



Scriptie

Assetmanagement

Wat is de beste methodiek om risicogestuurd
assetmanagement uit te voeren voor het areaal
aan steigers van North Sea Port?



Daniël Schot
HZ, University of Applied Sciences
North Sea Port

17-06-2022



Algemene informatie	
Status	Definitief
Datum	17-06-2022
Aantal pagina's	60, 95 incl. Bijlagen
Auteur	Daniël Schot
	79051
Instituut	Hogeschool Zeeland
	University of Applied Sciences
Afstudeerbegeleider	Albert Repko
2^e examiner	Peter Hopmans
Bedrijf	North Sea Port, Terneuzen
Bedrijfsbegeleider	Joris Weemaes
Assetmanagementteam	Dennis van den Broeke
	Gerard Verburg

Voorwoord

Dit onderzoeksrapport maakt deel uit van het afstudeertraject van auteur Daniël Schot te Vlissingen, vierdejaars student civiele techniek aan de Hogeschool Zeeland, University of Applied Sciences (HZ). De projectinhoudelijke elementen zijn opgesteld in samenspraak met, en in opdracht van North Sea Port, Terneuzen. De resultaten en conclusies uit het rapport zijn voor het assetmanagementteam van North Sea Port toegankelijk voor eigen doeleinden. De HZ heeft hierin een begeleidende functie, zodat de persoonlijke en educatieve doelen gewaarborgd blijven. Dit verslag mag daarom voor educatiedoeleinden worden gedeeld onder belanghebbenden die direct in contact staan met de Hogeschool Zeeland. Ook zal de HZ erop toezien dat de persoonlijke leerdoelen, geformuleerd in de vorm van competenties, zeker worden gesteld. Dit zodat de persoonlijke ontwikkeling een significante waarde draagt binnen het onderzoek voor de auteur. In een apart document zal in de vorm van een portfolio worden verwezen naar verschillende hoofdstukken of bijlagen in dit rapport.

Hierbij wil ik North Sea Port bedanken voor de goede en enthousiaste begeleiding, in het bijzonder Joris Weemaes. Door geregeld terugkoppelingsmomenten in te plannen, een plezierige werksfeer te creëren en de vrijheid te bieden om het onderzoek uit te voeren naar ieders mogelijkheden. Voornamelijk door de beperkende maatregelen door het COVID-19 virus, was thuiswerken waar mogelijk nog lang het advies binnen het bedrijf. Om te garanderen dat de fysieke begeleiding frequent en adequaat plaats kon vinden, zijn duidelijk de wensen van de afstudeerstudent en de organisatie kenbaar gemaakt. Verder wil ik de rest van de collega's binnen het assetmanagementteam bedanken voor de plezierige tijd en beschikbaarheid om mee te denken met dit onderzoek. Voornamelijk Dennis van den Broeke en Gerard Verburg hebben meerdere malen hun licht laten schijnen op de mogelijkheden die konden worden geboden om het onderzoek te verbeteren, specificeren en uit te breiden.

Hierbij wil ook mijn stagebegeleider van de Hogeschool Zeeland, Albert Repko, bedanken voor zijn assistentie binnen het onderzoek. Door veelvuldig de gang van zaken te bespreken en hem op de hoogte te stellen van het onderzoek, was er meermaals de kans om punten aan te scherpen of te verbeteren. Zijn expertise en gerichte blik op assetmanagement heeft ervoor gezorgd dat ik de kennis en kunde kon vergaren om dit rapport goed vorm te geven en het onderzoek op een degelijke manier uit te voeren. Tevens wil ik Albert Repko bedanken voor de contactlegging met North Sea Port en mij te wijzen op deze interessante en uitdagende stageplaats.

Daniël Schot
17-06-2022
Vlissingen

Samenvatting

Dit onderzoeksrapport is opgesteld in opdracht van het havenbedrijf North Sea Port, Terneuzen. Zij beheert een groot areaal aan steigers dat onderhouden moet worden om de levensduur ervan zo lang mogelijk uit te rekken. De wens is om dit te doen via risicobeheersing om te zorgen voor een specificatie, regulatie en controle van het onderhoud. Vanuit deze wens is de hoofdvraag van dit onderzoek gevormd als zijnde:

“Wat is de beste methodiek om risicogestuurd assetmanagement uit te voeren voor het areaal aan steigers van North Sea Port?”

Het onderzoek is uitgevoerd middels het analyseren van bestaande theorieën rond risicobeheersing en het implementeren van analytische beschouwingen tussen meerdere experts van North Sea Port. Deze methode is vervolgens getoetst op een steiger met een hoog risicoprofiel, zodat de meest cruciale scenario's naar voren komen om een gewaarborgde aanbeveling te geven.

De belangrijkste resultaten uit het onderzoek zijn:

- De steiger met het hoogste risicoprofiel is de steiger van Oiltanking in de Braakmanhaven.
- De bedrijfswaardenmatrix is gespecificeerd om de kernwaarden te toetsen op steigers.
- De risicoanalyse middels een FMECA, biedt de gewenste uitwerking om een aanzet tot een risicogestuurd onderhoudsplan te vormen.
- De combinatie van coaten en verzinken is de beste onderhoudsmethode om corrosie van staal tegen te gaan.

Uit deze resultaten kan geconcludeerd worden dat een analyse op basis van risico's op elementniveau een geschikte methode is om risicogestuurd assetmanagement uit te voeren voor het areaal aan steigers van North Sea Port.

Aan North Sea Port wordt aangeraden om enkele vervolgonderzoeken uit te voeren, zodat bepaalde elementen uit dit rapport kunnen worden versterkt of om ze nader uit te lichten. Voornamelijk kan dit door de risicoklassificering te specificeren naar kernwaarden in plaats van de uitgevoerde quickscan. Ook is het relevant om in de faalanalyse een sterker criterium op basis van 'huidige conditie' terug te laten komen. Ook wordt aangeraden om bij een vervolgonderzoek of nadere uitvoering van de conclusie de haalbaarheid van een onderhoudsplan te toetsen. Dit is nu gedaan middels enkele, veelvoorkomende maatregelen, terwijl het noodzakelijk wordt geacht om hier een meer gedegen en uitgebreider onderzoek naar te doen.

Abstract

This research report was drawn up on behalf of the Port Authority North Sea Port, Terneuzen. It manages a large area of jetties that needs to be maintained in order to extend its lifespan as long as possible. The wish is to do this through risk management to ensure specification, regulation and control of maintenance. Based on this wish, the main question of this research was formulated as:

“What is the best method to perform risk-based asset management for the jetty area of North Sea Port?”

The research was carried out by analyzing existing theories on risk management and implementing analytical considerations between several experts from North Sea Port. This method was then tested on a jetty with a high risk profile, so that the most crucial scenarios emerge to give a guaranteed recommendation.

The main results of the study are:

- The jetty with the highest risk profile is the Oiltanking jetty in the Braakmanhaven.
- The corporate values matrix is specified to test the core values against jetties.
- The risk analysis by means of an FMECA offers the desired elaboration to form a start to a risk-based maintenance plan.
- The combination of coating and galvanizing is the best maintenance method to prevent corrosion of steel.

From these results it can be concluded that a risk-based analysis at element level is a suitable method to perform risk-based asset management for the jetty area of North Sea Port.

North Sea Port is advised to carry out a number of follow-up studies, so that certain elements of this report can be strengthened or to clarify them in more detail. This can mainly be done by specifying the risk classification according to core values instead of the performed quick scan. It is also relevant to include a stronger criterion based on 'current condition' in the failure analysis. It is also recommended to test the feasibility of a maintenance plan during a follow-up investigation or further implementation of the conclusion. This has now been done through some common measures, while it is considered necessary to conduct a more thorough and comprehensive investigation into this.

Inhoudsopgave

Voorwoord	ii
Samenvatting	iii
Abstract	iv
1. Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Probleemstelling	8
1.3 Doelstelling	8
1.4 Onderzoeksvragen	9
1.4.1 Hoofdvraag	9
1.4.2 Deelvragen	9
1.5 Verslagopbouw	10
1.5.1 Opzet	10
1.5.2 Begrippenlijst	11
2. Theoretisch kader	12
2.1 Areaal steigers	12
2.2 Globaal assetmanagement	13
2.2.1 Basisprincipes	14
2.2.2 Strategie	15
2.2.3 Model: Bedrijfswaardenmatrix	16
2.2.4 Model: FMECA	19
2.2.5 Model: Six stages	20
2.3 Variantenstudie	22
3. Methodologie	24
3.1 Methodiek beantwoording deelvragen	24
3.2 Stappenplan: specificeren bedrijfswaardenmatrix	27
3.3 Stappenplan: rangschikken steigers	28
3.3.1 Stappenplan	28
3.3.2 Methode rangschikken	29
3.4 Stappenplan: onderhoudsproces	33
3.5 Stappenplan: variantenstudie	34
3.5.1 Stappenplan	34
3.5.2 Variantenstudie	35
4. Resultaten	36
4.1 Uitwerking: bedrijfswaardenmatrix	36
4.1.1 Wijzigingen	37
4.1.2 Waardes schaalverdeling	39
4.2 Uitwerking: risicoklassificering	40

4.2.1 Quickscan	40
4.2.2 Specificatie steiger Braakmanhaven	41
4.3 <i>Uitwerking: onderhoudsproces</i>	42
4.3.2 Kritische gevolgen	49
4.3.3 Risicogestuurd onderhoudsplan	49
4.4 <i>Uitwerking variantenstudie</i>	52
4.4.1 LCC	53
4.4.2 Milieu	54
4.4.3 Bereikbaarheid & Beschikbaarheid	54
4.4.4 Uitkomst MCA	55
5. Conclusie	56
6. Discussie	57
7. Aanbeveling	60
8. Bibliografie	61
9. Bijlagen	62
<i>Bijlage A: Extra toelichting assetmanagement</i>	62
<i>Bijlage B: Assetmanagementstrategie North Sea Port</i>	68
<i>Bijlage C: Gegevens steigers</i>	73
<i>Bijlage D: Toelichting criteria quickscan</i>	81
<i>Bijlage E: Quickscan risicoklassificering</i>	86
<i>Bijlage F: Gegevens onderhoudsmaatregelen</i>	88
<i>Bijlage G: LCC's</i>	89
<i>Bijlage H: Notulen vergaderingen</i>	91
<i>Bijlage I: Figurenlijst</i>	93

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

North Sea Port is een gefuseerd havenbedrijf in de Zuidwestelijke Delta gelegen van Vlissingen tot Gent. Door de fusie van Zeeland Seaports en Havenbedrijf Gent in 2018, heeft het totaal te beheren gebied zich uitgestrekt over een aanzienlijke oppervlakte aan infrastructuur wat beheerd moet worden. Het bestuur staat hierin voor keuzes met betrekking tot beheer en onderhoud, waarbij het van belang is dat verantwoording wordt afgelegd over het uitvoeren van het beleid. Om dit beleid te waarborgen en te reguleren, is onder de directie een afdeling opgezet om elk speciaal facet binnen de infrastructuur van North Sea Port onder controle te houden op gebied van onderhoud.

Om dit praktisch vorm te geven, is er een versnelling gekomen in het samenvoegen van bepaalde onderhouds- systemen en strategieën die gehanteerd werden door de twee afzonderlijke bedrijven. Hieruit ontstond een hernieuwde strategie om onderhoud uit te voeren op basis van risico's die plaats vinden, waar de doelstelling van een object onder leidt: assetmanagement.

Hierbij wordt een asset (object) getoetst op potentiële hoge risico's, waar onderhoudsmaatregelen aan gekoppeld worden. Hiermee wordt het onderhoud gespecificeerd, gecontroleerd en gereguleerd. Dit is noodzakelijk om effectief om te gaan met de tijd, middelen en financiën om alle infrastructuur te onderhouden, waarbij risicobeheersing wordt toegepast. Hierdoor kan namelijk de terugkoppeling gemaakt worden naar het bestuur over de waarborging van het uitgevoerde onderhoud en de beheersing van de infrastructuur van North Sea Port.

In de huidige situatie wordt beheer en onderhoud voornamelijk uitgevoerd middels een correctieve onderhoudsstrategie. Dit is globaal het uitvoeren van herstelling ná constatering van een storing. Via dit beleid wordt te weinig geageerd vanuit de potentiële kans van falen van een element of de totale constructie. Dit heeft als grote gevolg dat deze strategie zal leiden tot een verminderde conditie van het totale scala aan infrastructuur. De hernieuwde assetmanagementstructuur moet zorgen voor een betere implementatie van een toepasselijke strategie op het totale areaal wat North Sea Port beheert.

Vier jaar na de fusie, is er al een aanzienlijke slag gemaakt met betrekking tot het herindelen van de assetmanagementstructuur. Er is een grove onderverdeling gemaakt van de verschillende type assets: droge infrastructuur, natte infrastructuur en baggerwerkzaamheden. In dit rapport zal voornamelijk worden ingegaan op de natte infrastructuur. Binnen de natte infrastructuur, is een behoorlijke aanzet gemaakt voor de implementatie van de assetmanagementstrategie rond kademuren. Nadat de uitkomsten hiervan relatief geslaagd bleken te zijn, wordt ingezet om een vergelijkbare start en implementatie van de strategie toe te passen op steigers voor de beroepsvaart. De wens is om een methodiek te ontwerpen om risicogestuurd assetmanagement uit te kunnen voeren voor het areaal aan steigers van North Sea Port. Onder deze methodiek wordt de vertaling verstaan van de assetmanagementstrategie naar een analyse om optredende risico's van steigers in kaart te kunnen brengen en te toetsen op impact bij falen. Om de risicoanalyse concreet te verwezenlijken en te toetsen, wordt deze opgezet middels de uitwerking van een steiger met een hoge risicoklasse. Hiermee wordt een steiger bedoeld, waarbij de combinatie tussen de optredende gevolgen en potentiële kans van optreden, van zo'n significant belang is, dat deze geprioriteerd moet worden binnen het areaal aan steigers.

1.2 Probleemstelling

Zoals hierboven staat aangegeven is de wens om een methodiek te ontwerpen om de assetmanagementstrategie toe te passen op een steiger met een hoge risicoklasse. Dit kan concreet worden vertaald naar de volgende probleemstelling:

- Het is onvoldoende inzichtelijk hoe een risicogestuurde onderhoudsmethodiek kan worden toegepast op het areaal aan steigers dat North Sea Port beheert.



Figuur 1.1: Braakmanhaven, Terneuzen¹

1.3 Doelstelling

Uit de probleemstelling is het volgende doel van het onderzoek te herleiden:

- Het ontwikkelen van een methodiek voor het uitvoeren van risicogestuurd assetmanagement van alle steigers die North Sea Port beheert en deze te kalibreren middels de uitwerking van een voorbeeldcase.

Als voorbeeldcase wordt hierbij een steiger met een hoge risicoklasse geanalyseerd, waarbij een faalanalyse en een aanzet tot een lange termijn onderhoudsplan zal worden ontwikkeld die potentieel ten grondslag zou kunnen dienen voor het overige areaal.

Er wordt gekozen om een steiger met een hoge risicoklasse te analyseren, omdat hierbij wordt verwacht dat de optredende gevolgen middels falen een meest uitgewerkte weergave biedt om deze tegen te gaan of te verhelpen. Hierdoor wordt naar verwachting elk criterium van de analyse meegenomen in de beschouwing, wat het daarmee vereenvoudigt om deze te simplificeren voor steigers uit een lagere risicoklasse.



Figuur 1.2: Zuiddok, Gent²

¹ (Baggerbedrijf de Boer)

² (Gent de Kuip)

1.4 Onderzoeksvragen

Om tot een uitwerking van bovenstaande doelstelling te komen, kan deze in de kern worden geformuleerd middels de volgende hoofdvraag:

1.4.1 Hoofdvraag

- Wat is de beste methodiek om risicogestuurd assetmanagement uit te voeren voor het areaal aan steigers van North Sea Port?

1.4.2 Deelvragen

Om de hoofdvraag te beantwoorden, wordt deze gespecificeerd en onderverdeeld met behulp van onderstaande deelvragen. Deze deelvragen zijn verdeeld onder de drie verschillende hoofdstukken. De indeling van deze hoofdstukken en daarmee de plaatsing van de deelvragen, wordt verder toegelicht in paragraaf 1.5

Theoretisch kader

- Hoe ziet de scope van het areaal aan steigers van North Sea Port eruit?
- Welke mogelijkheid is er voor het rangschikken van de steigers van North Sea Port?
- Hoe ziet het theoretisch model voor uitvoeren van assetmanagement eruit?
- Hoe wordt het huidige assetmanagement van North Sea Port gecoördineerd?
- Welke varianten aan onderhoudsmaatregelen zijn er mogelijk ten aanzien van een kritische faalvorm?

Methodiek

- Hoe ziet de methodiek voor het uitvoeren van het onderzoek eruit?
- Hoe ziet het stappenplan voor het specificeren van de bedrijfswaardenmatrix van North Sea Port eruit?
- Hoe ziet het stappenplan voor het rangschikken van de steigers van North Sea Port eruit?
- Hoe ziet het stappenplan voor een risicogestuurd onderhoudsproces van een steiger van North Sea Port met een hoge risicoklasse eruit?
- Hoe ziet het stappenplan voor de variantenstudie van onderhoudsmaatregelen ten aanzien van een kritische faalvorm eruit?

Resultaten

- Hoe ziet de uitwerking van het stappenplan voor het specificeren van de bedrijfswaardenmatrix voor de steigers van North Sea Port eruit?
- Hoe ziet de uitwerking van het stappenplan voor de rangschikking van de steigers van North Sea Port eruit?
- Hoe ziet de uitwerking van het stappenplan voor een risicogestuurd onderhoudsproces van een steiger van North Sea Port met een hoge risicoklasse eruit?
- Hoe ziet de uitwerking van het stappenplan voor de variantenstudie van onderhoudsmaatregelen ten aanzien van een kritische faalvorm eruit?

1.5 Verslagopbouw

1.5.1 Opzet

Het rapport is in hoofdlijnen, na de inleiding, opgebouwd uit de volgende hoofdstukken:

- 2. Theoretisch kader
- 3. Methodologie
- 4. Resultaten
- 5. Conclusie
- 6. Discussie
- 7. Aanbeveling



Figuur 1.3: Steiger buitenhaven Vlissingen³

In het **theoretisch kader** wordt aangekaart hoe het areaal aan steigers van North Sea Port eruit ziet en hoe deze in de huidige situatie wordt beheerd. Vervolgens wordt dieper ingegaan op de theoretische modellen rond assetmanagement en hoe North Sea Port deze in de bestaande stand van zaken al heeft geïmplementeerd. De meest significante nadruk die hierbij wordt gegeven, is wat er al bepaald en vastgesteld is door het bedrijf en waarin dit onderzoek een vernieuwende aanbevelende rol vervult.

In hoofdstuk 3 wordt de **methodologie** behandeld, dit hoofdstuk heeft betrekking op het plan van aanpak van het uitgevoerde onderzoek. Hierin wordt kort toegelicht hoe het type onderzoek leidt tot de gekozen opzet van het rapport en de afbakening ervan. Vervolgens wordt het plan van aanpak voor het onderzoek gepresenteerd, opgedeeld in de verschillende aspecten die terugkeren in het rapport. De vier retournerende elementen zijn achtereenvolgens: de bedrijfswaardenmatrix van North Sea Port, de risicoklassificering van de steigers, het aanzet tot een onderhoudsplan op basis van potentiële risico's en tot slot een variantenstudie met betrekking tot een kritische faalvorm.

