterhar. Ter extra versterking en afwerking van deze verbinding is ervoor gekozen een hoekplaat te bevestigen tussen de IPE langsligger en de vierkante achterhar. Hierbij wordt een driehoek-vormige lijfplaat, voorzien van een onderflens, tussen de twee profielen gelast. Hierbij hebben lijf en flens dezelfde afmetingen als de IPE-ligger. Het lijf kent een dikte van 7mm en de flens een dikte van 10mm en een breedte van 135mm. In de afbeelding hiernaast is het principe van de hoekplaat weergegeven.



Afbeelding 11. Hoekplaat

Om de achterhar daadwerkelijk draaibaar te maken, wordt deze door middel van een scharnier bevestigd aan de hameipoort. Met het oog op onderhoud is ervoor gekozen een scharnier te ontwerpen dat demontabel is. Hierbij wordt eerst een kopplaat, voorzien van boutgaten en moeren, op het vierkante buisprofiel gelast. Vervolgens kan hier door middel van bouten de dikke scharnierplaat op worden bevestigd. De scharnierplaat is voorzien van een scharnierpen, welke volledig door de plaat steekt en aan beide zijde van de plaat is vast gelast.

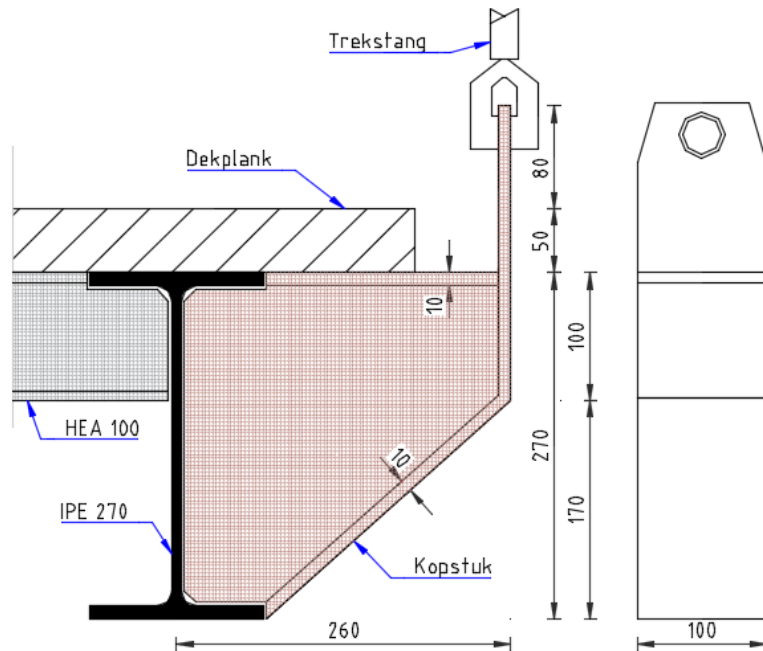
Op de hameipoort wordt de scharnierbeugel middels boutverbindingen bevestigd. De beugel wordt voorzien van dubbelton lagers, zodat de scharnierpen zonder veel weerstand in de beugel kan draaien. De afbeelding hieronder laat zien hoe het scharnier als geheel is opgebouwd.



Afbeelding 12. Scharnier

Verbinding van de trekstang aan het brugdek

De trekstangen worden verbonden aan de HEA-dwarsregel, welke weer verbonden is met de IPE-langsliggers. Omdat bij het ophalen van de brug meer dan de helft van het totale gewicht van het brugdek gedragen wordt door de trekstangen, ontstaan er grote krachten rondom deze verbinding. Om de krachtenoverdracht optimaal te laten verlopen, is ervoor gekozen het kopstuk van het HEA-profiel groter uit te voeren. Het lijf van het profiel krijgt daarbij dezelfde hoogte als van de IPE-ligger waaraan deze bevestigd is, 270mm. De flenzen krijgen dezelfde dikte als de flenzen van de IPE-ligger, 10mm. Hierdoor ontstaat een sterkere verbinding tussen de onderflenzen van beide profielen. De onderflens van het kopstuk zal schuin oplopend worden uitgevoerd en verlengt worden tot 80mm boven de dekplanken. Het verlengde deel wordt voorzien van een gat, zodat de ketting van de trekstang hier eenvoudig aan bevestigd kan worden. Het geheel vormt een sterk constructieonderdeel waarbij krachten worden overgedragen via de sterkste delen van de profielen. De afbeeldingen hiernaast geven weer hoe het kopstuk van de dwarsregel wordt vormgegeven en hoe de trekstang hieraan bevestigd wordt.



Afbeelding 13. Kopstuk

Oplegblokken

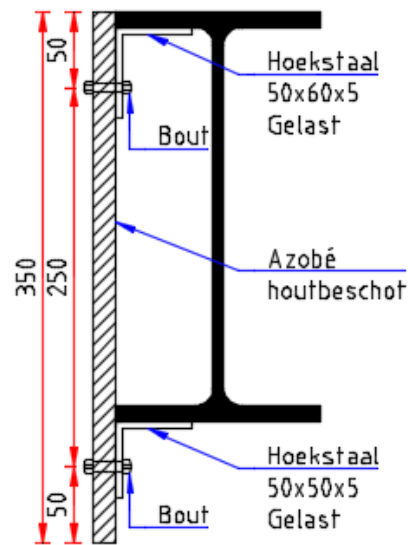
De langsliggers zullen, wanneer de brug gesloten is, aan de zuidoost zijde worden opgelegd op de bestaande fundering. De oplegrand van de fundering is 24 cm breed en ligt 56 cm onder het maaiveld. Op deze rand zal voor elke ligger een oplegblok worden aangebracht. Het doel van de oplegblokken is het overdragen van blijvende en veranderlijke belastingkrachten naar de fundering. Hierbij is het gewest dat de blokken geluid en trillingen enigszins opnemen.

Er is gekozen voor gevulkaniseerde kunststof gewapende, elastomeer oplegblokken. Wanneer gekeken wordt naar de kosten van de levenscyclus, blijkt dit type de meest gunstige sterkte/prijs verhouding te kennen. De oplegblokken hebben de afmeting 15x15 centimeter en zijn 1,5cm hoog. Om ervoor te zorgen dat het brugdek gelijk aan het maaiveld gepositioneerd wordt, wordt er onder de oplegblokken een verhoging van 22,5 cm aangebracht.