De **resultaten** staan centraal in hoofdstuk 4, hierin zal allereerst worden toegelicht hoe de bedrijfswaardenmatrix is gespecificeerd voor de steigers. Vervolgens wordt weergegeven hoe de steigers van North Sea Port zijn gerangschikt in risicoklassen, waarna vervolgens de steiger met de hoogste risicoklasse verder wordt gespecificeerd en toegelicht op basis van potentieel optredende faalmechanismen. Tot slot wordt een weergave gegeven van de uitwerking van een variantenstudie van een kritische faalvorm.

In de **conclusie** wordt beschreven hoe de resultaten uit het onderzoek antwoord geven op de hoofdvraag.

In de **discussie** zal voornamelijk worden ingegaan op de verschillende onderzoeksstrategieën die zijn toegepast en of deze geschikt zijn gebleken. Ook wordt gerefereerd aan de resultaten en wat de impact kan zijn op de conclusie mochten deze sterk afwijken door potentieel wijzigingen in de aannames binnen het theoretisch kader.

Tot slot wordt in de **aanbeveling** genoemd welke mogelijkheden er liggen voor North Sea Port om de conclusies te gebruiken binnen hun vraagstuk. Ook wordt vermeld welk vervolgonderzoek gedaan moet worden om dit rapport te ondersteunen.

³ (De Klerk B.V., 2019)

1.5.2 Begrippenlijst

Assetmanagement is een vrij nieuw begrip in de onderhoudswereld, waardoor veel begrippen en aanduidingen in dit rapport extra toelichten nodig hebben. Hierom is gekozen om voordien al een begrippenlijst in te voegen, zodat de meest cruciale elementen snel kunnen worden begrepen en opgevat. Bij de eerste keer dat een begrip voorkomt, is een lage voetnoot weergegeven met een verwijzing naar onderstaande tabel:

Nummer	Begrip	Omschrijving
1	Asset	Item, ding of entiteit die potentiële of actuele waarde heeft voor een organisatie.
2	Assetmanagement	Gecoördineerde activiteiten van een organisatie om levenscycluswaarde te realiseren van assets ter verwezenlijking van haar doelstellingen.
3	Strategisch Assetmanagement Plan	Hierin staat de vertaling van de organisatie doelstellingen naar de assetmanagement doelstellingen. Daarnaast is ook de wijze waarop dit bereikt moet worden beschreven.
4	Faalmechanismen	De opeenvolging van gebeurtenissen die leidt tot falen.
5	Prestatie-eisen	Concrete eisen waaraan de assets moeten voldoen om bij te dragen aan de assetmanagement doelstellingen.
6	Bedrijfswaardenmatrix	Normkader voor de beoordeling van risico's van het areaal.
7	RCM	Een risicogestuurde en data gedreven methodiek om de juiste onderhoudsstrategie te bepalen is Reliability Centered Maintenance.
8	FMECA	FMECA is een kwalitatieve faalanalyse. De afkorting staat voor Failure Modes and Effect Criticality Analysis. Een FMECA is een kwalitatieve beschrijving van mogelijke faalvormen en gevolgen en is daarmee onderdeel van de RCM methodiek.
9	Fysieke decompositie	Onderverdeling van het complete areaal in elementen.
10	Functionele decompositie	Onderverdeling van de functies van het areaal per element.
11	Inspectieplan	Dit plan beschrijft de wijze waarop de staat van het areaal in kaart wordt gebracht. Enerzijds om het faalgedrag te meten anderzijds om een terugkoppeling te geven van de staat waarin het areaal zich bevindt.
12	Correctief onderhoud	Het herstellend en reactief onderhoud dat wordt uitgevoerd na constatering van een storing.
13	Preventief onderhoud	Onderhoud dat proactief wordt uitgevoerd met vaak de volgende redenen: verhogen betrouwbaarheid, voorkomen van schade, uitval, gebreken en ongemak op een later moment.
14	SAO	Storingsafhankelijk onderhoud
15	GAO	Gebruiksafhankelijk onderhoud
16	TAO	Toestandsafhankelijk onderhoud
17	Kathodische bescherming	Bescherming van metalen door het tegengaan van corrosie.
18	LCC's	Life Cycle Costs: Overzicht van de totale kosten van een asset om de uiterste levensduur te bereiken.

Figuur 1.4: Begrippenlijst

2. Theoretisch kader

In het theoretisch kader wordt dieper ingegaan op de huidige situatie van het areaal, waarbij wordt beschreven hoe het areaal van North Sea Port eruitziet. Vervolgens wordt vermeld welke theorieën rond assetmanagement worden toegepast in het onderzoek, waarna dieper wordt ingegaan hoe North Sea Port deze theorie, of andere vormen toepast, of potentieel zou kunnen implementeren binnen hun beleidsplan.

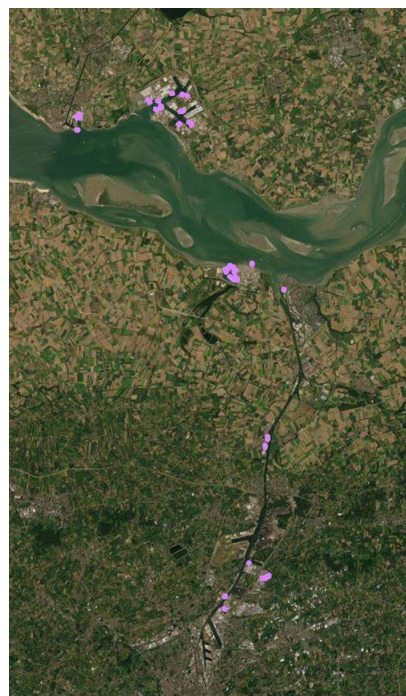
2.1 Areaal steigers

Hoe ziet de scope van het areaal aan steigers van North Sea Port eruit?

In het totale gebied dat wordt omvat door North Sea Port, liggen 37 steigers die in hun bezit zijn. In dit onderzoek zullen echter alleen de 19 steigers worden beschouwd die in het beheer vallen van North Sea Port. Steigers zijn aanlegplaatsen voor schepen met twee doelen, ofwel overslag plaats laten vinden of als wachtplaats als een losplaats niet beschikbaar is. Voor North Sea Port zijn de steigers van belang, omdat dit inkomsten genereert uit de verhuur van gebieden en delen van de infrastructuur, waaronder steigers. Het belang dat veelal wordt geëist aan steigers is de beschikbaarheid ervan. Wanneer dit niet gegarandeerd kan worden, vervalt namelijk de hoofdfunctie van de steiger: fungeren als afmeervoorziening voor schepen.

Het gebied waar de steigers zich bevinden in de Zuidwestelijke Delta kan onderverdeeld worden in drie grote haventerreinen:

- Buitenhaven Vlissingen
- Vlissingen – Oost
- Kanaal Gent – Terneuzen



figuur 2.1: Overzicht areaal steigers⁴

De gegevens van de steigers die ter beschikking zijn gesteld zijn in onderstaande tabel vermeld.

Toelichting en invulling van de waardes zijn te beschouwen in Bijlage C: Gegevens steigers en Bijlage H: Notulen vergaderingen

Meetbaar / waarneembaar	Beschouwing
Bouwjaar	Soort
Locatie	Functie
Type	Gebruik
Diepgang	Conditie
Lengte	
Bolders	
Fenders	
Constructiepalen	

⁴ (North Sea Port)

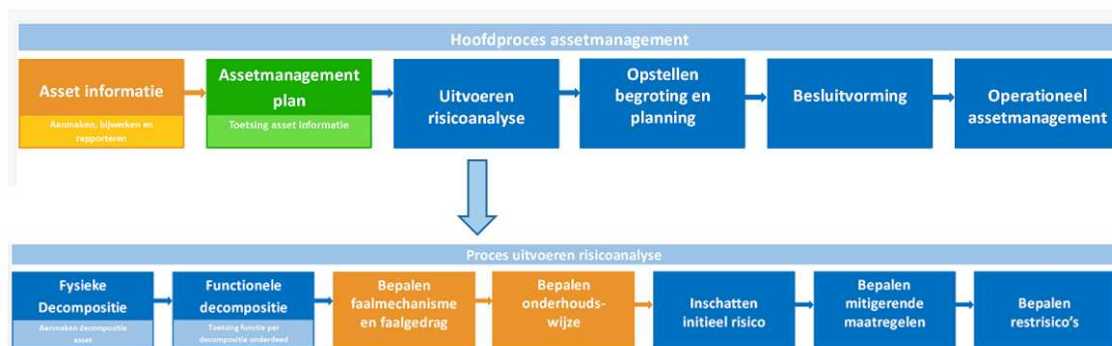
2.2 Globaal assetmanagement

Hoe ziet het theoretisch model voor uitvoeren van assetmanagement eruit?

Hoe wordt het huidige assetmanagement van North Sea Port gecoördineerd?

De assetmanagementstrategie³ die in grote lijnen wordt toegepast binnen dit onderzoek, zal voornamelijk gebaseerd zijn op onderstaand model. Bij vormgeving van de doelstelling is dit conceptueel model aangeleverd door North Sea Port. Voornamelijk zal het ‘proces uitvoeren risicoanalyse’ breed worden toegepast binnen het onderzoek. De volledige opzet van het onderzoek op basis van dit model, is nader toegelicht in hoofdstuk:

In het vervolg van het theoretisch kader worden meerdere theoretische benaderingen uitgelicht op gebied van assetmanagement², waarbij de globale strategie van North Sea Port hierin is meegenomen. Bij verdere uitwerking van de strategie, zijn bepaalde aspecten een directe uitwerking van de theorie. Echter is waar nodig de aanpak meer aangepast en gespecificeerd op het areaal aan steigers wat is beschouwd.



figuur 2.2: Vereenvoudigde strategie North Sea Port voor risicogestuurd assetmanagement⁵

In dit onderzoek wordt voornamelijk ingegaan op de uitwerking van een risicoanalyse van een steiger met een hoge risicoklasse. De wijze van het proces om tot een uitwerking hiervan te komen, kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. Deze zullen in de loop van dit hoofdstuk verder worden toegelicht. Hierbij is het echter eerst van belang om een verduidelijking te geven waarom assetmanagement werkt en hoe dit toegepast wordt binnen North Sea Port.

⁵ (North Sea Port)

2.2.1 Basisprincipes

Onderstaand schema, ontworpen door een erkende organisatie op gebied van assetmanagementstrategieën, toont de vier hoofdvragen om allereerst de input te bepalen voor het verwezenlijken van assetmanagement. Vervolgens kunnen deze opnieuw worden gebruikt voor het testen van de input, met andere woorden: 'doen we nog steeds hetgeen wat benodigd is?'



figuur 2.3: Basisprincipes van assetmanagement⁶

Voor North Sea Port kunnen globaal de volgende antwoorden worden gegeven op deze vragen:

- Wat?
 - Aanbieden van infrastructuur en ruimte
 - Voorzien van nautische dienstverlening
 - Verbinding regisseren binnen het havengebied

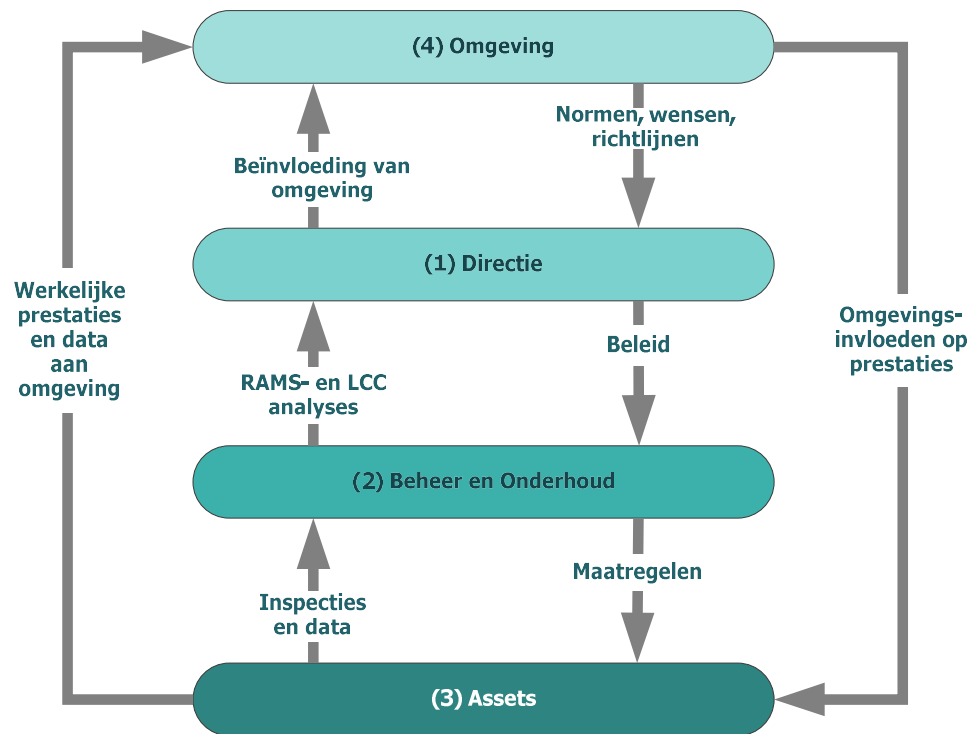
Het doel van assetmanagement binnen North Sea port is om zekerheid te kunnen bieden aan bovenstaande drie kerndoelen voor de gebruikers door de risico's in te perken of te voorkomen. Deze zekerheid is vormgegeven in de nader toe te lichten kernwaarden van North Sea Port, waarbij een relatie wordt gelegd tussen het potentieel optredende gevolg en de acceptatiegrens die hierbij wordt gehanteerd.

- Hoe?
 - Informatie verschaffen over de betreffende assets₁
 - Bepalen van het faalgedrag en bijhorende maatregelen
 - Inplannen en uitvoeren van de maatregel om het risico zo sterk mogelijk te verlagen
- Wie?
 - Een team assetmanagers in aangesteld voor het uitvoeren van de assetmanagementstrategie op ieder een gespecificeerd facet binnen het areaal
- Doen we dat?
 - Eén eindverantwoordelijke voor het overzien van het totaal goed uitvoeren van het proces
 - Enkelen die meedenken over specificering van het beleidsplan rond assetmanagement
 - De verschillende facetten kunnen binnen een asset overlappen, waardoor een sterkte mate van controle over elkaars werkwijze plaatsvindt.
 - Meerdere vergaderingen binnen het totale assetmanagementteam om elkaar op de hoogte te houden van de vorderingen, tegenaan gelopen problematieken en uitwisselen van oplossingen/ideeën

⁶ (IAM (Intstituut Of Asset Management, 2005)

2.2.2 Strategie

Bij de oprichting van North Sea Port is ingezet op een beleidsplan als het gaat om assetmanagement. In samenwerking met een deskundig, gespecialiseerd team is een rapport opzet om een assetmodel te integreren in de beoogde strategie van North Sea Port, zodat uiteindelijk een globale planning / roadmap is opgesteld om deze strategie te implementeren. Hierbij is grotendeels getracht invulling te geven aan bovenstaande vier vragen.



figuur 2.4: Assetmanagementmodel volgens ISO55000 in relatie tot het model voor North Sea Port⁷

Deze uitgebreide analyse, deels ontworpen door North Sea Port, is een herhalend model om goed assetmanagement uit te kunnen voeren. Hierin is het van belang dat genuanceerd wordt gekeken naar het proces en de input die wordt gebruikt voor het uitvoeren ervan. De vier hoofdelementen in de figuur worden verder toegelicht in Bijlage B: Assetmanagementstrategie North Sea Port. Voor de verdere uiteenzetting van het onderzoek, is het van belang een duidelijke invulling te geven aan de input en uitkomsten van het proces om de risicoanalyse goed uit te kunnen voeren. In de volgende paragrafen zal toelichting gegeven worden op drie methodes die toepasbaar kunnen worden gemaakt voor het concretiseren en vertalen van een strategie naar een uitvoerbare methode voor risicogestuurd assetmanagement.

⁷ (North Sea Port)

2.2.3 Model: Bedrijfswaardenmatrix

Een bedrijfswaardenmatrix₆ geeft weer welke acceptatiegrenzen een bedrijf stelt aan hun belangen. Deze belangen zijn geformuleerd in de vorm van kernwaarden, de kernwaarden zijn een andere wijze waarop de vraag: 'wat?' kan worden beantwoord uit de basisprincipes van assetmanagement.

De kernwaarden zoals North Sea Port deze heeft geformuleerd, zijn:

- Financiële claim
 - Financiële vergoeding die verhaald wordt door de huurder op het bedrijf voor het niet kunnen leveren van de gemaakte afspraken
- Bereikbaarheid & Beschikbaarheid
 - Mate van bereikbaarheid van een asset door personeel / materieel / materiaal / voertuigen
 - Mate van beschikbaarheid van een asset om werkzaamheden uit te kunnen voeren
- Imago
 - Reputatie van het bedrijf door waarnemingen van de buitenwereld op activiteiten
- Mens & Veiligheid
 - Mate van te bieden zekerheid aan de werknemers en stakeholders van het bedrijf om letsel in elke vorm zoveel als mogelijk te voorkomen
- Milieu
 - Belang om verantwoord om te gaan met grondstoffen, vervuilende activiteiten en het zoveel als mogelijk voorkomen van schadelijke risico's
 - Trachten waar mogelijk duurzaam te opereren en te vernieuwen in de strategie
- Directe technische kosten
 - Kosten voor noodzakelijk te onderhouden materieel / materiaal
 - Kosten voor noodzakelijke activiteiten
 - Kosten voor noodzakelijke vervangingen bij niet te herstellen schade

De gevolgen die per kernwaarde kunnen optreden, worden vervolgens onderverdeeld in gevolgen en hierna gekoppeld aan een kans van optreden, zodat een risico-acceptatiegrens wordt bepaald op basis van de definitie:

Risico = kans x gevolg, waarbij:

Kans = faalkans, kans van optreden, faalfrequentie.

Gevolg = de effecten, de gevolgen van falen.

Gevolg

North Sea Port heeft voor de kademuren die zij beheren een bedrijfswaardenmatrix opgesteld, met allereerst de kernwaarden verdeel in vijf gevolgklassen: Catastrofaal – Ernstig – Matig – Klein – Verwaarloosbaar. Hiermee biedt dit genoeg mogelijkheden om de kernwaarden te toetsen op verschillende niveau van ernst.

Gevolg / effect					
Financiële claim	Bereikbaarheid & Beschikbaarheid	Imago	Mens & Veiligheid	Milieu	Directe technische kosten
5. > 5 M€	5. Cat.A > 1 maand NB 5. Cat B > 3 maanden NB 5. Cat C > 6 maanden NB	5. Negatieve aandacht in de internationale media	5. Dodelijke slachtoffers	5. Milieuramp herstel niet mogelijk	5. > 5 M€
4. 1 - 5 M€	4. Cat.A ≤ 1 maand NB 4. Cat B ≤ 3 maanden NB 4. Cat C ≤ 6 maanden NB	4. Negatieve aandacht in de nationale media	4. Slachtoffers met blijvende invaliditeit	4. Ernstige schade aan milieu (hersteltijd < 1 jr)	4. 1 - 5 M€
3. 100k€ - € 1M€	3. Cat.A ≤ 1 week NB 3. Cat B ≤ 1 maand NB 3. Cat C ≤ 3 maanden NB	3. Langdurige negatieve aandacht in de lokale media	3. Slachtoffers met zwaar(der) letsel (verzuim 1mnd-1jr)	3. Schadeherstel binnen 1-6 maanden	3. 100k€ - € 1M€
2. 10k€ - 100k€	2. Cat.A ≤ 24 uur NB 2. Cat B ≤ 1 week NB 2. Cat C ≤ 1 maand NB	2. Negatieve aandacht in de nationale media	2. Slachtoffers met licht letsel (verzuim < 1mnd)	2. Schadeherstel binnen 1 maand	2. 10k€ - 100k€
1. <10 k€	1. Cat.A ≤ 8 uur NB 1. Cat B ≤ 24 uur NB 1. Cat C ≤ 1 week NB	1. Geen negatieve aandacht in de media	1. Geen letsel (EHBO, irritatie, geen verzuim)	1. Zeer geringe tot geen milieuschade	1. <10 k€

figuur 2.5: Bedrijfswaardenmatrix North Sea Port kademuren (gevolgen)⁸

In deze weergave is gekozen om van hoog risico naar klein te werken, waarbij dus ook de gevolgen die potentieel kunnen optreden op die wijze zijn uitgebeeld. Een kenmerkend aspect binnen een groot deel van deze matrix is dat is gepoogd de intervallen tussen twee gevolgen nihil en meetbaar te maken. Binnen numerieke gevolgen (financiële claim en directe technische kosten) is er bijvoorbeeld een sterke overgang tussen de gevolgen. Hierdoor komt het minder voor dat er interpretatiefouten of verkeerde aannames worden genomen, wat voor verkeerde doorrekeningen in het gebruik van de bedrijfswaardenmatrix kan zorgen.

⁸ (North Sea Port)

Kans van optreden

Hieronder is het tweede deel van de bedrijfswaardenmatrix van North Sea Port weergegeven, waarbij nogmaals aan de kleurenschaal te zien is dat er van hoog naar laag risico gewerkt wordt door een aflopende traptrede vorm. Dit heeft echter geen invloed voor het verdere gebruik van de matrix, al wordt in veel modellen voor het gebruiksgemak een oplopend verloop aangehouden.

Kans van optreden									
Onder grens	Boven grens	Onder grens	Boven grens	Onder grens	Boven grens	Onder grens	Boven grens	Onder grens	Boven grens
0%	0,1%	0,1%	2,3%	2,3%	15,9%	15,9%	50%	50%	100%
≤ 1 op 1000		≈ 1 op 100		≈ 1 op 10		≈ 1 op 3		> 1 op 2	
10		10		10		10		10	
5		5		5		5		5	
3		3		3		3		3	
2		2		2		2		2	
1		1		1		1		1	

figuur 2.6: Bedrijfswaardenmatrix North Sea Port kademuren (kans van optreden)⁹

Met de bedrijfswaardenmatrix kunnen de faalkans en de gevolgen per kernwaarde worden gekwantificeerd. Dit wordt veelal, zo ook bij North Sea Port, gedaan via het volgende idee:

- Gekwantificeerd risico valt in “**groene zone**”: is **ACCEPTABEL**
Gevolg: Het risico wordt geaccepteerd, alleen correctief onderhoud.
- Gekwantificeerd risico valt in “**gele zone**”: is **ONGEWENST**
Gevolg: Mix van preventief en correctief onderhoud₁₂ met als uitgangspunt dat preventief onderhoud₁₃ steekproefsgewijs wordt uitgevoerd.
- Gekwantificeerd risico valt in “**rode zone**”: is **ONACCEPTABEL**
Gevolg: alleen preventief onderhoud, altijd dus niet steekproefsgewijs, geen correctief onderhoud aangezien optreden van risico onacceptabel is.

⁹ (North Sea Port)

2.2.4 Model: FMECA

North Sea Port beheert op dit moment hun kades in de vorm van het risicomodel van een FMECA₈. Voordat dieper wordt ingegaan op de methode en de toe te kunnen passen uitkomst van het model, is het noodzakelijk om de voordelen voor North Sea Port ervan in kaart te brengen.

Voordelen FMECA

- Ondersteunen besluitvorming
- Inzicht tussen: risico's, kosten en prestatie
- Inzicht in gewenste, ongewenste en onacceptabele risico's (uit de bedrijfswaardenmatrix)
- Beoordeling op elementniveau van een asset
- Herhalende toepasbaarheid om toekomstgericht te blijven opereren
- Vrije ingeving voor specificatie van het model

Basisopzet FMECA

Vrije ingeving is een aspect dat binnen dit onderzoek van belang is voor de verdere vertaling van het globale model van een FMECA via de toetsing van een steiger naar een opzet voor een lange termijn onderhoudsplan. Hierbij is het eerst noodzakelijk om de standaard terugkerende elementen in een FMECA te beschouwen, voordat in detail kan worden gekeken naar een verdere specificatie.

In hoofdlijnen is een FMECA als volgt opgebouwd:

- Decompositie:
 - Fysieke₉ en functionele decompositie₁₀ van asset (veelal binnen civiele werkveld uitgevoerd op basis van NEN2767)
 - Prestatie-eisen₅
- Falen: Beschrijving faalgedrag
 - Faalmodus: op welke manier is component gefaald?
 - Potentiële oorzaken: wat zijn de oorzaken van falen?
 - Effecten / gevolgen van falen, lokaal voor asset en voor systeem.
- Risico / kritikaliteit (op basis van risicomatrix van bedrijfswaardenmatrix)
 - Kwantificering kans van optreden, faalfrequentie
 - Kwantificering van de gevolgen / effecten, op basis van kernwaarden of prestatie-eisen
 - Risico = kans x gevolg, kritikaliteit op basis van kans x maximaal gevolg
- Beheersmaatregelen
 - Preventief onderhoud (toestand- of gebruiksfafhankelijk)
 - Correctief onderhoud (storingsafhankelijk)

De kritikaliteit naar een risico wordt in veel gevallen twee maal getoetst, als eerste voor uitvoering van de beheersmaatregelen, vervolgens na uitvoering ervan. Hiermee wordt voor jezelf een eenvoudige toetsing gecreëerd om aan te kunnen geven of de onderhoudsmaatregelen leiden tot het gewenste effect.

De FMECA start, zoals eerder aangegeven op elementniveau, waarbij elk onderdeel van een asset wordt weergegeven, zodat van elk afzonderlijk element een risicoanalyse wordt uitgevoerd. De fysieke decompositie is door North Sea Port aangeleverd en bevat een heldere onderverdeling tussen de verschillende elementniveaus. De fysieke decompositie van de steigers is weergegeven in Bijlage C: Gegevens steigers.

2.2.5 Model: Six stages

De eerdergenoemde assetmanagementstrategie van North Sea Port, kan gezien worden als een afgeleide van het Six stages model. Echter zijn de stappen in hun strategie soms meer gespecificeerd, of al benoemd naar praktische acties, waardoor het model hier ietwat onduidelijk naar voren komt. Hierom wordt dit in deze paragraaf kort behandeld wat de voorgaande stappen zijn geweest voor de uiteenzetting van de strategie.

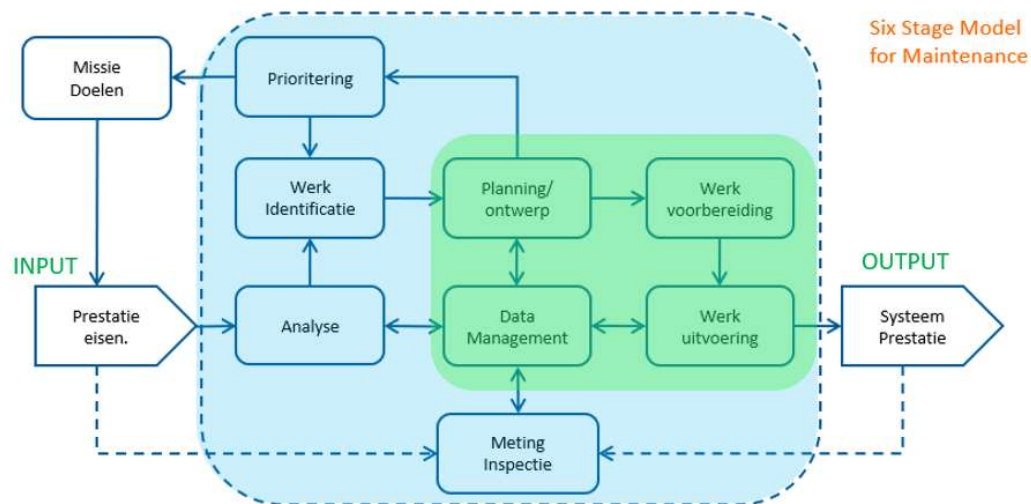
Cyclisch proces van onderhoud: Six stage model

Onderstaand nomogram toont een vereenvoudigd model van het onderhoudsproces met daarin:

- De duiding van het continu doorgaande cyclische proces.
- De 'line of sight' van strategie (missie/visie/kernwaarden/doelen) via tactisch (prestatie-eisen als input/ prioritering) naar operationeel (de onderhoudscyclus).
- De duiding dat databeheer centraal staat in het gehele proces.

De drie cyclische processen:

1. **Cyclisch proces 1:** Plannen en uitvoeren van routinematig onderhoud.
2. **Cyclisch proces 2:** Identificeren, plannen en uitvoeren van onderhoud gericht op verbeteringen binnen de bestaande prestatie-eisen.
3. **Cyclisch proces 3:** Identificeren, plannen en uitvoeren van onderhoud. Gelijk aan cyclus 2, maar met gewijzigde eisen.

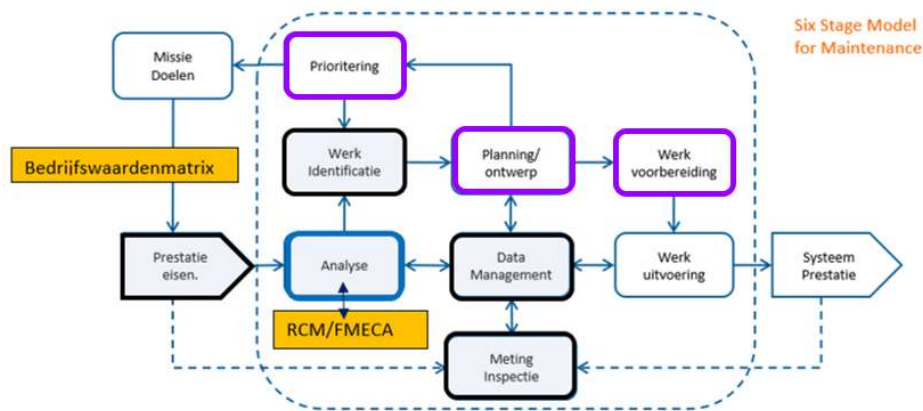


figuur 2.7: Six Stage Model for Maintenance¹⁰

Dit herhalende proces heeft daarom ook een sterke relatie met de eerdergenoemde FMECA. Ook in de FMECA wordt terugkerend geanalyseerd of de beheersmaatregelen (werk uitvoering) tot het gewenste resultaat heeft geleid. De FMECA kan om die reden ook worden meegenomen in de beschouwing van het Six Stages model. Een verdere uiteenzetting van het model staat beschreven in Bijlage A: Extra toelichting assetmanagement.

¹⁰ (Schoenmaker, 2011)

Wat in een FMECA minder naar voren komt, ten opzichte van het Six stages model, is de plannen en prioriteren van een lange termijn onderhoudsplan. Plannen en prioriteren van elementen wordt in de FMECA nog niet beschouwd als tussenstap, aangezien de beschouwde elementen nog afzonderlijk worden beschouwd. Door een planning en een prioritering toe te passen middels het RCM, kan de analyse van de risico's verder worden uitgewerkt naar een meerjarenplan.



figuur 2.8: Six Stage Model for Maintenance¹¹ met bijgevoegd: bedrijfswaardenmatrix en RCM en FMECA

Zoals in de figuur hierboven ook te zien is, is ook de bedrijfswaardenmatrix geïmplementeerd in het model. Hiermee wordt gewaarborgd dat de doelen van North Sea Port gewaarborgd blijven in de risicoanalyse. Binnen dit model kan ook de vertaalslag worden gemaakt met de drie van devier eerdergenoemde hoofdvragen uit het basisprincipe van assetmanagement: Wat?, Hoe?, Doen we dat?

Wat? -> bedrijfswaardenmatrix
Hoe? -> Analyse doormiddel van:

- Prestatie-eisen
- Werkidentificatie
- Datamanagement
- Meting inspectie

Doen we dat? -> Prioritering & Missie / Doelen



figuur 2.9: Specificatie assetmanagementstrategie North Sea Port¹²

Figuur 2.14 geeft een deel weer van de assetmanagementstrategie van North Sea Port, en ook hierin komt duidelijk de vraag naar voren om een methodiek te ontwerpen voor het onderhouden van het areaal op basis van maatregelen die voortkomen uit een onderhoudsplan gestuurd door inspecties en data. De FMECA biedt hier een duidelijke mogelijkheid tot, aangezien hierbij continu een vergelijkbaar cyclisch proces wordt aangedreven. Hieruit biedt dit de mogelijkheid om een risicogestuurd onderhoudsplan te ontwerpen, dan wel een aanzet hiertoe te maken.

¹¹ (Schoenmaker, 2011)

¹² (North Sea Port)

2.3 Variantenstudie

Welke varianten aan onderhoudsmaatregelen zijn er mogelijk ten aanzien van een kritische faalvorm?

Beschrijving faalvorm

Een kritische faalvorm die voorkomt uit de risicoanalyse is staalcorrosie van de bovenbouw van de steiger. Dit wordt veroorzaakt door het zoute milieu rond de Westerschelde, waardoor er relatief snelle roestvorming optreedt. Corrosie is een gevolg op nagenoeg alle stalen elementen, maar om de studie overzichtelijk en gespecificeerd te houden, wordt enkel gekeken naar preventieve onderhoudsmaatregelen op de kritische elementen die betrekking hebben op de directe veiligheid van mensen op de steiger. Voor de analyse zullen drenkelingladders worden beschouwd, aangezien hier een hoog belang aan gekoppeld is qua veiligheid die gewaarborgd moet blijven.

Door corrosie slijt het materiaal, in deze situatie staal, waardoor elementen kunnen afbreken. Dit is een ongewenst risico, aangezien dit leidt tot een gevaarlijke situatie. Een andere reden om deze faalvorm te beschouwen in deze variantenstudie is de werking van de oorzaak, deze is namelijk bijna niet tegen te gaan, enkel te verminderen. Hierdoor word je ook genoodzaakt om preventieve onderhoudsmaatregelen uit te voeren. Wanneer dit namelijk niet gedaan wordt, kan er geen garantie worden gegeven op de sterkte van het element.

Voor de casus zullen de drenkelingladders worden beschouwd van de steiger die uit de risicoklassificering als hoogste naar boven komt. Hier is voor gekozen, omdat dit hiermee de kritikaliteit van het onderzoek versterkt, doordat de noodzaak hoger is om adequaat en snel te handelen. Ook zal in de variantenafweging telkens uitgegaan worden van de meest conservatieve of meest ongunstigste impact. Hierdoor wordt voorkomen dat alsnog tegen onvoorziene, meestal duurdere gevolgen wordt opgelopen.

In deze variantenafweging zullen drie alternatieve onderhoudsmaatregelen worden beschouwd:

- Verzinken
- Coaten
- Duplex

Verzinken

De eerste mogelijkheid die leidt tot de levensduurverlening van een stalen element is het toepassen van kathodische bescherming¹³ in de vorm van thermisch verzinken. Hierbij wordt het element ondergedompeld in een bad van vloeibaar zink. De levensduur van het element kan, bij een hoge laagdikte, oplopen tot wel 50 jaar. Uit de praktijk blijkt dat dit echter maar rond de 30 jaar is. Voordelen van deze onderhoudsmaatregelen zijn onder meer dat er geen onderroest plaats kan vinden, de lagen optimaal hechten aan het staal en dat er voor lange tijd geen onderhoud uitgevoerd hoeft te worden aan de beschermde elementen. Voor verzinken mag uitgegaan worden van €125 / 100 kg. Echter, vanwege de grote hoeveelheden en lange lengtes van de elementen, wordt gerekend met €175 / 100 kg.¹³

Coaten

In de huidige situatie wordt coaten toegepast om het element te beschermen tegen roestvorming. Bij coaten wordt het element, met vaak meerdere lagen, geschilderd om de zuurstof en het water af te stoten. Hierdoor wordt voorkomen dat roestvorming plaats kan vinden. Voordelen van coaten zijn dat het een relatief snelle ingreep is, waarbij het element maar voor korte duur buiten werking is. Echter is coaten wel een ingreep die vaak opnieuw toegepast moet worden, omdat de verflagen maar voor korte duur het optimale rendement halen als bescherm laag. Meerdere inspecties en herhalend onderhoud zijn hier negatieve effecten van. De levensduurverlenging van coaten, wanneer dit volgens de omschrijving vaak genoeg toegepast blijft worden, is 15 jaar. Voor coaten mag een prijs aangehouden worden van €10 / m².¹⁴

Duplex

De derde mogelijkheid die leidt tot de levensduurverlening van een stalen element is het toepassen van kathodische bescherming in de vorm van thermisch verzinken en coaten. Dit is een rigoureuze ingreep waarbij dus meerdere onderhoudsmethodieken worden toegepast, maar wel leiden tot een extreme verlenging van de levensduur. Dit kan theoretisch wel 2,5x groter zijn dan de combinatie van coaten en verzinken afzonderlijk. Dus is totaal theoretisch: $2,5 \times (30 + 15) = 90$ jaar. Aangezien dit een vrij nieuw en nog onbekende onderhoudsmethode is, wordt voor dit onderzoek echter uitgegaan van een levensduurverlenging van 60 jaar. De kosten voor verzinken via het duplex systeem is volgens dezelfde prijs: €175 / 100 kg. Het coaten daarentegen wordt duurder geschat dan in het origineel, namelijk €15 / m². Dit is voornamelijk omdat er een garantie wordt gegeven dat er vervolgens geen onderhoud meer hoeft worden uitgevoerd, enkel inspecties om de kwaliteit van het staal te toetsen.

¹⁵

¹³ (Verzinkerij Rijen BV, sd)

¹⁴ (Rotocoat, sd)

¹⁵ (Rotocoat, sd)

3. Methodologie

In de methodologie staat beschreven op welke methodologische wijze de deelvragen worden beantwoord. Vervolgens wordt dieper ingegaan op de specifieke stappenplannen om tot een uitwerking te komen van achtereenvolgens: de bedrijfswaardenmatrix, de risicoklassificering, het risicogestuurde onderhoudsproces en de variantenstudie.

3.1 Methodiek beantwoording deelvragen

Hoe ziet de methodiek voor het uitvoeren van het onderzoek eruit?