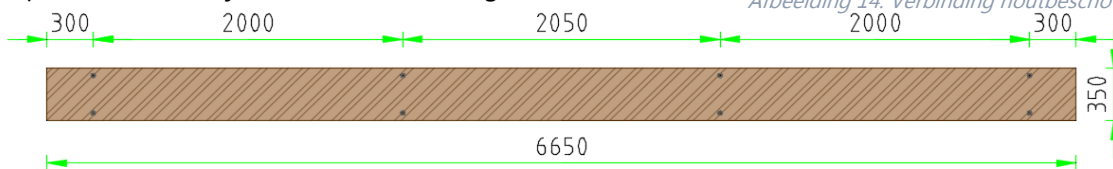
Het totale gewicht dat de oplegblokken gezamenlijk moeten dragen, is gelijk aan de helft van het totale gewicht van het brugdek, inclusief veranderlijke belasting. Immers de helft wordt gedragen door de achterhar. Het gewicht verdeelt zich over de drie langsliggers en daarmee over de drie oplegblokken. Met een totale belasting van ongeveer 16100 N, komt het erop neer dat elk blok een kracht van 2700 N moet kunnen overbrengen. De gekozen oplegblokken hebben een capaciteit van gemiddeld 15 N/mm² en zijn hiermee ruim voldoende om de belasting van 0,12 N/mm² te kunnen overdragen.

Houtbeschoot

Het nieuwe brugdek zal een soortgelijke uitstraling moeten krijgen als het huidige brugdek. De reden hiervoor is dat het behouden van het nostalgische karakter van de brug, een belangrijke voorwaarde is. Om dit te realiseren zullen de buitenste stalen langsliggers aan een zijkant voorzien worden van houtbeschoot. Dit zijn dunne Azobé houten planken, die ervoor zorgen dat het nieuwe brugdek, in gesloten toestand, een exact zelfde uitstraling heeft als het huidige. Deze houten planken worden door middel van hoekstalen en bouten aan de langsligger bevestigd. Op de afbeelding hiernaast is de verbinding weergegeven. De planken worden over de gehele liggerlengte gemonteerd en krijgen dus een lengte van 6,65 meter. De hoogte is 35 centimeter, gelijk aan de balkhoogte van het huidige dek. De onderstaande afbeelding toont een impressie van het zij-aanzicht van het brugdek.



Afbeelding 14. Verbinding houtbeschoot



Afbeelding 15. Impressie houtbeschoot

Conservering van het staal

De stalen liggers van de draagconstructie zijn onderhevig aan corrosie. Het zoutwater milieu waarboven het brugdek zich bevindt, draagt hier extra aan bij. Om de constructie te beschermen tegen deze overmatige corrosie zullen de liggers geconserveerd worden. Dit houdt in dat er een bescherm laag aangebracht wordt, welke indringing van zout en water tegen gaat.

Vanuit de opdrachtgever is voorgeschreven de volgende coating hiervoor te gebruiken.

De liggers worden voorzien van twee lagen 'Sigmafast 278'. Dit is een twee componenten, zink fosfaat epoxy primer. Het verfsysteem hard snel uit en is overschilderbaar en kleefvrij. Deze coating is mat en roodbruin van kleur maar zal snel vergelen in zonlicht.

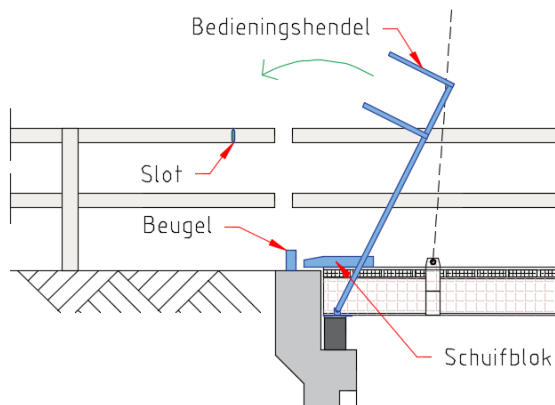
Er zal een derde coating laag worden aangebracht van 'Sigmadur 580'. Dit is een twee componenten finish. Deze coating is zeer goed bestand tegen corrosie en zeewater. Het verfsysteem is halfglans en antracietgrijs (RAL7016) van kleur, zeer UV-bestendig.

Deze drie-laagse coating zal aangebracht worden op de drie langsliggers, de achterhar en de dwarsregel. In totaal zal er drie maal een oppervlak van 25,00 m² geleverd moeten worden.

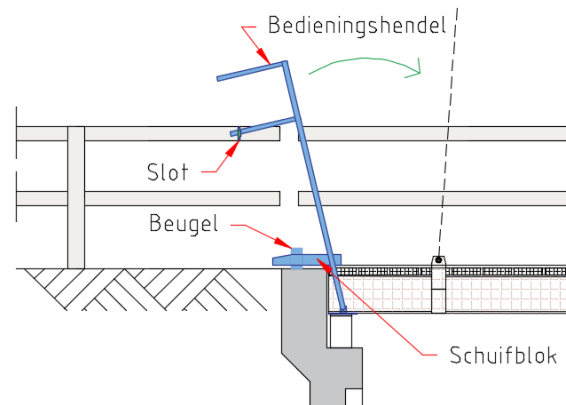
Vergrendeling van het brugdek

Het laatste detail voor het ontwerp van het nieuwe brugdek is de brugdek vergrendeling. Bij het kiezen van een vergrendelingsmechanisme is rekening gehouden met de voorkeuren van de Havenmeester. De belangrijkste voorkeur is het toepassen van een mechanisme waarbij de Havenmeester niet hoeft te bukken. Door vanuit staande positie het brugdek te vergrendelen en te ontgrendelen kan een meest snelle wijze van brugopening bewerkstelligd worden.

Het vergrendelingsmechanisme bestaat uit een massief schuifblok met een bedieningshendel. Het schuifblok is gepositioneerd op de gording en op de kade zal een beugel bevestigd worden. Door de hendel te verschuiven, wordt het schuifblok in de beugel geschoven. In deze positie is het brugdek vergrendeld en kan de brug niet worden geopend. Om te voorkomen dat onbevoegde de vergrendeling loshalen wordt een slotsysteem aangebracht op de leuning op de kade, wat ervoor zorgt dat de bedieningshendel niet gebruikt kan worden wanneer deze op slot zit. In de schetsen hieronder is de brugdekvergrendeling schematisch weergegeven.



Afbeelding 16. Brugdekvergrendeling open positie



Afbeelding 17. Brugdekvergrendeling gesloten positie

E. Technische tekeningen

In deze bijlage zijn drie typen liggers berekend, een kunststof dek gekozen en de detailleringen vastgesteld. Hiermee is een compleet ontwerp gemaakt van het gehele nieuwe brugdek. Om dit alles te visualiseren zijn technische tekeningen opgesteld, welke achter deze pagina zijn opgenomen. De tekeningen zijn gemaakt volgens de tekenregels in het programma van eisen (bijlage V.) en voorzien van een hoofd, een legenda, een situatieschets en een locatie aanduiding. De tekeningen bestaan uit de volgende onderdelen:

⇒ **1. Boven aanzicht – Draagconstructie en dekplanken**

Op deze tekening is het gehele brugdek weergegeven en zijn zowel de dekplanken als de draagconstructie van bovenaf zichtbaar.