Dit onderzoeksrapport draagt een aanbevelende rol om het assetmanagementteam van North Sea Port te assisteren. De resultaten, conclusies en aanbevelingen zullen uitsluitend voor North Sea Port gebruikt mogen worden om hun assetmanagementsysteem te complementeren of verbeteren. Hieronder zal elke deelvraag uitgezet worden in een onderhoudsmethodiek en hoe het resultaat zal bijdragen aan het beantwoorden van de hoofdvraag.

Deelvraag 1: Scope North Sea Port

Hoe ziet de scope van het areaal aan steigers van North Sea Port eruit?

De eerste stap in het onderzoeksproces is het afbakenen van het onderzoek. Hierin spelen de aan te kunnen leveren gegevens, middelen en wensen van North Sea Port een belangrijke rol. Middels formele gespreksvoeringen, die als bijlage zijn bijgevoegd, is vastgesteld welk doel het onderzoek moet hebben en welke gegevens vanuit het bedrijf toereikend zijn om deze te bewerkstelligen. De conclusie die hieruit kan worden getrokken is welke steigers er in beschouwing worden genomen in het onderzoek en welke meetbare criteria potentieel kunnen worden vertaald voor een risicoklassificering middels een quickscan.

Deelvraag 2: Theoretisch model assetmanagement

Hoe ziet het theoretisch model voor uitvoeren van assetmanagement eruit?

De sterkste theoretische koppeling die in dit onderzoek wordt gemaakt, is die met assetmanagement. Door de grote verscheidenheid aan praktische vertaling hiervan, wordt er in het theoretisch model van assetmanagement mede gestuurd op de wens van North Sea Port. Hiermee wordt voorkomen dat veel tijd wordt gestoken in theoretische beschouwingen die niet toereikend zijn voor het onderzoek. Door literatuuronderzoek wordt een beschouwing gegeven van verschillende elementen rond assetmanagement die assisteren bij de vertaalslag naar een praktische uitvoering om aan te bevelen aan North Sea Port.

Deelvraag 3: Praktische toepassing North Sea Port

Hoe wordt het huidige assetmanagement van North Sea Port gecoördineerd?

Er is gekozen om deelvraag 2 en 3 te combineren in het theoretisch kader, om de leesbaarheid te versterken waar mogelijk. De praktische toepassing uit de huidige situatie van North Sea Port, wordt meegenomen in de beschouwing van het toe te passen theoretisch model rond assetmanagement. Dit wordt voornamelijk gedaan door inzichten vanuit interviews en documentatieverslagen te vertalen naar of te koppelen aan theoretische opvattingen rond assetmanagement. De gevolgtrekking hieruit zal vormgegeven worden middels een uitgebreide beschrijving van praktisch toepasbare modellen en de input vanuit North Sea Port. In sommige gevallen gaat het hierbij om principes die al zijn toegepast binnen hun assetmanagementstrategie of aspecten die in dit onderzoek worden gebruikt om een praktisch model vorm te kunnen geven in dit onderzoek.

Deelvraag 4: Model rangschikken

Welke mogelijkheid is er voor het rangschikken van de steigers van North Sea Port?

Om tot een geschikt model te komen, zijn interviews met medewerkers van North Sea Port gehouden voor de validiteit van de methode. Hierin wordt een beschrijving gegeven van de te beoordelen criteria en op welke wijze dit zal resulteren in een representatieve risicoklassificering voor de steigers van North Sea Port.

Deelvraag 5: Model variantenstudie

Welke varianten aan onderhoudsmaatregelen zijn er mogelijk ten aanzien van een kritische faalvorm?

De variantenstudie wordt gevormd tijdens het laatste deel van het onderzoek, doordat deze wordt beïnvloed door de uitkomst van de risicoanalyse van de voorbeeldcase. De varianten die zijn beschreven, komen voort uit een literatuurstudie en praktische ervaring van North Sea Port.

Deelvraag 6: Methodiek onderzoek

Hoe ziet de methodiek voor het uitvoeren van het onderzoek eruit?

Beantwoording deelvraag 1 t/m 3 + 5 t/m 12

Deelvraag 7: Stappenplan bedrijfswaardenmatrix

Hoe ziet het stappenplan voor het specificeren van de bedrijfswaardenmatrix van North Sea Port eruit?

Om tot een stappenplan te komen in de vorm van een flowchart, zijn interviews gehouden met North Sea Port voor de praktische gewenste invulling, en met de begeleider van de Hogeschool Zeeland voor de theoretische hulp en uiteenzetting ervan. Dit leidt tot een goed uitvoerbaar stappenplan dat hiermee niet alleen een duidelijke praktische toetsing oplevert, maar ook een vertaling geeft vanuit de theoretische beschouwing van de bedrijfswaardenmatrix uit het theoretisch kader.

Deelvraag 8: Stappenplan rangschikken steiger

Hoe ziet het stappenplan voor het rangschikken van de steigers van North Sea Port eruit?

Voor de afbakening van het onderzoek is de nuance voor de beantwoorden van deze deelvraag van belang. Er wordt geen onderzoek gedaan naar de beste methodiek of stappenplan, maar er wordt een manier beschouwd om het proces te versnellen. De voornaamste rede hiervoor is dat de uitkomst van dit onderdeel niet van cruciaal belang is voor het onderzoek. Dat wil zeggen: de steiger die het hoogste uit de beoordeling komt, biedt in principe altijd genoeg mogelijkheden om een verdere beschouwingen middels een risicoanalyse door te voeren. De risicoklassificering wordt gedaan middels analyses van de beschikbare informatie en gegevens over het areaal en hoe deze kunnen worden getoetst op gevolg en kans van optreden. De uitkomst hiervan is een reproduceerbare methode om de steigers van North Sea Port te rangschikken.

Deelvraag 9: Stappenplan onderhoudsproces

Hoe ziet het stappenplan voor een risicogestuurd onderhoudsproces van een steiger van North Sea Port met een hoge risicoklasse eruit?

In de methodiek staat voornamelijk de uiteenzetting en afbakening van het onderzoek centraal. De methodiek van het onderzoek wordt vormgegeven middels een flowchart, waarbij de deelvragen zijn vertaald naar puntsgewijze stappen. Het stappenplan is opgezet in samenspraak met en wordt gewaarborgd door de coördinatoren van het bedrijf North Sea Port en de educatieve ondersteuning vanuit de Hogeschool Zeeland. Hiermee worden in het stappenplan zowel de wensen van de opdrachtgever, de onderwijzend beoordelaar en de auteur gewaarborgd.

Deelvraag 10: Stappenplan variantenafweging

Hoe ziet het stappenplan voor de variantenafweging van onderhoudsmaatregelen ten aanzien van een kritische faalvorm eruit?

Een licht gewijzigd principe rond de variantenstudie wordt gehanteerd ten opzichte van de gebruikelijke methode vanuit de onderwijsinstelling. Opnieuw vanuit formele gespreksvoering is bepaald dat een omvangrijke variantenstudie binnen assetmanagementmodellen niet bevorderlijk is voor het onderzoek. Dit is vanwege de te geringe verschillen in globaal opzicht tussen de theoretische beschouwingen van assetmanagement en de wens van de opdrachtgever en auteur. Hierom is gekozen om een variantenstudie op te nemen in een later deel van het onderzoek, waardoor het meer concreet en praktisch toepasbaar wordt. Daarmee kan de uitkomst ervan beter worden meegenomen in de aanbeveling voor North Sea Port.

Deelvraag 11: Uitwerking bedrijfswaardenmatrix

Hoe ziet de uitwerking van het stappenplan voor het specificeren van de bedrijfswaardenmatrix voor de steigers van North Sea Port eruit?

De uitwerking van de bedrijfswaardenmatrix is een uitvoering van het eerdergenoemde stappenplan (vraag 7) middels de theoretische en praktische beschouwing (vraag 2 en 3).

Deelvraag 12: Uitwerking rangschikken steigers

Hoe ziet de uitwerking van het stappenplan voor het rangschikken van de steigers van North Sea Port eruit?

De uitwerking van de rangschikking is een uitvoering van het eerdergenoemde stappenplan (vraag 8) middels het model (vraag 4).

Deelvraag 13: Uitwerking onderhoudsproces

Hoe ziet de uitwerking van het stappenplan voor een risicogestuurd onderhoudsproces van een steiger van North Sea Port met een hoge risicoklasse eruit?

De uitwerking van het onderhoudsproces is een uitvoering van het eerdergenoemde stappenplan (vraag 9) middels de theoretische en praktische beschouwing (vraag 2 en 3).

Deelvraag 14: Uitwerking variantenstudie

Hoe ziet de uitwerking van het stappenplan voor de variantenstudie van onderhoudsmaatregelen ten aanzien van een kritische faalvorm eruit?

De uitwerking van de bedrijfswaardenmatrix is een uitvoering van het eerdergenoemde stappenplan (vraag 10) middels de theoretische en praktische beschouwing (vraag 5).

Onderzoeksinstrumenten

Hieronder staan de bronnen vermeld die gebruikt zijn voor de totstandkoming van dit onderzoek:

- Onderzoeker
 - Auteur voor analyse van beschikbare gegevens en implementeerbaarheid
- EAMS
 - Digitaal systeem voor assetbeheersing North Sea Port

3.2 Stappenplan: specificeren bedrijfswaardenmatrix

Hoe ziet het stappenplan voor het specificeren van de bedrijfswaardenmatrix van North Sea Port eruit?

Vanuit North Sea Port is de wens uitgesproken om de bestaande bedrijfswaardenmatrix te beschouwen die opgesteld is naar aanleiding van de risicoanalyse van de kademuren. Deze bevat al grotendeels de elementen de assetmanagementstrategie, echter wordt het noodzakelijk geacht om deze te finetunen voor de steigers voordat een goede risicoanalyse kan worden uitgevoerd. Hierbij zal allereerst een beschouwing worden gedaan van de bestaande theorie rond bedrijfswaardenmatrices, zoals bestempeld in het theoretisch kader. Hierbij zal meteen de vertaalslag worden gemaakt naar de bedrijfswaardenmatrix van de kademuren zoals deze is aangeleverd door North Sea Port. Hieruit volgt een analyse van aspecten die ontbreken, onvoldoende geprioriteerd zijn of wijzigingen binnen de acceptatiegrenzen waar het nodig dient te zijn. Vooral dit laatste aspect is van significant belang, omdat de kernwaarden en bijbehorende grensstellingen binnen de risico's, in goede overeenstemming met North Sea Port moeten worden goedgekeurd. Met deze criteria wordt namelijk een groot deel van de verdere uitvoering van het onderzoek mee doorgezet. De laatste stap is het definiëren van de aangepaste bedrijfswaardenmatrix, waar belangrijke aspecten zijn gespecificeerd voor de steigers van dit onderzoek.



figuur 3.1: Stappenplan bedrijfswaardenmatrix

3.3 Stappenplan: rangschikken steigers

Hoe ziet het stappenplan voor het rangschikken van de steigers van North Sea Port eruit?

3.3.1 Stappenplan

Als eerste stap wordt een vereenvoudigde beschouwing gemaakt van het areaal aan steigers en de beschikbare gegevens die toereikend zijn. De in de vorige paragraaf genoemde kernwaarden, gerelateerd aan de bedrijfswaardenmatrix, worden als ijkpunt gebruikt en vertaald naar relatief eenvoudig meetbare of waarneembare criteria. Ook met hierbij het doel om geen nadruk te leggen op een onderdeel van het onderzoek waarbij de uitkomst minder relevant is. Het model, waarbij de theoretische basis van 'risico' wordt gehanteerd, zal vormgegeven worden en vervolgens ingevuld, waarna de werking ervan wordt getoetst. Dit laatste gebeurt doormiddel van een kleine beschouwing tussen assetmanagers van North Sea Port, met als hamvraag of de uitkomst overeenkomt met de gevoelswijze hoe gedacht wordt over de prioritering van het areaal. Als dit akkoord wordt bevonden, is de laatste stap vervolgens om de steiger die bovenaan de risicoklassificering wordt gesteld, verder te onderzoeken en te ontleden om een verdere risicoanalyse op los te laten.



figuur 3.2: Stappenplan risicoklassificering

3.3.2 Methode rangschikken

Welke mogelijkheid is er voor het rangschikken van de steigers van North Sea Port?

Om een snelle analyse uit te kunnen voeren op het areaal aan steigers van North Sea Port, is het van belang om de steigers te rangschikken. In samenspraak met North Sea Port is gekozen om dit te doen door een risicoklassificering te maken, waarbij gekeken wordt naar het risico dat potentieel op kan treden, wanneer een steiger ondervonden wordt aan faaloorzaken. Hierbij wordt nog geen analyse uitgevoerd met betrekking tot de faalwijzen, maar enkel tot het opzichzelfstaand belang van een steiger. Daarom wordt hierin ook niet meegenomen wat voor type schepen er afmeren en wat voor soorten overslag er plaatsvindt. Dit heeft voor het doel van het onderzoek geen significante meerwaarde, waardoor dit enkel tot overbodige informatieverstopping zou leiden voor het doel van het onderzoek.

Er zal hierom een quickscan worden uitgevoerd als vooronderzoek om de globale eigenschappen en kenmerken in beeld te krijgen van de steigers. De klassificering van de steigers wordt gedaan middels de analyse van de gegevens zoals vermeld in vorige paragraaf. Uit de analyse volgt een steiger met een hoog risicoprofiel, die verder beschouwd wordt in het onderzoek. Dit wordt gedaan omdat er vanuit gegaan wordt dat deze steiger het meest geschikt is om een verdere analyse op los te laten, dan wordt er wel gekeken naar de faalwijzen die impact hebben op de steiger.

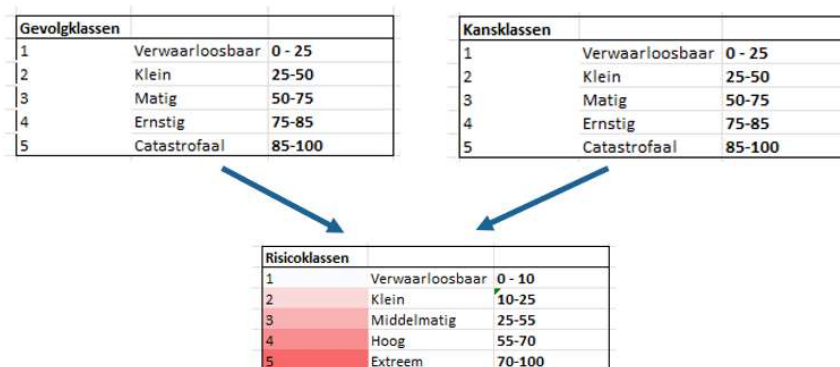
Klassen

De steigers van North Sea Port worden ingedeeld in risicoklassen, dit is een combinatie van de klassificering voor gevolgen en kans van optreden. Deze twee gecombineerd (risico = kans x gevolg) geeft een volledig en gedetailleerd beeld van het algemene risico wat plaats kan vinden bij elk van de verschillende steigers. Beiden kunnen een relatief grote impact hebben op het risico, waardoor het van belang is om beide aspecten te analyseren bij een totale prioritering binnen het areaal aan steigers van North Sea Port.

Er worden punten toegekend (1 bij een laag effect op gevolg of kans van optreden, tot en met 5 bij een hoog effect op gevolg of kans van optreden) voor verschillende criteria binnen gevolg en kans. Elk criterium heeft een specifieke, relatieve waarde, om het belang ervan te benadrukken. De relatieve waarde wordt omgezet in een factor op basis het percentage van de waarde '20'. Zodat, in het uiterste geval, een maximum score bereikt kan worden van:

$$5 \text{ (punten)} \times 20 \text{ (sommatie factoren)} = 100$$

Hierdoor voorkom je moeilijk te analyseren decimale waardes en komen de uitkomsten absoluut gezien meer uit elkaar te liggen, wat een kleurenschaal een meer betrouwbaar middel maakt om conclusie te trekken uit het resultaat.



figuur 3.3: puntenindeling klassen

De intervallen voor de categorieën in de risicoklassen zijn bepaald op basis van de grensgevallen van het product van gevolg x kans. Bijvoorbeeld: als een steiger 75 punten zou behalen voor zowel gevolg als kans, belandt deze in: $75 \times 75 / 100 \approx 55$ (categorie: Hoog) Op deze wijze zijn alle intervallen van de risicoklassificering bepaald.

De vijf categorieën waar een steiger in kan worden geplaatst binnen gevolg of kans, hebben een gelijk interval. Behalve de hoogste klasse, catastrofaal, aangezien dit wordt beschouwd als een extreem geval wat in een verdere uitwerking specifiek beschouwd moet worden. In de risicoklassificering is de benaming gedeeltelijk veranderd van de klassen om én het begrip handzamer te maken en minder snel verwarring te creëren tussen risico- en gevolg- / kansklassen.

De hieronder weergegeven criteria die gesteld worden aan de steigers komen voort uit de kernwaarden in de bedrijfswaardenmatrix van North Sea Port. Hier wordt in de volgende deelparagraaf dieper op ingegaan. Voor een verdere toelichting van de criteria, de gekoppelde scores en een verklaring voor de relatieve waardes, kan Bijlage D: Toelichting criteria quickscan worden geraadpleegd.

Criteria (gevolg)		Waarde	Criteria (kans)	Waarde
Functie & Gebruik		40%	Conditie	60%
Diepgang		30%	Bouwjaar	40%
Lengte		20%		
Bolderafstand	Walverbinding	10%		
Fenderafstand	Locatie			
Paalafstand				

figuur 3.4: Criteria steigers North Sea Port met relatieve waardes

Criteria: gevolg

De eerste drie criteria op basis van gevolg, zijn meetbare waardes die altijd aanwezig zijn, waardoor een score kan worden toegekend die representatief is voor het hoge gevolg dat kan optreden bij deze steiger. Hieronder staat beschreven wat elk criterium inhoudt.

Functie – Gebruik

Als eerste criterium wat wordt gesteld voor de risicoklassificering is de functie van de steiger. Wanneer een steiger voor ingrijpende activiteiten voor belangrijke stakeholders wordt gebruikt, is het gevolg aanzienlijk groter dan wanneer het om een steiger gaat waar weinig activiteiten op plaatsvinden. Dit is opgesplitst in twee aspecten die dit gevolg initiëren: hoe vaak is de steiger in gebruik, en waarvoor wordt deze gebruikt. Deze tijdsindicatie en de mate van intensiteit geven een belangrijk beeld van de prioriteit van een steiger.

Diepgang

Ook wordt een criteria gesteld op basis van de diepgang waar de steiger voor is ontworpen. Dit is een belangrijke eis, voornamelijk door de wens van de gebruikers van de steigers. De ontwikkeling van de scheepvaart resulteert erin dat er een steeds hoger wordende eis wordt gesteld aan de diepgang. Maar wanneer de diepgang groter wordt, zal de activiteit intenser worden, waardoor faalmechanismen vaker en heviger kunnen voorkomen.

Lengte

De derde eenvoudig te analyseren eis die kan worden gesteld om het gevolg te bepalen van een aanlegsteiger is de lengte ervan. Om discussie uit de weg te gaan, wordt 'lengte' gespecificeerd als: 'lengte van de totale afmeervoorziening'. Hiermee wordt voorkomen dat steigers bestaande uit afmeerpalen in een te lage categorie zouden vallen. Dit is essentieel, omdat wanneer het om grote steigers gaat, de kans op faalmechanismen⁴ groter wordt en het zal meer economische gevolgen hebben wanneer er onderhoud moet worden uitgevoerd.

Combinatie

Bolderafstand

Wanneer er (extra) bolders gemonteerd zitten op een steigerconstructie, impliceert dit dat er extra hoge krachten moeten kunnen worden opgenomen door hevige effecten. Dit kan komen door de zware scheepvaart die gebruik maakt van de steiger, of door bijvoorbeeld weersomstandigheden die een negatief effect veroorzaken op de dynamische weerbaarheid van de steiger zelf. Door bolders wordt voorkomen dat de belasting zwaar drukt op de rest van de constructie.

Fendersafstand

Voor fenders geldt dezelfde benadrukking als bij bolders, door fenders toe te passen, wordt geïndiceerd dat er hevige krachten werken op de constructie. Hierom wordt dit meegenomen in de gevolganalyse voor het totale areaal aan steigers.

Paalafstand

Een grote hoeveelheid palen (dan wel om aan te meren, dan wel voor de stabiliteit van de constructie) geeft aan dat de impact op dit asset van een aanzienlijk niveau is. Hierdoor zorgt een groot aantal palen ervoor dat de krachten die er potentieel op kunnen treden, vanuit constructief oogpunt goed opgenomen kunnen worden.

Walverbinding

Een aspect dat niet snel betrekking heeft op een faalmechanisme van de steiger zelf, maar wel op de gebruiksvriendelijkheid van de steiger, is een verbinding naar de wal. Dit wordt gezien als een klein element waar een steiger aan kan voldoen, aangezien het niet altijd een vereiste is. Toch wordt het in deze beschouwing opgenomen als een detail binnen de gevolklassificering, omdat wanneer een walverbinding het begeeft, een redelijk aantal kernwaarden in de bedrijfswaardenmatrix niet meer optimaal behaald kunnen worden.

Locatie

De locatie van een steiger is op zichzelf geen aspect waardoor directe gevolgen een grote impact hebben, echter vanwege één belangrijk criterium wordt deze wel meegenomen in de gevolklassificering. Een steiger wordt namelijk sterk beïnvloed door de stroming die wel of niet aanwezig is en of dit daarmee zal leiden tot een hevige impact vanuit erosie van de ondergrond. De locatie speelt hierbij een belangrijke factor, voornamelijk of het een zeehaven betreft of één buiten de werking van eb en vloed.

Criteria: kans

De eerste klassificering zal gebaseerd zijn op criteria met betrekking tot gevolgen. Wanneer blijkt dat teveel steigers in dezelfde categorie uitkomen, kan de analyse uitgebreid worden met criteria op basis van kans. De kans van optreden stijgt door twee belangrijke elementen: bouwjaar van het asset en de conditie ervan. Bouwjaar is een aspect wat discutabel interpreteerbaar is, aangezien het object ondanks een lange levensloop, wel goed onderhouden kan zijn. Hierom is het ook van belang dat wanneer naar het bouwjaar gekeken wordt, dit altijd gepaard moet zijn met de huidige conditie van het asset.

Bouwjaar

De leeftijd van een steiger heeft een grote impact op het risico wanneer bepaalde faalmechanismen zouden optreden, tenzij deze goed onderhouden is. Hiermee hoeft de ouderdom niet per se een hele negatieve impact te hebben op de conditie van de steiger. Wel toont het bouwjaar vaak aan dat de steiger ontworpen is voor een situatie die nu niet meer van toepassing is. Dan gaat het hierbij om gebruik, bouwwijze en in detail kan ingegaan worden op materiaaleigenschappen. In dit onderzoek wordt dit buiten beschouwing gelaten, omdat het gaat om een snelle analyse.

Conditie

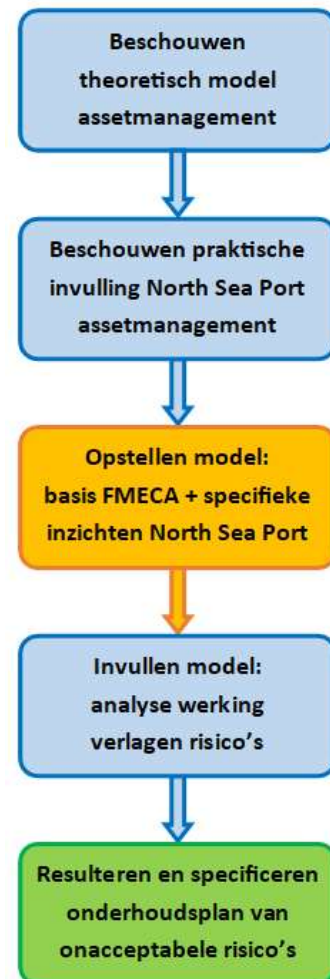
De conditie is ook een aspect binnen de risicoklassificering dat niet mag worden benaderd als gevolg, maar als kans. De kans stijgt namelijk bij een slecht onderhouden asset, maar een gevolg maakt het dat een groot risico ontstaat. Zonder in dit onderzoek dieper in te gaan op de impact van een goede of mindere conditie, wordt dit net als het bouwjaar, meegenomen in de risicoklassificering om de steigers te rangschikken.

3.4 Stappenplan: onderhoudsproces

Hoe ziet het stappenplan voor een risicogestuurd onderhoudsproces van een steiger van North Sea Port met een hoge risicoklasse eruit?

Als eerste wordt het theoretisch kader beschouwd als gedeeltelijke input voor het onderzoek. Dit is voornamelijk de ontwikkeling van het theoretisch model rond assetmanagement en een beschouwing van het areaal aan steigers met bijbehorende onderhoudsprincipes. Hierna volgt, zoals aangegeven, het specificeren van de bedrijfswaardenmatrix om hierna te kunnen toepassen binnen de gevolgklassificering van de aanlegsteigers. Als vervolgstap volgt het risicogestuurd rangschikken van de steigers in gevolgklassen. Hieruit volgt één variant met een hoog risico, die expliciet zal worden toegelicht op basis van verschillende (faal)kenmerken. Hieruit resulteert een uitgewerkte FMECA, waarna van één kritische faalvorm een variantenstudie zal worden uitgevoerd. De afweging zal betrekking hebben op een vergelijking van enkele LCC's₁₈ van onderhoudsmaatregelen. De methode voor de variantenstudie zal in de volgende paragraaf worden toegelicht. Tot slot zal de FMECA worden vertaald naar een lange termijn onderhoudsplan voor deze specifieke steiger.

In het hieronder getoonde schema is het stappenplan weergegeven om tot een risicogestuurde analyse te komen van één type steiger binnen het areaal van North Sea Port. Een belangrijke stap is de keuze voor één variant binnen het areaal. Om het onderzoek te specificeren en diep in te gaan op de theorie en praktische uitvoering van een FMECA, zal er gekozen worden om één steiger verder uit te lichten. Hierdoor wordt voorkomen dat er te globaal gekeken blijft worden naar verschillende onderhoudsmaatregelen, zonder dat hier een concrete analyse op losgelaten wordt.



figuur 3.5: Stappenplan onderhoudsproces

3.5 Stappenplan: variantenstudie

Hoe ziet het stappenplan voor de variantenstudie van onderhoudsmaatregelen ten aanzien van een kritische faalvorm eruit?

3.5.1 Stappenplan

Tijdens het onderzoek is een variantenstudie uitgevoerd van meerdere maatregelen voor preventief of correctief onderhoud. Dit is gedaan om twee redenen, als eerste voor het aantonen van één van de persoonlijke competenties voor het bijbehorende portfolio. Als tweede vanwege de inhoudelijke component om de faalanalyse zo gedetailleerd mogelijk te benaderen middels een variantenafweging van LCC's (Life Cycle Costs)¹⁸. Voor één steiger met een hoge gevolgklasse is een faalanalyse uitgevoerd waar verschillende kritische faalvormen bij naar voren komen. Eén van deze faalvormen wordt verder beschouwd ten aanzien van de varianten aan onderhoudsmaatregelen die toegepast kunnen worden voor het verminderen of voorkomen van de oorzaak.

De varianten worden getoetst op twee punten om de efficiëntie in kaart te brengen. Allereerst zal een vereenvoudigde LCC van elke maatregel worden vormgegeven, waarna ook de haalbaarheid wordt getoetst. Dit wordt gedaan middels een simplificatie van een toetsing op de kernwaarden van North Sea Port. Met andere woorden: Hoeveel impact heeft een maatregel op de belangen waar North Sea Port waarde aan hecht. De uitkomsten van de analyse van de LCC's en haalbaarheid is verwerkt in het uiteindelijke onderhoudsadvies met betrekking tot de geformuleerde faalvorm.



figuur 3.6: Stappenplan variantenstudie

3.5.2 Variantenstudie

MCA

Om de drie varianten te toetsen, wordt een Multi – Criteria – Analyse (MCA) toegepast, waarbij het mogelijk is om meerdere varianten te toetsen op basis van een aantal geformuleerde criteria. De criteria komen voort uit de kernwaarden van de bedrijfswaardenmatrix van North Sea Port.

- Directe technische kosten: LCC – analyse
- Milieu: Schade bij aanbrengen of verwijderen van systeem
- Bereikbaarheid & Beschikbaarheid: Indicatie van buitenwerking liggen van het asset

Directe technische kosten

Een vernieuwde onderhoudsmethodiek kiezen en uitvoeren is een gewaagde poging, aangezien het discutabel is hoe de daadwerkelijke reactie van de omgeving gaat zijn op de uitvoering. Kosten spelen hierin een belangrijke rol, voornamelijk vanwege de waarborging die moet worden gegeven aan de directie als het gaat om het toepassen van risicobeheersing. Directe technische kosten kunnen middels een LCC duidelijk in beeld worden gebracht, juist voor lange termijn onderhoudsplannen waar de uitkomst deel van uitmaakt. Omdat de kosten voor deze variant beter in kaart kunnen worden gebracht vanuit de beschikbare bronnen, wordt er een zwaardere weging gegeven aan dit criterium. Deze wordt gesteld op 50%

Milieu

Onderhoudsmethodes waarbij stoffen worden aangebracht of moeten worden verwijderd van elementen, zogen vaak voor milieuvervuiling. Hierom is het van belang om goed na te gaan of de varianten voor onderhoud aan kritische elementen niet te schadelijk is. Echter in positief opzicht, is het ook van belang om te beschouwen of nieuwe methodieken voor onderhoud zorgen voor een verduurzaming van het proces. Omdat dit criterium moeilijker kan worden beschouwd vanwege het gebrek aan accurate informatie, wordt hier slechts een waardering van 25% aan gekoppeld.

Bereikbaarheid & Beschikbaarheid

Een onderhoudsmethode om cruciale elementen van een asset, is ook nadelig voor de beschikbaarheid ervan. Het kan voorkomen dat een asset lange tijd buiten gebruik is, doordat voor lange duur onderhoudsmaatregelen worden uitgevoerd. Voor de analyse van de drie varianten is het daarom van belang dat dit meegenomen wordt. Ook hierbij gaat het om minder heldere gegevens die beschikbaar zijn van dit criterium, waardoor toepasselijk wordt gekozen voor opnieuw een relatieve waarde van 25%

Scores

Per criterium worden scores uitgedeeld tussen 0 en 1. 1 wordt hierin gegeven aan de variant die het positiefst scoort op een criterium (laagste kosten, minste vervuiling, kortste uitval van asset). De overige twee varianten worden vervolgens gewogen aan de hand van de uitkomst van de slechtst scorende variant in percentages. Na toepassing van de wegingsfactor van het percentage per criterium, biedt het resultaat een overzicht van de uitkomsten van de scores en een winnende variant, met de hoogste cumulatieve score.

Om de relatieve waardes om te zetten in scores, wordt de uitkomst van het eerste criterium vermenigvuldigd met 2, zodat de verhouding 50% : 25% : 25% gelijk is aan 2 : 1 : 1.

Uit de nadere beschouwing bleek dat scores voor 'milieu' en 'bereikbaarheid en beschikbaarheid' onnauwkeurig kunnen worden bepaald aan de hand van de uitkomst van de hoogste variant. Hierom is gekozen om punten

4. Resultaten

In de resultaten zal allereerst worden ingegaan op de herziende bedrijfswaardenmatrix, vervolgens zal toelichting worden gegeven op de uitkomst van de risicoklassificering. Als derde wordt de uitkomst van de risicoanalyse met aanzet tot onderhoudsplanning gepresenteerd, waarna tot slot de uitkomst van de LCC's in de variantenstudie staan getoond.

4.1 Uitwerking: bedrijfswaardenmatrix

Hoe ziet de uitwerking van het stappenplan voor het specificeren van de bedrijfswaardenmatrix voor de steigers van North Sea Port eruit?

Hieronder is de vernieuwde bedrijfswaardenmatrix voor de steigers van North Sea Port getoond.

	Gevolg & effect					
	I	II	III	IV	V	VI
	Financiële claim	Bereikbaarheid & beschikbaarheid	Imago	Mens & veiligheid	Milieu	Directe technische kosten
Verwaarloosbaar	1. < 10 k€	1. Cat. A ≤ 8 uur NB 1. Cat. B ≤ 24 uur NB 1. Cat. C ≤ 3 dagen NB	1. Geen negatieve aandacht in de media	1. Geen letsel	1. Zeer geringe tot geen milieuschade	1. < 10 k€
Klein	2. 10 k€ - 100k€	2. Cat. A ≤ 24 uur NB 2. Cat. B ≤ 3 dagen NB 2. Cat. C ≤ 1 week NB	2. Kortstondige negatieve aandacht in de lokale media	2. Slachtoffers met licht letsel (verzuim < 1 mnd)	2. Schadeherstel binnen 1 maand	2. 10 - 50 k€
Matig	3. 100 k€ - 1 M€	3. Cat. A ≤ 3 dagen NB 3. Cat. B ≤ 1 week NB 3. Cat. C ≤ 2 weken NB	3. Langdurige negatieve aandacht in de lokale media	3. Slachtoffers met zwaarder letsel, (verzuim 1mnd - 1 jr)	3. Schadeherstel tussen 1 - 6 maanden	3. 50 - 100 k€
Ernstig	4. 1 M€ - 5 M€	4. Cat. A ≤ 1 week NB 4. Cat. B ≤ 2 weken NB 4. Cat. C ≤ 1 maand NB	4. Negatieve aandacht in de nationale media	4. Slachtoffers met blijvende invaliditeit	4. Ernstige schade aan het milieu (hersteltijd <1 jaar)	4. 100 - 500 k€
Catastrofaal	5. > 5 M€	5. Cat. A > 1 week NB 5. Cat. B > 2 weken NB 5. Cat. C > 1 maand NB	5. Negatieve aandacht in de internationale media	5. Dodelijke slachtoffers	5. Milieuramp, herstel niet mogelijk	5. > 500 k€

Figuur 4.1: Bedrijfswaardenmatrix steigers (gevolgen)

	Kans van optreden				
	A	B	C	D	E
	Minder dan 1 keer per 1000 jaar	Ongeveer 1 keer per 100 jaar	Ongeveer 1 keer per 10 jaar	Ongeveer 1 keer per jaar	Meer dan 10 keer per jaar
Verwaarloosbaar					
Klein					
Matig					
Ernstig					
Catastrofaal					

Figuur 4.2: Bedrijfswaardenmatrix steigers (kans van optreden)

4.1.1 Wijzigingen

Zoals vermeld, is de bedrijfswaardenmatrix van North Sea Port voor de kademuren gebruikt als concept voor de toepassing binnen de steigers. Hierin zijn enkele wijzigingen aangebracht voor dit onderzoek om de leesbaarheid en toepasbaarheid te versterken voor het vervolg van het onderzoek. Om de matrix duidelijk te presenteren, wordt het gevolgdeel en de kans van optreden hierboven afzonderlijk getoond in plaats van naast elkaar.

Vier kernwaarden zijn beschouwd en akkoord bevonden, zodat hier een verdere risicoanalyse mee kan worden gevormd. Hierbij gaat het om minder eenvoudig meetbare waardes, waar een meer subjectieve beoordeling aan gegeven wordt. Hierdoor kunnen deze acceptatiegrenzen van de kernwaarden minder eenvoudig worden gekalibreerd naar een model specifiek voor steigers. Twee kernwaarden zijn specifiek onderverdeeld om daarmee het latere gebruik te vereenvoudigen. Het gaat hierbij om de kernwaarden: 'bereikbaarheid & beschikbaarheid' en 'directe technische kosten'.

Bereikbaarheid & beschikbaarheid

Voor deze eis is een aparte onderverdeling gemaakt binnen de verschillende klassen. Dit is in eerste instantie gedaan om een groter belang te hechten aan bepaalde assets, aangezien de verschillen hierin expliciet naar voren mogen komen in de bedrijfswaardenmatrix. Ook wordt hiermee gezorgd voor een benadrukking van het onderscheid dat plaats mag vinden binnen de kernwaarde. De wens is uitgesproken om een gelijksoortige onderverdeling te maken voor de steigers, omdat uit de praktijk gebleken is dat dit een goed te hanteren middel is om het risico in kaart te brengen van andere assets.

De onderverdeling van drie categorieën is behouden zoals origineel, echter zijn de intervallen verkleind. Dit heeft te maken met twee factoren, de bezettingsgraad van de steigers in het algemeen en de mogelijke alternatieven die er zijn. De steigers zoals deze nu worden gebruikt door North Sea Port, kennen in totaliteit gezien een hoge bezettingsgraad. Het komt amper voor dat een steiger langer dan drie dagen geen enkel moment wordt gebruikt. Hiermee wordt geïndiceerd dat het van groot belang is dat een steiger continu beschikbaar moet zijn.

Een ander belangrijk aspect om de intervallen van de klassen te verkleinen is het alternatief voor beschikbaarheid. Deze is namelijk significant beperkter dan bij kademuren, waar de matrix eerst voor ontworpen is. Er wordt namelijk 52 kilometer aan kademuur beheerd door North Sea Port, en er zijn in het gunstigste geval slechts drie vergelijkbare steigers in de buurt waar gebruik van kan worden gemaakt met vergelijkbare criteria. Hierom is het noodzakelijk gebleken om de intervallen binnen de onderverdeling van de klassen te verkleinen.

	Bereikbaarheid & beschikbaarheid
	1. Cat. A ≤ 8 uur NB
Verwaarloosbaar	1. Cat. B ≤ 24 uur NB
	1. Cat. C ≤ 3 dagen NB
Klein	2. Cat. A ≤ 24 uur NB
	2. Cat. B ≤ 3 dagen NB
	2. Cat. C ≤ 1 week NB
Matig	3. Cat. A ≤ 3 dagen NB
	3. Cat. B ≤ 1 week NB
	3. Cat. C ≤ 2 weken NB
Ernstig	4. Cat. A ≤ 1 week NB
	4. Cat. B ≤ 2 weken NB
	4. Cat. C ≤ 1 maand NB
Catastrofaal	5. Cat. A > 1 week NB
	5. Cat. B > 2 weken NB
	5. Cat. C > 1 maand NB

Figuur 4.3: Bedrijfswaardenmatrix steigers, bereikbaarheid & beschikbaarheid

De klassen A, B en C zijn onderverdeeld op basis van de puntenindeling in de risicoklassificering uit Bijlage E: Quicksan risicoklassificering met betrekking tot het criterium 'functie & gebruik'. Deze 'eis' geeft namelijk een duidelijk belang aan 'bereikbaarheid & beschikbaarheid' zoals eerder beschreven. De puntentoekenning (1 – 5) is toegepast om de specialistische onderverdeling voor bovengenoemde kernwaarde te maken. Hieronder is de tabel weergegeven voor de uitwerking hiervan.