⇒ **A-A' Dwarsdoorsnede brugdek – Aanzicht dwarsregel**

Deze tekening is een dwarsdoorsnede van het brugdek waarin het vooraanzicht van de dwarsregel zichtbaar is.

⇒ **B-B' Dwarsdoorsnede brugdek – Aanzicht achterhar**

Deze tekening is een dwarsdoorsnede van het brugdek waarin het vooraanzicht van de achterhar zichtbaar is.

⇒ **C-C' Langsdoorsnede brugdek – Aanzicht langsligger**

Deze tekening is een langsdoorsnede van het brugdek waarin het zijaanzicht van de langsligger zichtbaar is.

⇒ **2. Staalprofielen – Draagconstructie**

Op deze tekening zijn de drie benodigde staalprofielen duidelijk weergegeven en voorzien van afmetingen.

⇒ **3.1 Detail kopstuk dwarsregel – Verbinding trekstang**

In dit detail wordt de vormgeving en inpassing van het kopstuk weergegeven, lasverbindingen zijn niet aangegeven.

⇒ **3.2 Detail hoekplaat – Verbinding achterhar**

In dit detail wordt de vormgeving en inpassing van de hoekplaat weergegeven, lasverbindingen zijn niet aangegeven.

⇒ **3.3 Detail houtbeschot – Verbinding op langsligger**

In dit detail wordt de bevestiging van het houtbeschot weergegeven, lasverbindingen van de hoekstalen zijn niet aangegeven.

⇒ **3.4 Detail scharnier – Opbouw en bevestiging**

In dit detail is zichtbaar gemaakt hoe het scharnier is opgebouwd en hoe dit bevestigd moet worden, lasverbindingen zijn niet aangegeven.

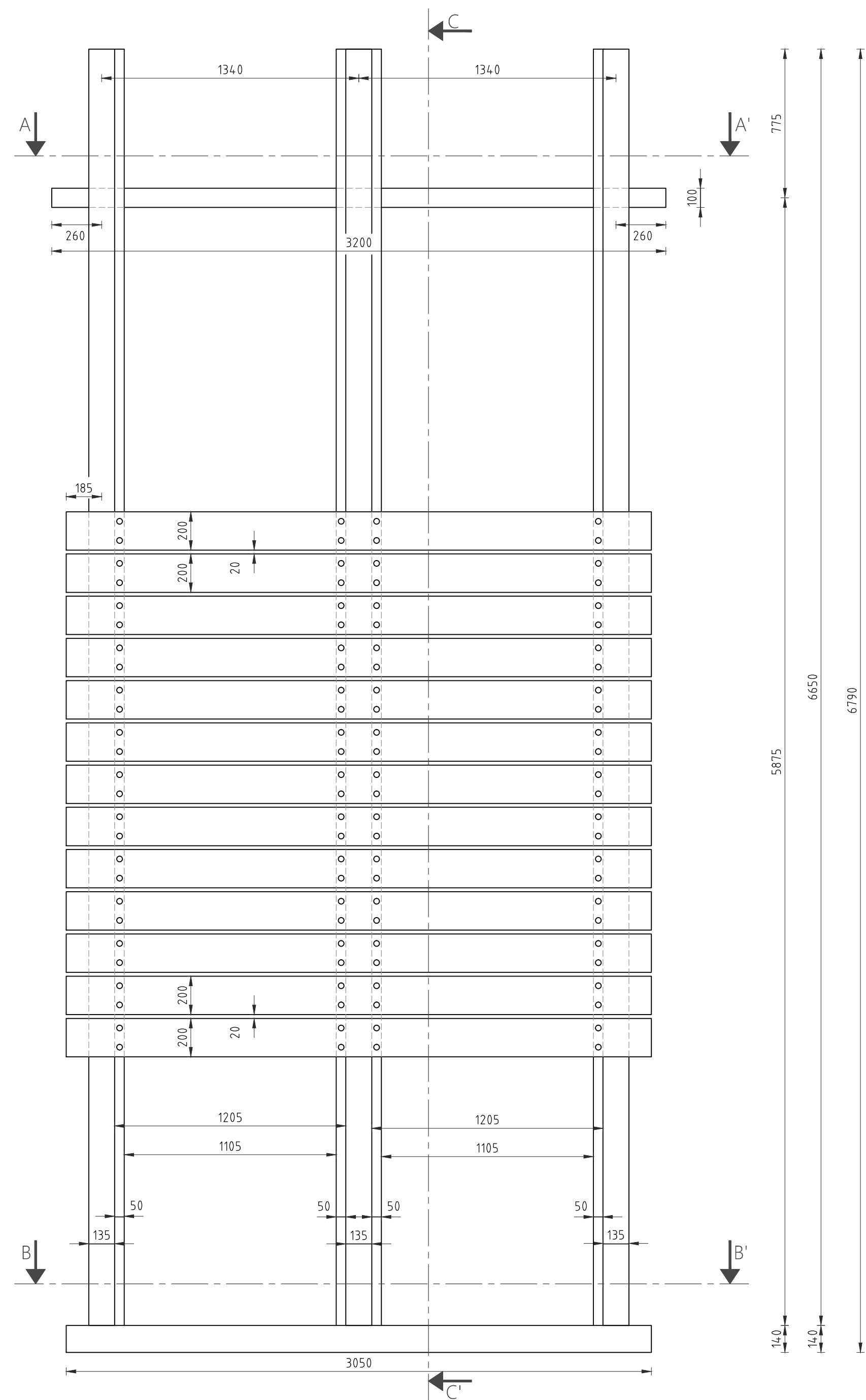
⇒ **3.5 Detail scharnierbeugel – Verbinding op hameipoort**

In dit detail is zichtbaar gemaakt hoe de scharnierbeugel op de hameipoort bevestigd dient te worden.

⇒ **3.6 Detail dekplank – Verbinding op langsliggers**

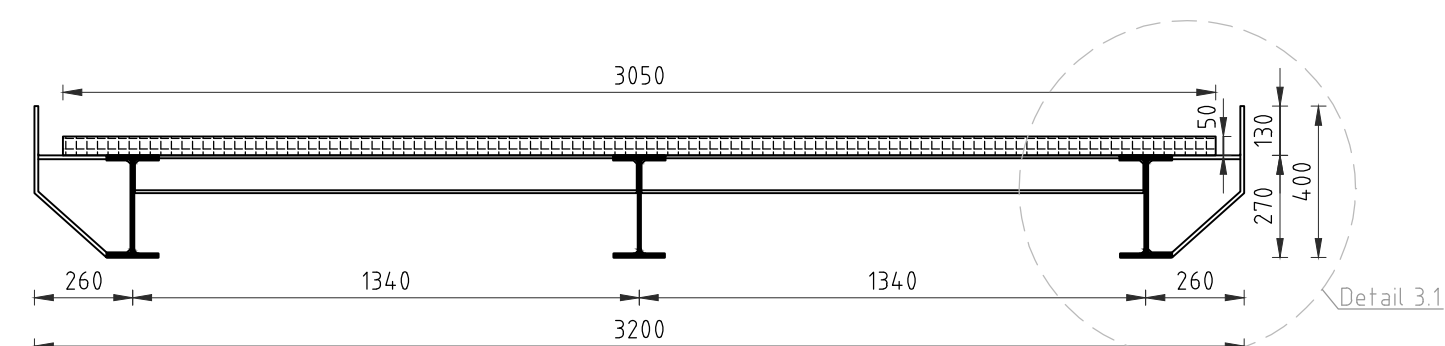
In dit detail wordt de bevestiging van de dekplanken weergegeven, de locatie van de lasverbinding is aangegeven.