Punten voor 'Functie & gebruik'	Categorie voor 'Bereikbaarheid en beschikbaarheid'
5	A
3 of 4	B
1 of 2	C

Figuur 4.4: Tabel categorie bereikbaarheid & beschikbaarheid

Directe technische kosten

De kernwaarde 'directe technische kosten' is ook aangepast, zodat deze beter tot zijn recht komt voor de steigers. De belangrijkste aspecten voor deze wijziging zijn de algehele kosten voor het asset en de aanwezige losse elementen.

De maximale kosten die zouden kunnen optreden bij aanlegsteigers, liggen lager dan bij die van kademuren. Dit komt mede doordat bij kademuren de schade (en daarmee de kosten) bij hoge gevolgen extremer is dan bij steigers. Bij een aanvaring heeft dit namelijk consequenties voor een groot deel van de constructie, wat minder eenvoudig hersteld kan worden. Hierom hoeft de bovengrens voor directe kosten bij steigers niet even hoog te liggen als bij kademuren.

Een tweede belangrijke element voor aanpassing van de intervallen, is dat er bij een steiger veel meer losse elementen moeten kunnen worden vervangen, zonder dat hiermee wordt aangeduid dat dit een extreme situatie betreft. Fenders, hekken, bebording en verlichting zijn elementen die relatief snel en goedkoop vervangen kunnen worden, waardoor dit als een verwaarloosbaar risico kan worden gezien. In tegenstelling tot kademuren waarbij het vaak gaat om grotere en duurdere ingrepen om schade te herstellen.

	Directe technische kosten
Verwaarloosbaar	1. < 10 k€
Klein	2. 10 - 50 k€
Matig	3. 50 - 100 k€
Ernstig	4. 100 - 500 k€
Catastrofaal	5. > 500 k€

Figuur 4.5: Bedrijfswaardenmatrix steigers, Directe technische kosten

4.1.2 Waardes schaalverdeling

Om in de latere faalanalyse een waarde te kunnen hechten aan een uitkomst van het risico bij het falen van een kernwaarde, is gekozen om een logaritmische schaalverdeling toe te passen. Dit heeft als voordeel dat extreme waardes ook een extreme situatie kenmerken én dat machten van 10 duidelijk afleesbare metingen weergeven. Zowel voor de categorieën binnen het gevolg van de verschillende kernwaardes, als de waarde voor de kans van optreden, is deze methodiek toegepast. Dit leidt tot de volgende vereenvoudigde bedrijfswaardenmatrix waar de kernwaarden en gevolgen weggelaten zijn:

		Kans van optreden				
		A	B	C	D	E
		Minder dan 1 keer per 1000 jaar	Ongeveer 1 keer per 100 jaar	Ongeveer 1 keer per 10 jaar	Ongeveer 1 keer per jaar	Meer dan 10 keer per jaar
		0,001	0,01	0,1	1	10
1	Verwaarloosbaar	0,001	0,01	0,1	1	10
10	Klein	0,01	0,1	1	10	100
100	Matig	0,1	1	10	100	1000
1000	Ernstig	1	10	100	1000	10000
10000	Catastrofaal	10	100	1000	10000	100000

Figuur 4.6: Bedrijfswaardenmatrix steigers (numeriek)

Aan de gevolgzijde van de matrix is gekozen om de rating te laten beginnen vanaf 1, omdat het geen impact heeft (anders dan een zelfde interpreteerbare numerieke uitkomst) op het verdere gebruik van de matrix. Het voordeel om de categorieën op te laten lopen vanaf 1, is dat al relatief snel een hoge waarde wordt gekoppeld aan extreme gevolgen. Dit geeft, samen met de rode kleur in de matrix, ook voor het gevoel een bepaalde urgentie aan het risico.

Voor de kans van optreden is gekozen om categorie D, 'Ongeveer 1 keer per jaar' een factor 1 te geven. Enkel om de leesbaarheid en het gebruiksgemak van de matrix te vereenvoudigen. Wanneer de kans stijgt, stijgt ook de gecombineerde factor. Omdat deze schaalverdeling is toegepast, is er ook voor gekozen om de werkelijke betekenis op een zelfde wijze op- en af te laten lopen. Zodat dus ook de kans van optreden per stap stijgt of daalt met een factor 10.

4.2 Uitwerking: risicoklassificering

Hoe ziet de uitwerking van het stappenplan voor het rangschikken van de steigers van North Sea Port eruit?

4.2.1 Quicksan

Hieronder is de top 10 weergegeven van de uitkomst van de risicoklassificering in de vorm van een quickscan. De totale matrix, met specificatie van de toegekende scores, is af te lezen in Bijlage E: Quicksan risico.

Locatie	Steiger nr.	Score totaal risico = gevolg x kans	Risicoklasse
Braakmanhaven, Terneuzen	VP0101	58	Risicoklasse 4
Braakmanhaven, Terneuzen	VP0102	58	Risicoklasse 4
Buitenhaven, Vlissingen	VS0102	56	Risicoklasse 4
Buitenhaven, Vlissingen	VS0104	54	Risicoklasse 3
Buitenhaven, Vlissingen	VS0105	53	Risicoklasse 3
Van Cittershaven, Vlissingen - Oost	VS0901	53	Risicoklasse 3
Van Cittershaven, Vlissingen - Oost	VS0902	50	Risicoklasse 3
Mercatordok, Gent	2120-2160_ST01	49	Risicoklasse 3
Quarleshaven, Vlissingen - Oost	VS0604	49	Risicoklasse 3
Quarleshaven, Vlissingen - Oost	VS0605	49	Risicoklasse 3

Figuur 4.7: Risicoklassificering (top 10)

In de afbeelding hierboven is te zien dat de assets binnen de risicoklasse, vrij dicht bij elkaar liggen. Dit heeft als oorzaak dat er een lichte negatieve correlatie is tussen gevolg en kans. In de totale matrix uit de eerder genoemde bijlage is dit scherp te zien. Zoals beschreven in het theoretisch model voor de opzet van de risicoklassen, is nu waar te nemen dat er in de huidige situatie geen steigers vallen in de hoogste klasse (extreem). De situatie kan zich in de toekomst echter voordoen dat steigers met een hoog gevolg, ook een hogere kans op falen kunnen ondervinden. Dit kan veroorzaakt worden door een directe impact van de veroudering van het asset, waardoor automatisch het bouwjaar hoger uitvalt. Ten tweede is er de mogelijkheid dat de conditie van de steiger achteruit gaat door achterstallig onderhoud of onvoldoende informatieverschaffing van de verschillende (constructieve) elementen.

4.2.2 Specificatie steiger Braakmanhaven

Zoals in bovenstaande gevolgmatrix is af te lezen, zijn de twee steigers (VP0101 en VP0102) in de Braakmanhaven twee assets die uitkomen in de hoogste risicoklasse. Dit wil zeggen dat als er gevolgen optreden, dit de meeste impact heeft op deze steigers. De twee steigers zullen in dit rapport beschouwd worden als één asset, dit heeft te maken met de volgende factoren:

- Scores binnen de risicoklassificering zijn identiek
- De twee steigers zijn constructief met elkaar verbonden
- De twee steigers kunnen te samen worden gebruikt door dezelfde klant
- Het verschil in bouwjaar is verwaarloosbaar doordat deze in hetzelfde kans – criterium vallen



Figuur 4.8: Steiger Braakmanhaven, Terneuzen¹⁶

De steiger in de Braakmanhaven is echter niet het asset met de hoogste kans van optreden, door een vrij accuraat bouwjaar en daarmee ook een redelijk goede conditie. Echter door de hoge gevolg-eisen waar de steiger aan moet voldoen, blijkt deze alsnog uit te vallen als asset met het hoogste risico.

De steiger in de Braakmanhaven wordt gebruikt om overslag plaats te laten vinden van olie. De bescherming van materieel/materiaal en vooral personen is hierom ook van een groot belang om de veiligheid te waarborgen. Om deze rede staat 'mens en veiligheid' als kernwaarde aangestipt binnen het beleidsplan van North Sea Port.

De steiger, bestaande dus uit twee aan mekaar verbonden delen uit respectievelijk 2006 en 2012, is constructief opgebouwd uit de volgende elementen:

- Stalen buispalen als fundering
 - Rechtopstaande voor directe afdracht naar de ondergrond
 - Schuin gepositioneerde om de dwarskrachten op te kunnen nemen
- Betonnen liggers in dwarsrichting overspannend over meestal vier palen
- Betonnen dekdelen in langsrichting, uiteinden ondersteunend op de liggers
- Stalen steigerdelen als bereikbaarheid om extra trossen te kunnen vastmaken
- Stalen buispalen rond steiger met fenders en/of afmeervoorziening
 - Geen constructieve verbinding met steiger om afmeerkrachten niet op de totale constructie te laten inwerken

De betonnen dekdelen worden hoofdzakelijk gebruikt om de machinerie die nodig is voor de overslag van olie te kunnen dragen en om zwaarder transport over te kunnen verplaatsen. De stalen steigerdelen zijn enkel bedoeld om als persoon extra assistentie te kunnen verlenen bij het afmeren van schepen of om pontons en kleinere schepen makkelijk te kunnen bereiken.

¹⁶ (Kanaalboek, 2019)

4.3 Uitwerking: onderhoudsproces

Hoe ziet de uitwerking van het stappenplan voor een risicogestuurd onderhoudsproces van een steiger van North Sea Port met een hoge risicoklasse eruit?

4.3.1 Risicoanalyse: FMECA

Voordat er een specifieke risicoanalyse wordt uitgevoerd, is het noodzakelijk de eerder toegelichte FMECA uit het theoretisch model te vertalen naar een specifiek ontwerp, waar de volgende elementen in worden geïmplementeerd:

- Wensen van North Sea Port
- Karakteristiek voor steigers
- Eenvoudig te hanteren als middel voor onderhoudsplanningen

Voor de overzichtelijkheid en leesbaarheid is gekozen om een beperkt deel van de uitkomst van de FMECA te tonen. Als toevoegingen op dit rapport het volledige Excel-bestand bijgeleverd om de totale analyse weer te geven. Om de koppeling tussen de verschillende elementen van de FMECA zichtbaar in kaart te brengen, zal een deel van de FMECA blijvend worden getoond in onderstaande screenshots. Hiermee is duidelijk het verband te leggen tussen eerder genoemde en getoonde elementen.

Fysieke decompositie

Zoals in het standaardmodel wordt gestart, is ook in deze vorm een fysieke decompositie als eerste uitgangspunt toegepast. Dit is hoofdzakelijk aangedragen door North Sea Port en omvat alle elementen die potentieel aanwezig zouden kunnen zijn bij de totale analyse van een steiger. Twee cruciale componenten kwamen hierbij aan het licht, de aanwezigheid van een onderdeel is niet concreet en de materiaalkeuze kan verschillend uitpakken. Hierom is gekozen om naar een fysieke decompositie ook een kolom in te bouwen met 'assetinformatie'.

Fysieke decompositie			
Niveau 4		Niveau 5	
Element		Bouwdeel	
Bovenbouw			
N.4.4.1.1		Bovenbouw constructie	
		N.4.4.1.1.1	Balken
		N.4.4.1.1.2	Ligger
		N.4.4.1.1.3	Dekdelen
		N.4.4.1.1.4	Steigerdek

Figuur 4.9: FMECA, Fysieke decompositie

Assetinformatie

In dit aspect van de FMECA is een keuzemogelijkheid ingebouwd om een element op wel (ja) of niet (nee) aanwezig te zetten. Het areaal aan steigers bevat namelijk vrij veel verschillende types als het gaat om constructieve bouwwijze en gebruik. Door bouwverschillen komen sommige onderdelen niet voor bij bepaalde steiger en door het gebruik kan het voorkomen dat bepaald 'interieur' niet in gelijke vorm is toegepast. Wanneer voor 'nee' wordt gekozen, verdwijnen ook de verschillende rijen in de rest van de FMECA die voor dit element van toepassing zijn om verwarring te voorkomen en het gebruik te vereenvoudigen.

Verder kan aangegeven worden hoeveel elementen er aanwezig zijn binnen een asset, om welke eenheid het gaat en wat de theoretische levensduur van elk element is. Om de eenvoud te waarborgen is hier de minimale waarde gekozen van een element. In een verdere beschouwing kan er voor gekozen worden om de theoretische levensduur te laten corresponderen met het gekozen materiaal.

Een belangrijk punt dat ook is meegenomen, wat specifiek is dan in het algemene model voor deze vorm van een faalanalyse, is het bouwjaar en de conditie van een asset. Wijziging hiervan hebben een directe impact op de rest van de analyse, waardoor snel kan worden aanschouwd wat de toestand van een element is.

Niveau 5 Bouwdeel	Assetinformatie Gegevens						
	Aanwezigheid	Materiaal	Theoretische levensduur (jaren)	Bouwjaar element	looptijd levensduur (marge)	Conditie	Levensloop incl. Conditie
Balken	Ja	Beton	50	2006	0,68	Goed	0,816
Ligger	Ja	Staal	50	2006	0,68	Goed	0,816
Dekdelen	Ja	Staal	50	2006	0,68	Redelijk	0,68
Steigerdek	Ja	Beton	50	2006	0,68	Redelijk	0,68

Figuur 4.10: FMECA, Assetinformatie

Functionele decompositie

In de functionele decompositie wordt enkel de hoofdfunctie van elk element benoemd. Dit is een significant onderdeel van een faalanalyse in de vorm van een FMECA, omdat dit een leidende factor speelt met betrekking tot het later toegelichte faalgedrag. Het faalgedrag is namelijk gebaseerd op het falen van de hoofdfunctie van een element. Deze hoofdfunctie moet daarom ook zo concreet mogelijk worden geformuleerd zodat er geen onenigheid of onduidelijkheid ontstaat in het vervolg van de faalanalyse.

	Functionele decompositie
Niveau 5	Hoofdfunctie
Bouwdeel	
Balken	Dragen belasting
Ligger	Dragen belasting
Dekdelen	Dragen belasting
Steigerdek	Verplaatsen personen / materieel / machinerie

Figuur 4.11: FMECA, Functionele decompositie

Faalgedrag

Om het faalgedrag van een element in kaart te kunnen brengen, is gekozen om vier situaties te beschrijven:

- Faalwijze Wat gebeurt er in het ergste geval?
- Faaloorzaak Waardoor kan het gebeuren?
- Lokaal effect Wat werkt er direct niet meer door falen?
- Globaal effect Hoe lijdt de hoofdfunctie (afmeren van schepen) van een steiger eronder?

Het globale effect is onderverdeeld in vier fases die handmatig aangepast kunnen worden, mocht de constructieve wijze of het gebruik van een steiger verschillen, waardoor een hogere prioriteit moet worden gegeven.

- Fase 1^e orde: Totaal niet functioneren
- Fase 2^e orde: Totaal beperkt functioneren
- Fase 3^e orde: Lokaal beperkt functioneren
- Fase 4^e orde: Verwaarloosbaar voor totaal functioneren asset

Functionele decompositie			
Hoofdfunctie		Faalwijze	Faaloorzaak
Dragen belasting		Constructief falen	Aanvaring Overbelasting, degradatie
Dragen belasting		Constructief falen	Aanvaring Overbelasting, degradatie
Dragen belasting		Constructief falen	Aanvaring Overbelasting, degradatie
Verplaatsen personen / materieel / machinerie		Constructief falen	Overbelasting Degradatie, intensief gebruik

Figuur 4.12: FMECA, Faalgedrag (faalwijze, faaloorzaak)

Effect lokaal		Effect globaal	
Bezwijken element/onderdeel	Falen 1e orde	Totaal niet functioneren	
Sterkteverlies materiaal	Falen 2e orde	Lokaal niet functioneren	
Bezwijken element/onderdeel	Selecteer	Totaal niet functioneren	
Sterkteverlies materiaal	Falen 1e orde	Lokaal niet functioneren	
Bezwijken element/onderdeel	Falen 2e orde	Totaal niet functioneren	
Sterkteverlies materiaal	Falen 3e orde	Lokaal niet functioneren	
Bezwijken element/onderdeel	Falen 4e orde	Lokaal niet functioneren	
Sterkteverlies materiaal	Falen 2e orde	Lokaal niet functioneren	
Bezwijken element/onderdeel	Falen 2e orde	Lokaal niet functioneren	
Sterkteverlies materiaal	Falen 3e orde	Lokaal beperkt functioneren	

Figuur 4.13: FMECA, Faalgedrag (effect lokaal, effect globaal)

Kernwaarden

De zes kernwaarden uit de bedrijfswaardenmatrix staan weergegeven in dit onderdeel van de FMECA, waarbij bij elke faalwijze kan worden gekozen wat het ernstigste gevolg kan zijn per kernwaarde. Hierbij is gekozen om niet de categorie te kiezen, maar om dit genuanceerd te specificeren tot elk terugkomend gevolg uit de bedrijfswaardenmatrix. Hierdoor hoeft er niet onnodig teruggezocht te worden naar de betekenis van een categorie binnen elke kernwaarde en maakt het dit gebruiksvriendelijker en sneller toepasbaar voor alle assets. Achter elk gekozen gevolg, wordt met behulp van de eerdergenoemde logaritmische verdeling een numerieke waarde gehecht, waarna bij elke faalwijze het maximale gevolg wordt gekozen waar verder mee wordt gerekend. Om een overzichtelijk beeld te creëren van de grootste gevolgen, wordt per faalwijze het gevolg roodgekleurd als dit gelijk is aan het maximum. Het kan daarom ook voorkomen dat meerdere gevolgen even groot zijn, waardoor meerdere rode blokken terugkeren in de matrix.

Faalgedrag				
Faaloorzaak	Effect lokaal			
		Bereikbaarheid & beschikbaarheid		
Aanvaring	Bezwijken element/onderdeel	≤2 weken	Catastrofaal	10000
Overbelasting, degradatie	Sterkteverlies materiaal	≤3 dagen	Atig	100
Aanvaring	Bezwijken element/onderdeel	Selecteer	Catastrofaal	10000
Overbelasting, degradatie	Sterkteverlies materiaal	≤8 uur	Atig	100
Aanvaring	Bezwijken element/onderdeel	≤24 uur	Catastrofaal	10000
Overbelasting, degradatie	Sterkteverlies materiaal	≤3 dagen	Atig	10
Aanvaring	Bezwijken element/onderdeel	≤1 week	Catastrofaal	10000
Overbelasting, degradatie	Sterkteverlies materiaal	≤2 weken	Atig	10
Overbelasting	Bezwijken element/onderdeel	≤1 maand	Catastrofaal	10000
Degradatie, intensief gebruik	Sterkteverlies materiaal	>1 maand	Atig	10

Figuur 4.14: FMECA, Kernwaarden (Bereikbaarheid & beschikbaarheid)

Toetsing risico (voor maatregelen)

Na het bepaalde maximale gevolg is er de keuzemogelijkheid om hier een frequentie aan te koppelen. Deze frequenties zijn gelijkwaardig aan de verschillende kansen van optreden binnen de bedrijfswaardenmatrix. Uit het product van het maximale gevolg en de gekozen frequentie, volgt het maximale risico, de waarde die hieruit komt is in de bedrijfswaardenmatrix te herleiden in de gekleurde blokken.