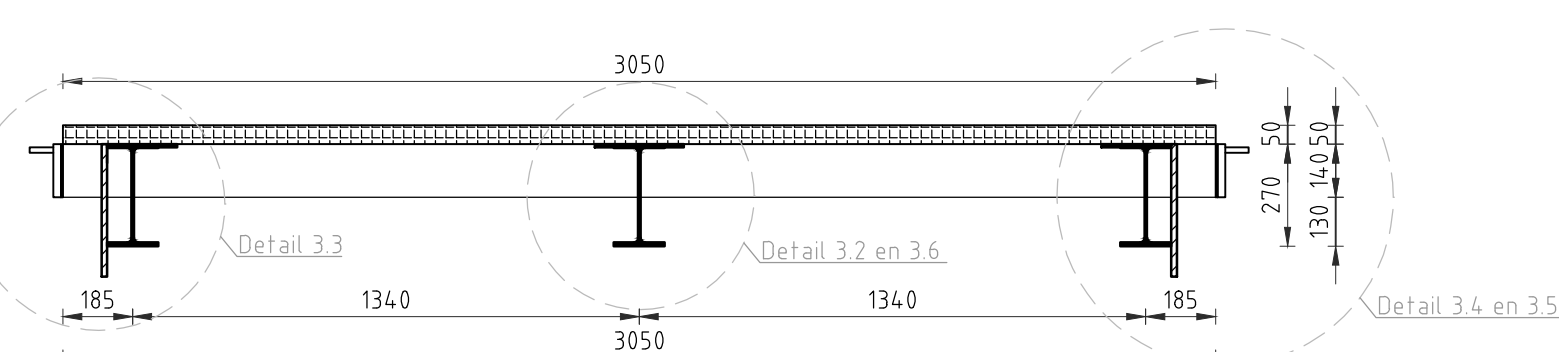
1. Bovenaanzicht brugdek

> Draagconstructie & dekplanken
Schaal 1:20 maten in mm



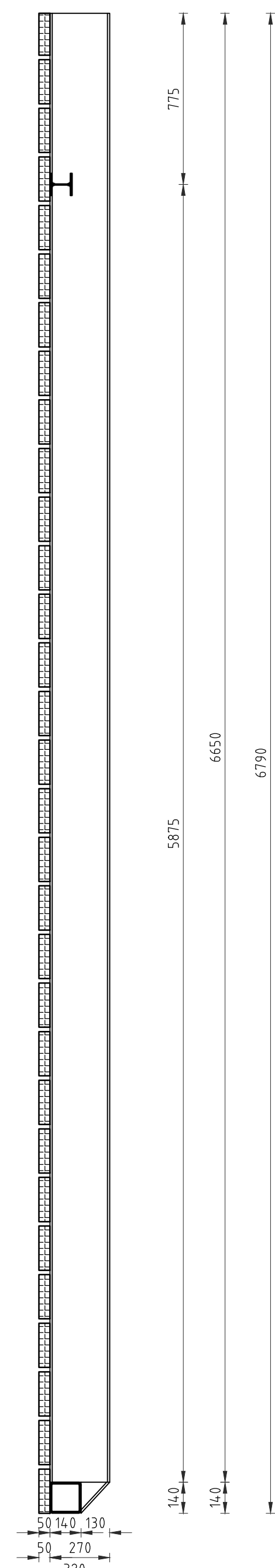
A-A' Dwarsdoorsnede brugdek

> Aanzicht dwarsregel
Schaal 1:20 maten in mm



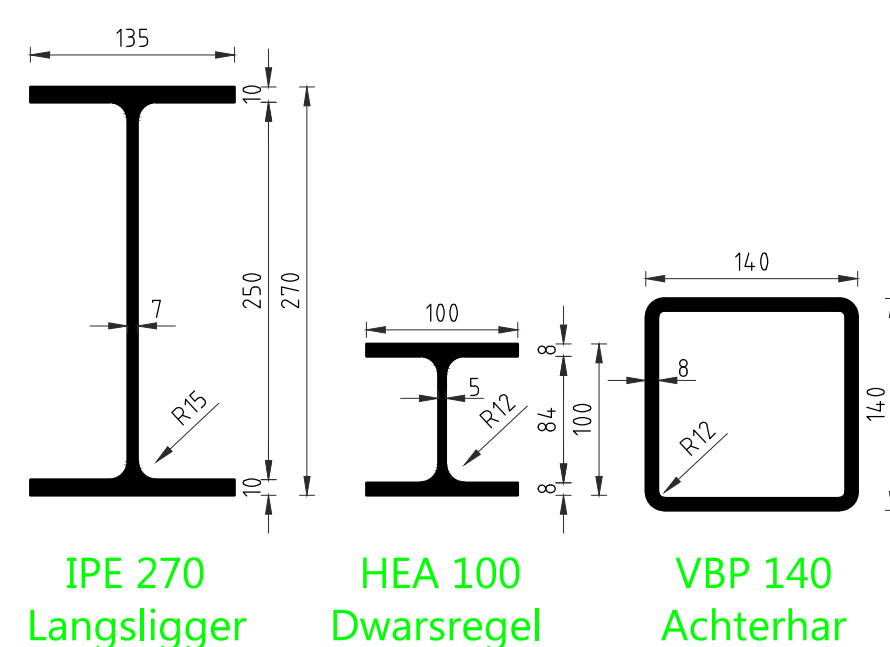
B-B' Dwarsdoorsnede brugdek

> Aanzicht achterhar
Schaal 1:20 maten in mm



C-C' Langsdoorsnede brugdek

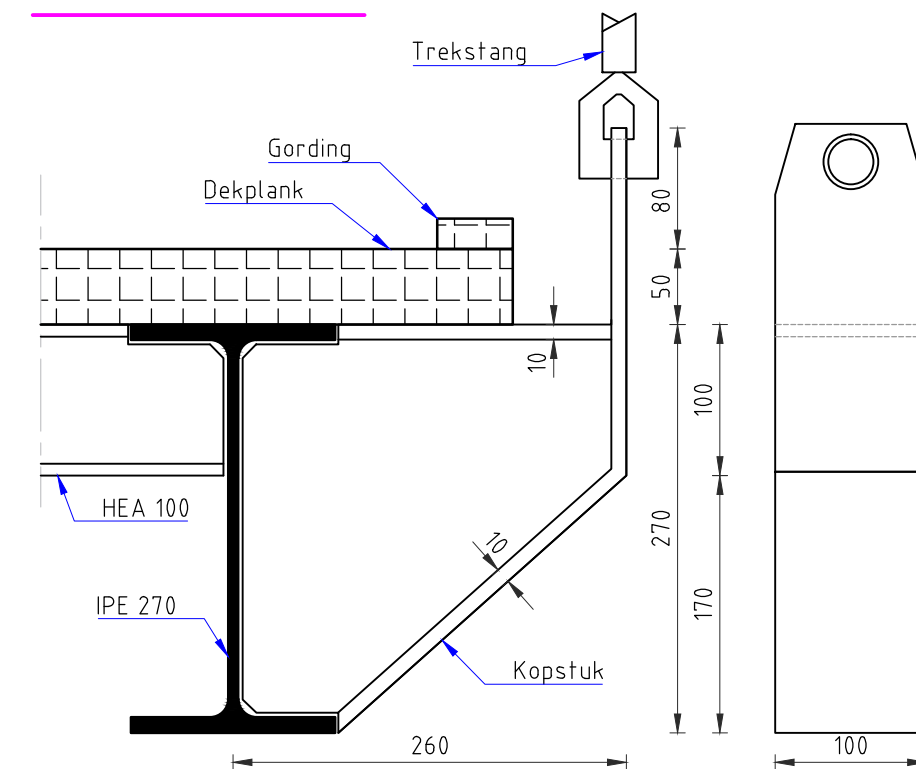
> Aanzicht langsligger
Schaal 1:20 maten in mm



2. Staalprofielen

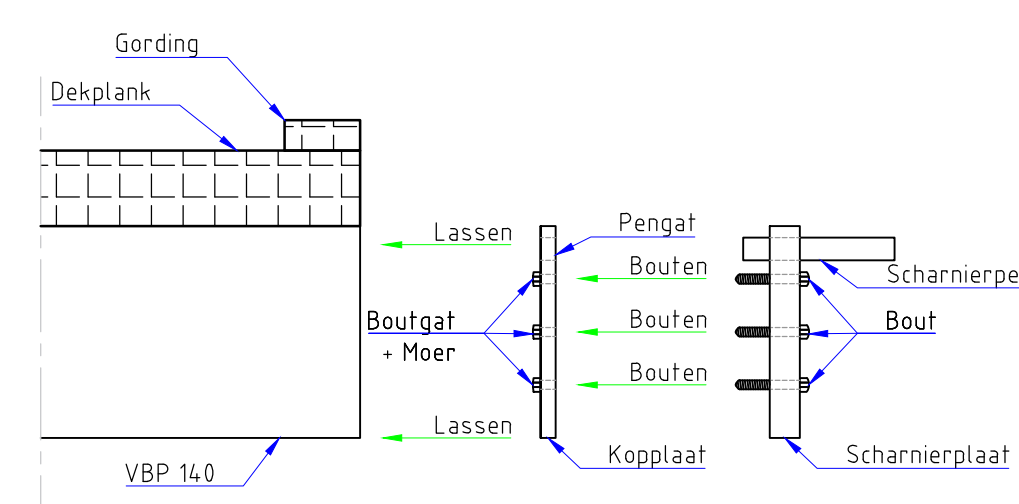
> Draagconstructie
Schaal 1:5 maten in mm