Faalwijze		Strategie		
Faaloorzaak		SAO	GAO	TAO
Constructief falen	Aanvaring	x		
Constructief falen	Overbelasting, degradatie			x
Constructief falen	Aanvaring	x		
Constructief falen	Overbelasting, degradatie			x
Constructief falen	Aanvaring	x		
Constructief falen	Overbelasting, degradatie			x
Constructief falen	Overbelasting			x
Constructief falen	Degradatie, intensief gebruik			x

Figuur 4.15: FMECA, Strategie

Faalwijze	Faaloorzaak	Maximaal gevolg	Faalfrequentie	Maximaal risico	Acceptatiegrens
Constructief falen	Aanvaring	10000	Minder dan 1x per 1000 jaar	0,001	10
Constructief falen	Overbelasting, degradatie	100	Ongeveer 1x per 10 jaar	0,1	10
Constructief falen	Aanvaring	10000	Selecteer	0,001	10
Constructief falen	Overbelasting, degradatie	100	Minder dan 1x per 1000 jaar	0,1	10
Constructief falen	Aanvaring	10000	Ongeveer 1x per 100 jaar	0,01	100
Constructief falen	Overbelasting, degradatie	100	Ongeveer 1x per 10 jaar	0,1	10
Constructief falen	Overbelasting	10000	Ongeveer 1x per jaar	0,01	100
Constructief falen	Degradatie, intensief gebruik	10	Meer dan 10x per jaar	1	10

Figuur 4.16: FMECA, Toetsing risico (voor maatregelen)

Strategie en maatregelen

Vervolgens is er handmatig de mogelijkheid om een onderhoudsstrategie te kiezen: SAO₁₄, GAO₁₅ of TAO₁₆. De keuze hiervoor heeft geen verdere impact in het verdere gebruik van de FMECA, maar biedt wel een compleet overzicht van de situatie. Na eerder al het bouwjaar van een element te benoemen, is er in deze kolom ook de mogelijkheid om een waarde te hechten aan de huidige conditie ervan. In het programma zorgt dit voor een nader toe te lichten wijziging van de looptijd van de levensduur. Dit biedt de mogelijkheid om een meer nauwkeurige waarde te hechten aan de status van een element.

In de volgende stap kan met behulp van vooraf ingestelde keuzemogelijkheden een drietal inspecties met frequentie worden bepaald. Door meerdere opties aan te kunnen vinken, zorgt dit voor een betere langetermijnvisie met betrekking tot inzicht krijgen van de te ondernemen reparaties.

De type maatregel om een element te onderhouden, is door de verscheidenheid aan elementen afhankelijk van het soort element en kan daardoor niet in de vorm van een keuzemenu worden toegepast binnen de FMECA. Dit zou de vrijheid van de gebruiker dan ook beperken, aangezien een maatregelen zo specifiek als mogelijk moet kunnen worden verwoord.

Niveau 5	Inspectieplan		
Bouwdeel			
	Restlevensduur incl. conditie	Inspectie A	Frequentie
Balken	Restlevensduur akkoord	40,8 Vervorming	aar
Ligger	Restlevensduur akkoord	Selecteer Basis (Data)	aar
Dekdelen	Restlevensduur akkoord	Vervorming	ecteer
Steigerdek	Restlevensduur akkoord	34 Vervorming	1/jaar

Figuur 4.17: FMECA, Inspectieplan (1)

Niveau 5	Maatregelen		
Bouwdeel			
	Type maatregel	Jaartal van uitvoering	Bijzonderheden
Balken	Inspectie	2023	Inspectie voor vervorming en corrosie voor betere bepaling conditie
Ligger	Inspectie	2023	Inspectie voor vervorming en corrosie voor betere bepaling conditie
Dekdelen	Inspectie	2023	Inspectie voor vervorming en corrosie voor betere bepaling conditie
Steigerdek	Inspectie	2023	Inspectie voor vervorming en corrosie voor betere bepaling conditie

Figuur 4.18: FMECA, Inspectieplan (2)

Toetsing risico (na maatregelen)

Tot slot is voor elk element de mogelijkheid ingebouwd om voor de kritische kernwaarde opnieuw het risico te testen na uitvoering van de maatregel. Dit biedt niet alleen een goede analyse van het effect van de maatregel, maar ook op welke wijze een maatregel de levensduur van een onderdeel verlengt. Dit kan komen door het gevolg in te perken, of door een wijziging door te voeren in de kans van optreden. Het is mogelijk om deze aanpassingen handmatig te modelleren in het programma.

Faalwijze		Risico op basis van prominente kernwaarde (Na maatregelen)		
Faaloorzaak		Kernwaarden		
		Kernwaarden		
Constructief falen	Aanvaring	Bereikbaarheid & beschikbaarheid	Catastrofaal	10000
	Overbelasting, degradatie	Bereikbaarheid & beschikbaarheid	Matig	100
Constructief falen	Aanvaring	Bereikbaarheid & beschikbaarheid	Catastrofaal	1000
	Overbelasting, degradatie	Bereikbaarheid & beschikbaarheid	Matig	100
Constructief falen	Aanvaring	Bereikbaarheid & beschikbaarheid	Catastrofaal	1000
	Overbelasting, degradatie	Bereikbaarheid & beschikbaarheid	Matig	100
Constructief falen	Overbelasting	Bereikbaarheid & beschikbaarheid	Catastrofaal	1000
	Degradatie, intensief gebruik	Financiële claim	Matig	100

Figuur 4.19: FMECA, Kernwaarden (na maatregelen)

Faalwijze		Faaloorzaak			
		Faaloorzaak			
		Faaloorzaak			
		Faalfrequentie		Maximaal risico	Acceptatiegrens
Constructief falen	Aanvaring	Minder dan 1x per 1000 jaar	0,001	10	Ongewenst
	Overbelasting, degradatie	Ongeveer 1x per 100 jaar	0,01	1	Acceptabel
Constructief falen	Aanvaring	Minder dan 1x per 1000 jaar	0,001	10	Ongewenst
	Overbelasting, degradatie	Ongeveer 1x per 100 jaar	0,01	1	Acceptabel
Constructief falen	Aanvaring	Minder dan 1x per 1000 jaar	0,001	10	Ongewenst
	Overbelasting, degradatie	Ongeveer 1x per 100 jaar	0,01	1	Acceptabel
Constructief falen	Overbelasting	Ongeveer 1x per 100 jaar	0,01	1	Acceptabel
	Degradatie, intensief gebruik	Ongeveer 1x per 100 jaar	0,01	1	Acceptabel

Figuur 4.20: Toetsing risico (na maatregelen)

Per faalwijzen van elk element wordt nu een vernieuwde acceptatiegrens gegenereerd, zodat duidelijk in kaart komt wat de restrisico's zijn ten opzichte van de eerste analyse (voor de maatregel.) Nu kan per element de conclusie worden getrokken of deze acceptatiegrens daadwerkelijk de weergave biedt zoals deze in werkelijkheid zou willen worden gehanteerd. Zo niet, dan zal een verbeterd inspectieplan¹¹ of onderhoudsmaatregel moeten worden doorgevoerd om wel tot een acceptabele grens te komen van het optredende risico.

4.3.2 Kritische gevolgen

Uit de FMECA blijkt dat een aantal risico's die op dit moment zouden optreden, onacceptabel zouden zijn. Dit wil zeggen dat wanneer het bijpassende gevolg op zou treden, één of meerdere kernwaarden niet de gewenste acceptatiegrens halen. Voor de vordering van het onderzoek, is gekozen om deze faalvormen te beschouwen en verder uit te werken tot een lange termijn onderhoudsplan.

Ook blijkt uit de assetgegevens en de combinatie met de conditie van sommige elementen, dat de theoretische levensduur is overschreden. Dit wilt zeggen dat binnen afzienbare tijd het element of heel goed onderhouden moet worden of volledig vervangen zodat de levensduurverwachting weer optimaal is.

Element	Restlevensduur	Faaloorzaak	Acceptatiegrens
Fenders	10 jaar	Aanvaring	Onacceptabel
Drenkelingladder	9 jaar	Weersinvloeden	Onacceptabel
Conservering	9 jaar	Weersinvloeden	Onacceptabel
Voegprofiel	Overschreden	Intensief gebruik	Ongewenst

Figuur 4.21: Kritische faaloorzaken

4.3.3 Risicogestuurd onderhoudsplan

De lange termijn onderhoudsplannen zoals hieronder zijn vermeld, zijn vormgegeven aan de hand van de bepalingen die gedaan zijn in de FMECA. Hierbij is getracht de uitkomsten zoveel als mogelijk toe te passen binnen de onderhoudsplannen.

Er is voor gekozen om de onderhoudsplannen te laten starten vanaf 01-09-2022. De kosten voor elke activiteit binnen elke onderhoudsmethodiek zijn te raadplegen in bijlage dddddd. Deze waardes komen voort uit aannames die zijn genomen in samenspraak met North Sea Port door te weinig mogelijkheden om accurate gegevens te achterhalen en de grote verscheidenheid aan alternatieven binnen elke onderhoudsactie.

Om de planningen overzichtelijk en relatief eenvoudig te houden voor de toepasbaarheid binnen het totale areaal, is een kleurenmodel gehanteerd om invulling te geven aan de onderhoudsactiviteit.

	Inspectie
	Klein onderhoud
	Groot onderhoud
	Vervangen

Figuur 4.22: Overzicht type activiteiten

Binnen inspecties worden twee alternatieven aangehouden:

Visuele inspectie (gemiddeld elke twee jaar)

Technische inspectie (gemiddeld elke vijf jaar)

Technische inspecties worden toegepast, wanneer er verduidelijking van de assetinformatie moet worden verkregen. Dit is meerdere malen in onderstaande schema's toegepast als vooractiviteit, wanneer er groot onderhoud of een vervanging staat ingepland.

Fenders

Voor fenders, in dit geval cone fenders, is de aanpak voor onderhoud verschillend ten opzichte van andere elementen. Dit komt, ondank dat het optreden risico onacceptabel is, dat fenders zijn bedoeld om slijtage op te vangen, zodat kwetsbaardere elementen intact blijven. Echter, mocht een fender niet meer gebruikt kunnen worden doordat de slijtage na een aanvaring zo groot is, dan brengt dit wel sterke lokale consequenties met zich mee. Waar herstelwerkzaamheden moeten worden uitgevoerd, zal namelijk de beschikbaarheid van de steiger tijdelijk beperkt zijn. Aanvaringen is in dat opzicht ook een onvoorspelbare faalvorm, waardoor de strategie voor onderhoud altijd SAO zal zijn. Om toch inzicht te krijgen in de onderhoudswijze voor dit element, kunnen meerdere inspecties wel verhelderend zijn. Hierdoor kan in kaart worden gebracht met behulp van visuele inspecties of metingen, welke fenders in de praktijk de meeste krachten opvangen, of welke de meeste kans hebben om aangetast te worden bij een kritische aanvaring. Uit deze analyse volgt het volgende onderhoudsplan.

Fenders	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Inspectie	V				V			T			V				V
Klein onderhoud															
Groot onderhoud															
Kosten (x 1000)	0,5		2		0,5	1,5		1	20		0,5		1,5		0,5
€ 28.000															

Figuur 4.23: Onderhoudsplan Fenders

Drenkelingladder

Corrosie aan een drenkelingladder heeft twee sterk nadelige gevolgen. Een directe impact zit hem in slijtage van het gladde staal, waardoor personen zich kunnen bezeeren aan de roestvorming. Dit biedt niet de veiligheid en zekerheid waar een drenkelingladder voor bedoeld is. Een tweede, meer indirect gevolg, is sterkteverlies van het materiaal. Afbreken van delen van het element, potentieel met dodelijk gevolg van dien, maakt het dat er een behoorlijke prioriteit moet worden gegeven aan het onderhoud hiervan.

Drenkelingladder	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Inspectie	V			T			V			V		V		V	
Klein onderhoud															
Groot onderhoud															
Kosten (x 1000)	0,5	2,5		1	1,5		0,5	7,5		0,5	1,5	0,5		2	
€ 18.000															

Figuur 4.24: Onderhoudsplan Drenkelingtrappen

Conservering

Conservering van de bovenbouwconstructie is niet zozeer een element van een steiger, maar doordat het in grote hoeveelheden wordt aangebracht, is het zeker noodzakelijk om hier een goed onderhoudsplan voor te ontwikkelen. Echter, uit besprekingen tussen North Sea Port, de HZ en de auteur van dit onderzoek, blijkt dit een sterk aspect om verder uit te diepen middels een variantenstudie. Deze variantenstudie zal echter niet beslaan op alle elementen waar coating op aangebracht is, enkel op een aantal kritische elementen die later worden toegelicht. Voor dit lange termijn onderhoudsplan op basis van de risico's die op kunnen treden, wordt uitgegaan van conservering op grote, makkelijk bereikbare elementen van een steiger. Hierbij gaat het voornamelijk om de stalen reling, drenkelingtrappen en randbalken.

Voegprofiel

Voor voegprofielen geldt een andere reden om een gedegen risicogestuurd onderhoudsplan voor te ontwikkelen, namelijk omdat de theoretische levensduur verstreken is. Dit hoeft niet meteen catastrofaal te zijn, aangezien in de praktijk blijkt dat deze vaak langer meegaan dan theoretisch wordt aangegeven. Echter, mochten de voegen wel in totaliteit zijn uitgesleten, kan dit tot moeilijk herstelbare scheuren in het beton zorgen. Door opnieuw de sterke weersinvloeden in het zoute milieu aan de Westerschelde, kan scheurvorming snel zorgen voor verdere kritische gevolgen voor de betonnen elementen. Hierom is het van belang dat er een gespecialiseerde inspectie wordt gehouden als start voor het onderhoudsproces, zodat de kwaliteit van de voegen kan worden gewaarborgd.

Voegprofiel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Inspectie	T			V			V			V			T		
Klein onderhoud															
Groot onderhoud															
Kosten (x1000)	1	4		0,5	1		0,5	1,5		0,5	1		1	4	
€ 15.000															

Figuur 4.25: Onderhoudsplan Voegprofiel

4.4 Uitwerking variantenstudie

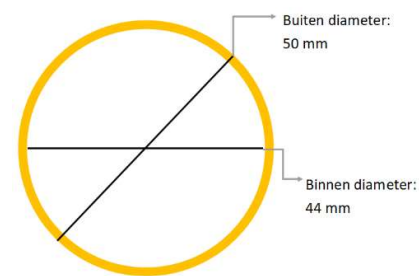
Hoe ziet de uitwerking van het stappenplan voor de variantenstudie van onderhoudsmaatregelen ten aanzien van een kritische faalvorm eruit?

De kritische faalvorm die optreedt, is zoals eerder aangegeven, het corroderen van staal. In deze analyse zal een beschouwing worden gemaakt van een variantenstudie van drie onderhoudsmethodieken voor alle drenkelingtrappen in de Braakmanhaven.

Gegevens drenkelingtrap

Gegevens	Aantal	Eenheid
Aantal	64	Stuks
Lengte	8	m
Buitendiameter	50	mm
Staaldikte	3	mm
Afstand tussen treden	25	cm
Lengte treden	50	cm
Eigen gewicht staal	7850	Kg/m ³

Figuur 4.26: Gegevens drenkelingtrap

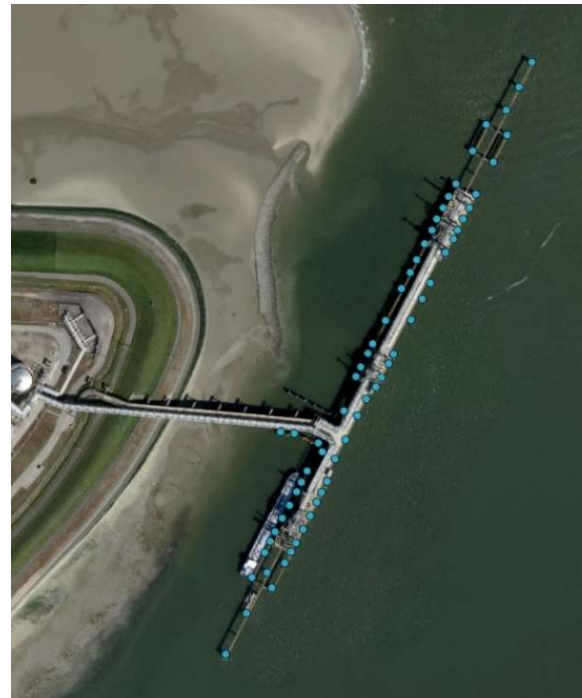


Figuur 4.28: Maatvoering staal drenkelingtrap

Toegepaste maatvoering voor berekening verzinken en coaten, detaillering van berekening in Bijlage G: LCC's

Gegevens	Aantal	Eenheid
Gewicht totaal	7100	Kg
Oppervlakte totaal	330	m ²

Figuur 4.29: Uitwerking gegevens staalprofiel



Figuur 4.27: Overzicht posities drenkelingtrappen Braakmanhaven¹⁷

¹⁷ (North Sea Port)

4.4.1 LCC

Thermisch verzinken				
Gewicht)	7100	Kg		
Kosten	175	€ / 100 Kg		
Kosten eenmalig	€ 12.500			
	€ 640.000	€ 57.500	€ 697.500	
	CAPEX	OPEX	TOTAL	

Figuur 4.30: LCC, Thermisch verzinken

Coating				
Oppervlakte	330	(m ²)		
Kosten	10	€ / m ²		
Kosten eenmalig	€ 3.300			
	€ 480.000	€ 74.100	€ 554.100	
	CAPEX	OPEX	TOTAL	

Figuur 4.31: LCC, Coating

Duplex				
Gewicht	7100	Kg	Oppervlakte	335 (m ²)
Kosten	175	€ / 100 Kg	15	€ / m ²
Kosten totaal	€ 12.500		€ 5.000	
	€ 320.000	€ 42.500	€ 362.500	
	CAPEX	OPEX	TOTAL	

Figuur 4.32: LCC, Duplex

Uit de resultaten van de LCC – analyse blijkt dat Duplex de goedkoopste variant is. Vervolgens valt coating uit als tweede variant en thermisch verzinken scoort bijna twee maal zo slecht ten opzichte van de beste variant. Verdere specificatie van de LCC's zijn te lezen in Bijlage G: LCC's.