3. Details



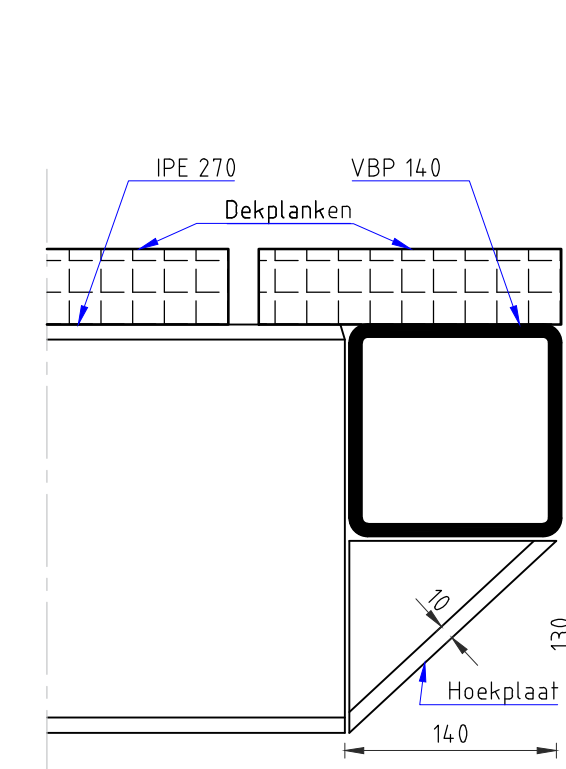
3.1 Kopstuk dwarsregel

> Verbinding trekstang
Schaal 1:5 maten in mm



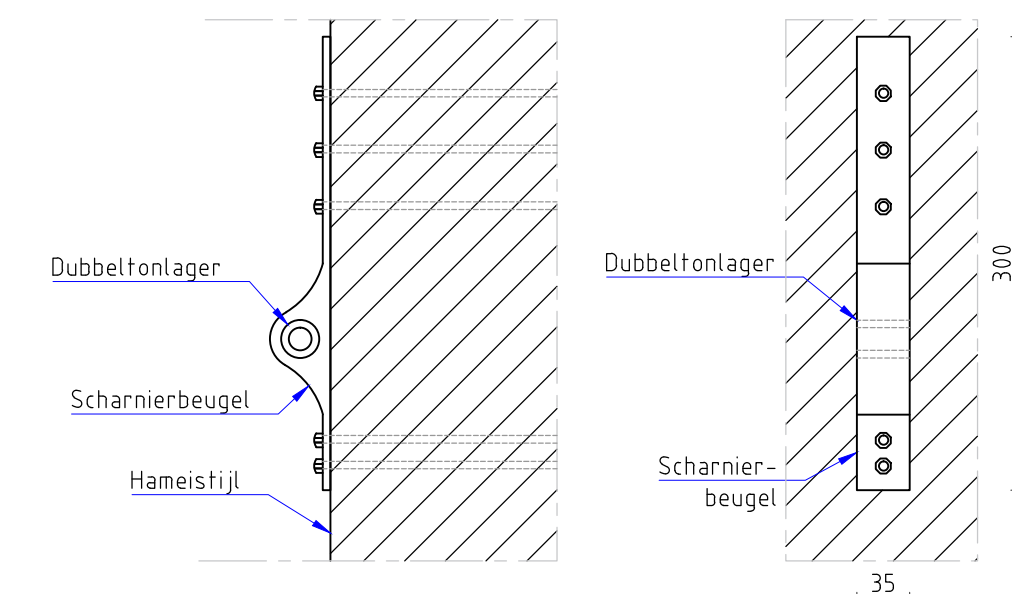
3.4 Scharnier

> Opbouw en bevestiging
Schaal 1:5 maten in mm



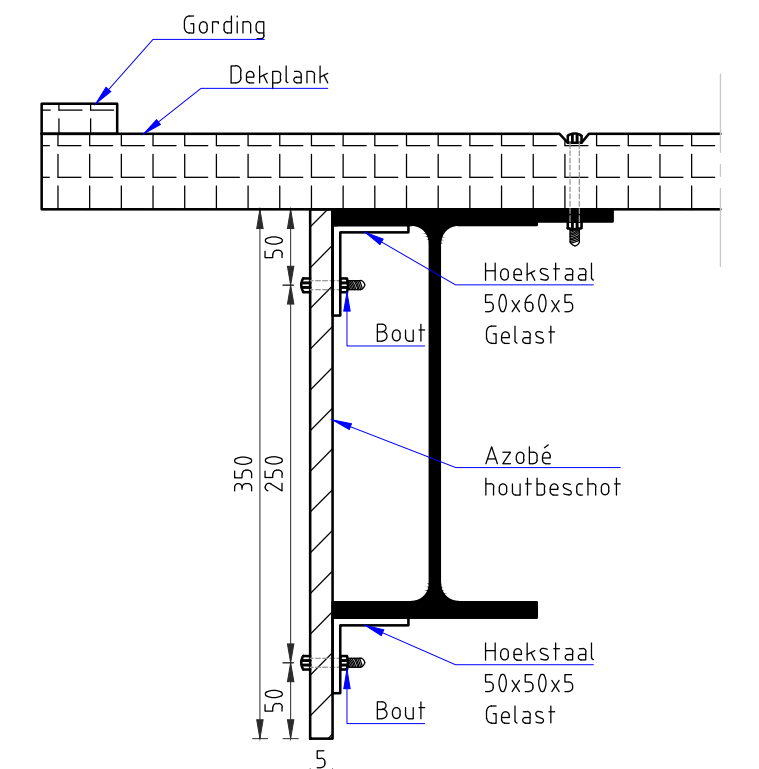
3.2 Hoekplaat

> Verbinding achterhar
Schaal 1:5 maten in mm



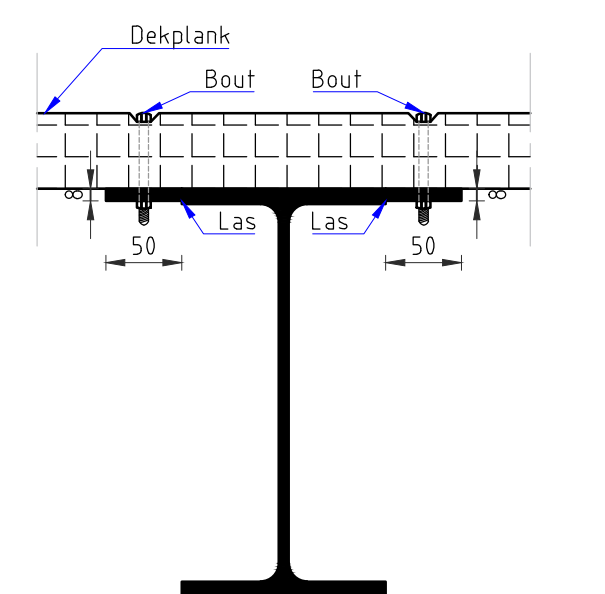
3.5 Scharnierbeugel

> Verbinding op hameipoort
Schaal 1:5 maten in mm



3.3 Houtbeschot

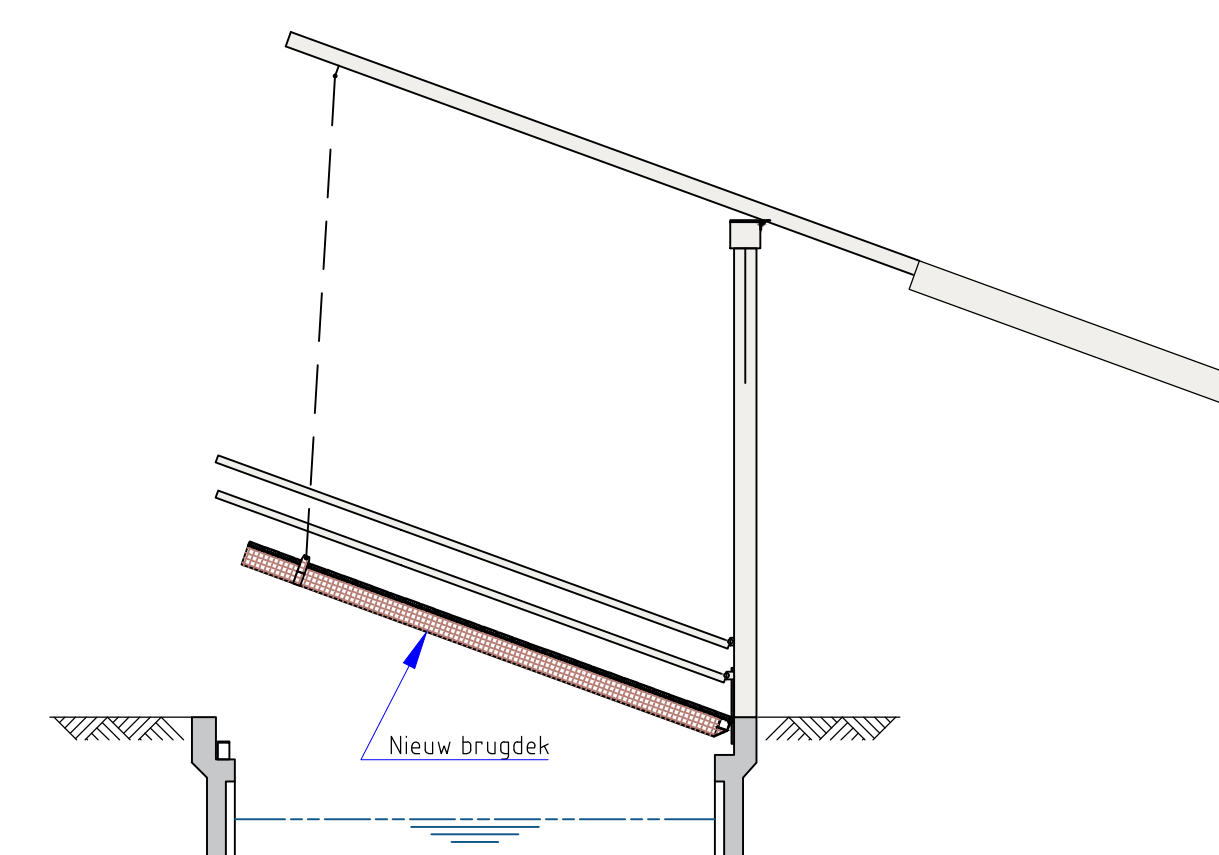
> Verbinding op langsligger
Schaal 1:5 maten in mm



3.6 Dekplank

> Verbinding op langsligger
Schaal 1:5 maten in mm

Impressie Sint Maartensbrug



Locatie Sint Maartensbrug



Opmerkingen
 > De ontwerptekeningen van het nieuwe brugdek tonen de opbouw en dimensies van de stalen draagconstructie en de kunststof dekplanken.
 > De details geven de opbouw en dimensies van de, in de rapportage benoemde, detailleringen weer. Met uitzondering van de brugdekverdeling. Detaillering hiervan dient bij leverancier verhaald te worden.
 > Bout- en lasverbindingen dienen nader gedetailleerd te worden en zijn daarom niet gespecificeerd op deze tekening aangegeven.
 > Het lichtkunstwerk dat onder het brugdek bevestigd zal worden, maakt geen onderdeel uit van deze tekening.

Legenda

- Doorsnede IPE 270 langsligger
- Doorsnede HEA 100 dwarsregel
- Doorsnede VBP140 achterhar
- Doorsnede staal
- Doorsnede kunststof
- Doorsnede Azobé hout
- Bout verbinding (nader te bepalen)

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

gemeente Goes

Jaime-Elfen Hendrickx

Tekeningnummer: 016ASM-T01

Tekening formaat: A1

Schaal: Zie tekening

Maatvoering: Millimeter

Opdrachtgever: Gemeente Goes

Tekenaar: J.E. Hendrickx

Versie: Definitief

Datum: 27-mei-2016

Aanpassingen

Sint Maartenbrug

Tekeningen nieuw brugdek



Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage X. Kostenraming

Een inschatting van de benodigde kosten voor het produceren en aanbrengen van het nieuwe brugdek.

Afstuderen 2016

Studente:
Jaimy-Ellen Hendrickx

School:
HZ University of Applied Sciences

Stagebedrijf:
Ingenieursbureau Gemeente Goes

Aanpassingen Sint Maartenbrug

Bijlage X. Kostenraming

Afstuderen 2016

Studente: Jaimy-Ellen Hendrickx
Studentnr: 00061120
Cursus: CU11020 – DA Afstudeerstage
Opleiding: Civiele Techniek
School: HZ University of Applied Sciences
Docent: H.A. Bakker
Stagebedrijf: Ingenieursbureau Gemeente Goes
Begeleider: B. Suijkerbuijk
Datum: 06 juni 2016



Inhoudsopgave

BIJLAGE X. KOSTENRAMING.....	1
STALEN DRAAGCONSTRUCTIE	1
KUNSTSTOF DEK EN HOUTBESCHOT	1
UITVOERING.....	1
TER BESCHIKKING STELLEN PERSONEEL EN MATERIEEL.....	2
STAARTPOSTEN.....	2
TOTALE KOSTENRAMING.....	3



Bijlage X. Kostenraming

In deze bijlage is de complete kostenraming van het nieuwe brugdek opgenomen. Het betreft een directie raming waarbij alle benodigde kostenposten voor de totale realisatie zijn opgenomen. Hierbij gaat het om het ontwerpproces, de prefabricage en de uitvoering op locatie. Hieronder wordt de uitvoering globaal toegelicht en worden de berekende posten kort omschreven.

Wanneer de uitvoering van het project van start gaat, zal eerst de stalen draagconstructie worden geprefabriceerd (eerste categorie). Vervolgens worden de dekplanken, de gordingen en het houtbeschoot op de draagconstructie gemonteerd (tweede categorie). Hierna is het brugdek gereed om geplaatst te worden (derde categorie).

Stalen draagconstructie

- ⇒ 1.1 t/m 1.3 betreffen posten voor het aanschaffen van de benodigde staalprofielen. Zo zullen er drie langsliggers, een achterhar en een dwarsregel ingekocht moeten worden.
- ⇒ 1.4 t/m 1.7 betreffen posten voor het aanschaffen van de benodigde materialen voor het maken van de hoekplaten, de kopstukken, het scharnier en de boutstrips.
- ⇒ 1.8 is een post voor het conserveren van de staalconstructie. Hierbij zal de constructie heen en terug vervoerd moeten worden naar een conserveringslocatie en zal de coating moeten worden aangeschaft en aangebracht. De kosten van deze afzonderlijke onderdelen zijn samengevoegd in deze post.
- ⇒ 1.9 is een post voor de totale fabricage. Hieronder vallen alle werkzaamheden rondom het zagen en lassen van de profielen en onderdelen en het voorboren van boutgaten.

Kunststof dek en houtbeschoot

- ⇒ 2.1 t/m 2.3 betreffen kosten voor het aanschaffen van de dekplanken inclusief slijtlaag, de gording en het houtbeschoot.
- ⇒ 2.4 is een post voor de totale montage van bovengenoemde onderdelen op de draagconstructie middels boutverbindingen.

Uitvoering

- ⇒ 3.1 is een post voor het verwijderen van het huidige brugdek. Hierbij zullen een kraan (inclusief machinist) en een hoogwerker (inclusief bediener) benodigd zijn. Ook zal minimaal twee man moeten worden ingezet voor het uitvoeren van de werkzaamheden. De kosten van deze afzonderlijke onderdelen zijn samengevoegd in deze post.
- ⇒ 3.2 en 3.3 betreffen posten voor het op locatie aanbrengen van respectievelijk de oplegblokken en de scharnierbeugel. Hieronder zijn de kosten opgenomen voor het verwijderen van de huidige blokken en beugel, het aanschaffen van de nieuwe blokken en beugel en het monteren ervan.
- ⇒ 3.4 is een post voor het aanbrengen van het nieuwe brugdek. Hierbij zullen een kraan (inclusief machinist) en een hoogwerker (inclusief bediener) benodigd zijn. Ook zal minimaal twee man moeten worden ingezet voor het uitvoeren van de werkzaamheden. De kosten van deze afzonderlijke onderdelen zijn samengevoegd in deze post.



- ⇒ 3.5 is een post voor het bevestigen van het brugdek aan de trekstangen. Ook hier zijn de kosten voor de werkzaamheden en de kosten voor de hoogwerker samengevoegd.
- ⇒ 3.6 is een post voor het op locatie aanbrengen van de brugdekvergrendeling. Hieronder zijn de kosten opgenomen voor het verwijderen van de huidige vergrendeling, het aanschaffen van de nieuwe vergrendeling en het monteren ervan.
- ⇒ 3.7 is een post voor het transporteren van het brugdek. Er is twee keer transport nodig. Een keer voor het afvoeren van het huidige brugdek en een keer voor het naar locatie vervoeren van het nieuwe brugdek.
- ⇒ 3.8 is een post voor het plaatsen van verkeersregeling. Hieronder wordt verstaan het huren en tijdig plaatsen en verwijderen van vooraankondigingsborden (gedurende twee weken) voorafgaand aan de uitvoering en het huren en tijdig plaatsen en verwijderen van omleidingsborden tijdens de uitvoering.

Ter beschikking stellen personeel en materieel

- ⇒ 4.1 t/m 4.3 betreffen posten voor het beschikbaar stellen van mensen, waarvan de functies tijdens de uitvoering van belang kunnen zijn. Hierbij gaat het om een werkvoorbereider, een uitvoerder en een montageman.
- ⇒ 4.4 is een post voor het beschikbaar stellen van een ponton ten behoeve van zicht en bereikbaarheid vanaf het water.

Staartposten

- ⇒ 5.1 t/m 5.9 betreffen posten voor te maken kosten, anders dan aanschaf, werkzaamheden en ter beschikking stellen. Zo zullen kosten gemaakt moeten worden om de uitvoering op locatie te laten plaats vinden en kosten om de bedrijfsvoering te financieren. Tijdens sommige werkzaamheden is gewenst toezicht aanwezig te laten zijn, de kosten hiervoor moeten berekend worden. Daarnaast worden ook winst en risico, verzekering en kosten voor een bankgarantie mee gerekend. Ook het volledige, voorafgaande ontwerpproces en het nader detailleren dienen in rekening te worden gebracht. Tot slot wordt er rekening gehouden met onvoorziene kosten. Behalve het toezicht, waarvan het aantal uur bepaald is, worden de hiervoor genoemde kosten als percentage van het subtotaal in rekening gebracht.



Kostenraming

Datum:
Project:
Opdrachtgever:
Opsteller:

27-mei-16
Aanpassingen Sint Maartenbrug
Gemeente Goes
J.E. Hendrickx

Code	Werkzaamheden	Hoeveelheid per eenheid	P.p.e. ex. btw	Prijs ex. btw
1	Stalen draagconstructie			€ 6.922,00
1.1	Langsligger IPE270 6,65 meter	3,00 st	€ 250,00	€ 750,00
1.2	Achterhar VBP140 3,05 meter	1,00 st	€ 50,00	€ 50,00
1.3	Dwarsregel HEA100 2,68 meter	1,00 st	€ 100,00	€ 100,00
1.4	Hoekplaat langsligger-achterhar	3,00 st	€ 3,00	€ 9,00
1.5	Kopstuk dwarsregel	2,00 st	€ 8,00	€ 16,00
1.6	Scharnier	2,00 st	€ 160,00	€ 320,00
1.7	Boutstrips 8mm x 5cm x 6,65m	4,00 st	€ 52,00	€ 208,00
1.8	Conserveren: 3 lagen coating 25m2	75,00 m2	€ 23,00	€ 1.725,00
1.9	Fabricage	72,00 uur	€ 52,00	€ 3.744,00
2	Kunststof dek en houtbeschoot			€ 4.240,00
2.1	Dekplanken 50mm x 20cm x 3,05m	30,00 st	€ 80,00	€ 2.400,00
2.2	Gording 20mm x 5cm x 6,65m	2,00 st	€ 80,00	€ 160,00
2.3	Houtbeschoot 5mm x 35cm x 6,65m	2,00 st	€ 120,00	€ 240,00
2.4	Montage op draagconstructie	32,00 uur	€ 45,00	€ 1.440,00
3	Uitvoering			€ 4.350,00
3.1	Verwijderen huidig brugdek	1,00 st	€ 795,00	€ 795,00
3.2	Aanbrengen oplegblokken	3,00 st	€ 150,00	€ 450,00
3.3	Monteren scharnier	2,00 st	€ 230,00	€ 460,00
3.4	Inhijsen nieuw brugdek	1,00 st	€ 1.325,00	€ 1.325,00
3.5	Verbinden trekstang	2,00 st	€ 40,00	€ 80,00
3.6	Aanbrengen vergrendeling	1,00 st	€ 250,00	€ 250,00
3.7	Transport brugdek	2,00 st	€ 175,00	€ 350,00
3.8	Verkeersregeling	16,00 dag	€ 40,00	€ 640,00
4	T.b.s. Personeel en materieel			€ 840,00
4.1	T.b.s. werkvoorbereider	4,00 uur	€ 55,00	€ 220,00
4.2	T.b.s. uitvoerder	4,00 uur	€ 60,00	€ 240,00
4.3	T.b.s. montageman	4,00 uur	€ 45,00	€ 180,00
4.5	T.b.s. ponton	4,00 uur	€ 50,00	€ 200,00
	Subtotaal excl. btw			€ 16.352,00
5	Staartposten			€ 8.991,22
5.1	Algemene bouwplaatskosten/uitvoering	9,00 %	€ 1.471,68	€ 1.471,68
5.2	Algemene bedrijfskosten	6,00 %	€ 981,12	€ 981,12
5.3	Winst & risico	5,00 %	€ 817,60	€ 817,60
5.4	CAR verzekering	1,00 %	€ 163,52	€ 163,52
5.5	Nader te detaileren	6,00 %	€ 981,12	€ 981,12
5.6	Ontwerpproces	20,00 %	€ 3.270,40	€ 3.270,40
5.7	Object onvoorzien	5,00 %	€ 817,60	€ 817,60
5.8	Toezicht	8,00 uur	€ 60,00	€ 480,00
5.9	Bankgarantie	0,05 %	€ 8,18	€ 8,18
	Totaal excl. btw			€ 25.343,22
	B.T.W.	21,00 %		€ 5.322,08
	Totaal incl. btw			€ 30.665,29