Hieruit volgt voor de puntentoekening van dit criterium, met de relatieve waarde uit op:

Duplex:	1	x2 =	2
Coaten:	0,65	x2 =	1,3
Verzinken:	0,5	x2 =	1

4.4.2 Milieu

Voor milieu is de puntentoekenning minder sterk numeriek uit te drukken, vanwege de grote onduidelijkheid van het effect. Dit heeft te maken met verschillende factoren, waardoor geen adequate beoordeling kan worden gegeven. Hierom is gekozen om geen punten toe te kennen binnen dit criterium, maar een subjectieve schaalverdeling op basis van + en – en toe te kennen volgens het volgende schema:

++	+	0	-	--
+1	+0,5	0	- 0,5	-1

Verzinken is veruit de meest duurzame optie¹⁸, aangezien dit lange tijd meegaat, zonder dat hier verder onderhoud aan gepleegd hoeft te worden. Ook het aanbrengen ervan gaat op een steeds milieubewustere manier. Hierom behaalt dit in deze criteria-analyse de hoogste score van ++ = + 1

Coaten daarentegen is niet alleen erg schadelijk voor het milieu als het vrijkomt bij kaalmaken van het staalwerk na ongeveer elke 10 jaar, het moet ook regelmatig opnieuw worden aangebracht. Dit verschilt tussen een volledige nieuwe laagopbouw of enkel de toplaag, maar het is in dat opzicht altijd schadelijker dan verzinken. Hierom wordt gekozen om deze variant op dit criterium te beoordelen op: -- = -1

De derde variant is hierin moeilijk te beoordelen, het criterium bij de andere twee varianten laat namelijk zien dat het positief werkt op basis van het verzinkingssysteem, terwijl coaten er voor zorgt dat het lager in de ranking uitkomt. Hierin is afgewogen dat door dit systeem er weinig onderhoud is aan het element, waardoor milieuverontreiniging na aanbrengen amper plaatsvindt. Hierom volgt uit deze analyse een beoordeling van + = + 0,5

4.4.3 Bereikbaarheid & Beschikbaarheid

Voor bereikbaarheid en beschikbaarheid geldt een zelfde onduidelijkheidsfactor als voor milieu, aangezien te weinig goede gegevens bekend zijn om deze analyse gedegen uit te voeren. Hierom wordt ook binnen dit criterium gekozen om punten toe te kennen aan de hand van deze subjectieve schaalverdeling als gedaan is binnen het criterium 'milieu'.

Verzinken en het Duplexsysteem hebben beiden het grote voordeel dat er geen tot amper onderhoud aan gedaan hoeft te worden. Hierdoor scoren zij aanzienlijk hoger dan het coaten, waarbij een (deel van) de steiger niet in gebruik mag worden genomen. Omdat er onvoldoende is van de verschillen in onderhoud tussen verzinken en het Duplexsysteem, wordt aan allebei een score + = + 0,5 gegeven. Coaten scoort vele malen lager: - = - 0,5.

¹⁸ (Verzinkerij Heek, sd)

4.4.4 Uitkomst MCA

	LCC	Milieu	Bereikbaarheid & Beschikbaarheid	Totaal	
Verzinken	1	+ 1	+ 0,5	2,5	Yellow
Coaten	1,3	- 1	- 0,5	- 0,8	Red
Duplex	2	+ 0,5	+ 0,5	3,0	Green

Figuur 4.33: Uitkomst variantenstudie

5. Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar het antwoord op de vraag: “Wat is de beste methodiek om risicogestuurd assetmanagement uit te voeren voor het areaal aan steigers van North Sea Port?” Dit is gedaan middels de uitwerking van een risicogestuurd onderhoudsplan van een voorbeeldcase van een steiger met een hoge risicoklasse.

Hierin is allereerst de bestaande bedrijfswaardenmatrix van het bedrijf North Sea Port gespecificeerd tot een bruikbaar model om de kernwaarden te toetsen op het areaal aan steigers. Door de verdere toepassing van de bedrijfswaardenmatrix in de risicoanalyse van de steiger in de Braakmanhaven, is gebleken dat wijzigingen van de inhoud van de categorieën ‘bereikbaarheid & beschikbaarheid’ en ‘directe technische kosten’ bevestigen dat het vernieuwde model effectief werkt voor steigers van North Sea Port met een hoog risicoprofiel.

Uit de risicoklassificering in de vorm van een quickscan, is gebleken dat de steiger in de Braakmanhaven een steiger is met een hoge risicoklasse. Dit bevestigt de hypothese van het bedrijf North Sea Port dat er een prioritering zou moeten komen voor deze steiger. In de uitwerking blijkt dat het hoogste risicoprofiel niet wordt behaald in de huidige areaalsituatie van North Sea Port. Dit is voordelig zodat in de verdere ontwikkeling van het bedrijf en wijziging van de huidige situatie, de klassificering gebruikt kan blijven worden. Uit de klassificering is ook op te merken dat veel steigers door de definitie van risico, in dezelfde categorie vallen. Dit is nadelig, omdat hierdoor te weinig prioritering kan worden gegeven aan de rest van het areaal.

Uit de verdere uitwerking van een risicoanalyse middels een FMECA, blijkt dat dit een geschikt model is voor de toetsing van een steiger met een hoge risicoklasse. Uit de FMECA blijkt namelijk dat door de grote verscheidenheid aan elementen op de betreffende steiger, het effectief werkt om deze te beschouwen op elementniveau door de verschillende uitkomsten van de acceptatiegrenzen. Door een strategie en onderhoudsmethodiek te kunnen bepalen in het model, heeft dit een positieve werking voor de verdere vertaling naar een lange termijn onderhoudsplan op basis van potentiële risico's. Naast de FMECA, kan ook worden geconcludeerd dat plannen middels het Six stages model zorgt voor een verbeterd onderhoudsplan. Type inspecties, gepland onderhoud en controle van de uitgaven, zorgen voor een sterkere input voor een verdere beheersing van het asset. Hierdoor is het mogelijk om assetmanagement uit te voeren middels én de ontworpen FMECA en het plan – do – act methodiek uit het Six stages model te gebruiken om de onderhoudsstrategie te optimaliseren.

Uit de risicoanalyse kan worden geconcludeerd dat de faalvorm: ‘corroderen van het staal’ een veel voorkomende kritische vorm is. Hierdoor is noodzakelijk gebleken om een verdere verdieping uit te werken, middels een variantenstudie van onderhoudsmaatregelen ter vermindering van het effect van deze faalvorm. Uit deze analyse is gebleken dat het Duplexsysteem, waarbij zowel coating als verzinking wordt toegepast, het meest efficiënt is om cruciale, relatief kleine elementen te onderhouden op de lange termijn.

Uit bovenstaande conclusies van de deelvragen van de resultaten, kan worden bevestigd dat een risicoanalyse middels de ontworpen FMECA en toepassing van het Six stage model voor een lange termijn onderhoudsplanning, de beste manier is om risicogestuurd assetmanagement uit te voeren voor het areaal aan steigers van North Sea Port.

6. Discussie

Bedrijfswaardenmatrix

Binnen de kernwaarde ‘bereikbaarheid & beschikbaarheid’ is gekozen om een extra onderverdeling toe te passen om de gevolgen in kaart te brengen. In eerste instantie is het al dubieus dat gekozen is voor een onderverdeling binnen een onderverdeling, omdat dit de werking van de matrix vermoeilijkt aangezien dit voor extra complicaties en handelingen zorgt. Een methodiek kan wel zijn om deze onderverdeling binnen alle (haalbare) kernwaarden toe te passen. Dan wordt een categorie echter niet gemaakt om een onderverdeling binnen één groep assets te maken, maar stelt elke categorie een ander asset voor.

Bijvoorbeeld:

- A: Kademuren
- B: Steigers
- C: Remmingwerken

Zo maak je een onderverdeling, omdat assetgroepen een verschillen belang en risico binnen een kernwaarde kunnen hebben. Om die reden is de aanpassing van de bedrijfswaardenmatrix ook uitgevoerd om deze meer te specificeren voor steigers. In een aanvulling op dit onderzoeksrapport kan ervoor gekozen worden om deze specificatie voor het hele areaal te implementeren in een allesomvattende bedrijfswaardenmatrix.

In de bedrijfswaardenmatrix is gekozen om de kleurenschaal (groen – geel – rood) gelijkmatig over te laten lopen tussen de gevolgcategorieën en kansen van optreden. Een andere interpretatie van de waarden binnen de cellen zorgt voor een veranderlijke acceptatiegrens van alle risico's. De situatie zoals deze nu is aangenomen, is een vrij gemiddelde weergave. In een verdere uiteenzetting van het onderzoek door North Sea Port, kan de kleurenverdeling in de matrix worden aangescherpt of gespecificeerd. Dit kan nodig zijn omdat uit ervaringsbevindingen wordt geconcludeerd dat een enkel deel van de risico's te laag of te hoog waren ingeschat. Dit doordat de impact van een gevolg anders bleek dan verwacht of doordat de kans van optreden niet goed kon worden voorzien

Risicoklassificering

Voor de quickscan is gekozen om prestatie-eisen te formuleren op basis van de kernwaarden van North Sea Port. Een andere methodiek is om de steigers te beoordelen op de kernwaarden zelf, zodat een directe relatie kan worden gelegd tussen het gevolg en het belang erbij om het risico erop te verkleinen. Dit heeft echter een keerzijde in de toepassing ervan, aangezien niet alle kernwaarden even concreet kunnen worden getoetst op de steigers. Dit had tot vele, waarschijnlijke invalide aannames geleid, waardoor de resultaten hoogstwaarschijnlijk significant anders waren uitgevallen dan nu het geval is. Dit komt doordat kernwaarden als 'mens & veiligheid' en 'milieu' dan een grote impact zouden hebben op oudere steigers, ondanks dat deze niet veel in gebruik zijn. Een wijziging in de methode is om waardenfactoren te koppelen aan de kernwaarden, zoals dat nu toegepast is op de prestatie-eisen. Echter zou dit indiceren dat North Sea Port meer waarde hecht aan bepaalde kernwaarden, terwijl dit over het algemeen niet wordt gedaan. In dat geval zou veel kritiek kunnen oplaaien als operationele of financiële kernwaarden hoger in het vaandel zouden staan dan sociale kernwaarden als 'imago' en 'mens & veiligheid'. Daar zijn in de toegepaste methodiek de gevolgen veelal gebaseerd op de kernwaarde 'bereikbaarheid & beschikbaarheid', een kernwaarde waar geen relatieve waarde aan kan worden gekoppeld om het belang ervan te vergroten, maar wat in veel applicaties duidelijk te toetsen is doormiddel van de aangenomen prestatie-eisen in dit onderzoek.

Er is in overleg met North Sea Port gekozen om de prestatie-eisen, waar de steigers op zijn getoetst voor de quickscan, niet even zwaar mee te laten tellen. Dit is gedaan om groter belang te hechten aan verschillende criteria, de keuze is echter om de waardes te veranderen of zelfs om geen verschillend belang te hechten. Wanneer dit wordt gedaan, heeft dit een vrij grote impact op de uitkomst van de risicoklassificering, waardoor de steigers significant anders gerangschikt zouden zijn. Dit is een kritisch punt voor de uitkomst van de klassificering, maar niet voor de verdere uitwerking van het onderzoek. De methode is namelijk altijd geweest dat een faalanalyse wordt uitgevoerd van de steiger uit de hoogste risicoklasse, welke dat dan ook is. Hierdoor blijft het een valide uitvoering van de handelswijze, wat enkel voor de klassificering zelf tot gewijzigde uitkomst had geleid.

Een punt van discussie wat een grotere impact heeft op de totale opzet van de risicoklassificering van de steigers, is de toekenning van de punten per steiger per prestatie-eis. Nogmaals, in samenspraak met North Sea Port is de onderverdeling opgezet en goedgekeurd voor verdere uitwerking, maar ook hierin had een andere keuze gemaakt kunnen worden. De impact op het resultaat is dan wel groot, aangezien dan de totale verdeling van de puntentoeckenning aangepast wordt. Voornamelijk de verdeling van de criteria waar de beoordeling wordt gegeven op basis van een numerieke waarde of aantal zijn dubieus aangezien deze ook makkelijk anders vormgegeven kunnen worden. De rechtvaardigheid zit in dit deel van het onderzoek wel in dat de verschillen tussen de stappen even groot zijn waardoor een veranderlijke interpretatie enigszins wordt ingeperkt.

Voor de puntenindeling van de categorieën is een nagenoeg gelijke verdeling per interval aangehouden, waarbij een ongeveer even groot aantal assets in eenzelfde categorie vallen. Een methodiek die hierbij ook gehanteerd kan worden, is dat de middelste groepen een groter deel van de steigers beslaan en de buitenste categorieën een meer uitzonderlijke situatie betreffen. In de resultaten komt dit tot uiting in een verdeling van de klassen, waarbij in de huidige situatie nog meer steigers zouden vallen in de één na hoogste categorie. Dit is niet wenselijk, omdat dan een te klein verschil in belang kan worden aangetoond tussen verschillende assets. Ook bestaat dan de kans dat een steiger nagenoeg onmogelijk in de categorie 'verwaarloosbaar' geplaatst wordt, wat geen reëel beeld schets van de werkelijke situatie.

Onderhoudsproces

Binnen het onderhoudsproces zijn enkele aannames gedaan met betrekking tot de gevolgen die plaats kunnen vinden per element en de kans van optreden daarvan. Hierdoor kan het zijn dat enkele acceptatiegrenzen in de praktijk anders uitvallen. Dit heeft hoogstwaarschijnlijk geen hele grote impact op de verdere verwerking van de risicobeheersing. Er wordt namelijk nog steeds gepoogd om het risico omlaag te halen. Ook vallen er binnen de acceptatiegrenzen van de bedrijfswaardenmatrix enkele overlappen binnen de kleurenschaal, waardoor het niet zo hoeft te zijn dat acceptatiegrenzen opeens heel anders uitvallen.

Het verdere verwerken van enkele kritieke risico's tot een lange termijn onderhoudsplan, bieden ook wat discussie, aangezien er geen hele accurate gegevens zijn over de kosten van klein- en grootschalig onderhoud of vervanging. Dit komt doordat er vele factoren meewegen bij het bepalen van een kostenraming.

Variantenstudie

Binnen de variantenstudie zijn de nodige aannames gedaan, opnieuw met de reden dat er in het korte tijdsbestek wat nog binnen het onderzoek viel, te weinig gegevens konden worden bepaald. Dit is voornamelijk doordat op gebied van bescherming van elementen door coating of verzinking, enorm veel data wordt vergaard uit metingen en deze niet eenvoudig prijs gegeven worden aan de buitenwereld. Hierdoor was er beperkte mogelijkheid om een nauwkeurige analyse van onderhoudsalternatieven uit te voeren, waardoor de uitkomst niet geheel betrouwbaar is. Ook de toegepaste methode biedt wellicht een ander resultaat dan de gekozen aanpak. Door een vrij subjectieve en redelijk discutabele scorevorming toe te passen, is de kans vrij aannemelijk dat de resultaten van de variantenstudie anders uitvallen.

7. Aanbeveling

Om de risicoklassificering aan te scherpen en breed toepasbaar te houden, is het in enige mate benodigd om extra informatie duidelijker in kaart te brengen. Dit zal vrijwel één-op-één samen gaan met het vaker controleren en inspecteren van het areaal. Wanneer meer en specifiekere gegevens bekend zijn over de steigers, kan hier een meer gedetailleerde analyse op losgelaten worden. Hierbij is het vooral interessant om inzicht te krijgen in het echte gebruik en de functie van de steiger. Dit kan doormiddel van een visuele analyse van de activiteiten op / aan een steiger of met behulp van de wensen van de gebruikers / huurders van de steiger. Zo creëert men automatisch een meer betrouwbare bron en input voor de risicoklassificering.

Zoals in de discussie vermeld, is het omstreden om categorieën binnen een aparte onderverdeling te maken. Dit kan onduidelijkheid scheppen en zorgt voor extra menselijke handelingen, waar fouten uit kunnen voorkomen. Het is daarom wellicht overzichtelijker om één bedrijfswaardenmatrix aan te houden, waar wel onderscheid gemaakt kan worden tussen verschillende assetgroepen.

Om de bedrijfswaardenmatrix actueel en concreet te houden, kan een diepere analyse worden doorgevoerd binnen de kansen van optreden. De mathematische werking van het risicomodel ($\text{risico} = \text{kans} \times \text{gevolg}$) blijkt een sterk middel om onderscheid te maken tussen acceptabele en onacceptabele risico's.

De ontworpen FMECA biedt genoeg mogelijkheden voor North Sea Port om risicobeheersing toe te passen op hun areaal aan steigers. De specificatie middels assetinformatie, toetsing van de kernwaarden tot een acceptatiegrens en het kunnen modelleren van een inspectieplan, bieden genoeg mogelijkheden om dit model breed toe te passen. Zoals in de discussie al vermeldt, kan ik een vervolgstap worden gekozen om het criterium 'conditie' sterker terug te laten komen in het model. Hierdoor kan het areaal beter worden beheerst en zal de assetinformatie als input een sterker effect hebben op de verdere uitwerking van het model.

Voor de variantenstudie wordt aangeraden om dieper onderzoek te doen naar de daadwerkelijke effecten en kosten van onderhoudsmaatregelen ten aanzien van de kritische faalvorm 'corroderen van staal'. Voornamelijk omdat uit de resultaten blijkt dat dit een significante rol speelt in de risicobeheersing van de steiger in de Braakmanhaven, is het de moeite waard om hier een meer accurate beschouwing op los te laten.

8. Bibliografie

- Baggerbedrijf de Boer. (sd). *dutchdredging*. Opgehaald van [dutchdredging](http://dutchdredging.nl).
- CUR (Bouw & Infra). (2012). *166 Damwandconstructies*. Gouda.
- DB Assetservice. (sd). *correctief onderhoud*. Opgehaald van <https://www.dbassetservices.com/index.php/nl/correctief-onderhoud#:~:text=Nadelen,verbonden%20dan%20bij%20ingepland%20onderhoud>.
- De Klerk B.V. (2019). *Deklerkbv*. Opgehaald van Deklerkbv: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.deklerkbv.nl%2Fnl%2Fprojecten%2Fwaterbouw%2Fkade-en-drijvende-steigers-voor-north-sea-port%2F&psig=AOvVaw3OXhEwxpx5u2uCCGwCYiVm&ust=1648800254622000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCJD69MbZ7_YCFQ
- Gent de Kuip. (sd). *Gentdekuip*. Opgehaald van Gentdekuip: <https://gentdekuip.com/gensche-lollen/>
- IAM (Intstituut Of Asset Management. (2005). *Asset Management - An ontology*. Bristol.
- IV-Infra B.V. (2018). *Roadmap Implementatie van assetmanagement*.
- Kanaalboek. (2019, juni 17). *EVOS*. Opgehaald van Kanaalboek: <https://havens-sluizen-en-kanaalboek.jouwweb.nl/braakmanhaven/evos-steigers>
- North Sea Port. (sd). Terneuzen.
- Olsson, & Espling, U. &. (2004). *Part I. A Framework for Partnering for Infrastructure Maintenance. Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Rijkswaterstaat. (2002). *Vast onderhoud droge infrastructuur 2001*.
- Rotocoat. (sd). *Rotocoat*. Opgehaald van Rotocoat Duplex: <https://rotocoat.nl/duplex>
- Rotocoat. (sd). *Rotocoat*. Opgehaald van Rotocoat Coaten: <https://rotocoat.nl/poedercoaten-coaten>
- Schoenmaker, R. (2011). *De ingeslagen weg*.
- Smith, T. W. (2014). *The Impact of ISO 55000. The New Asset Management Handbook*.
- Verzinkerij Heek. (sd). *Verzinkerij Heek*. Opgehaald van Verzinkerij Heek: <https://www.verzinkerei-lichtgitter.de/nl/onderneming/duurzaamheid-kwaliteit>
- Verzinkerij Rijen BV. (sd). *Verzinkerij Rijen BV*. Opgehaald van Verzinkerij Rijen BV: <https://verzinkerij-rijen.nl/thermisch-verzinkt-staal/#:~:text=Thermisch%20verzinkt%20staal%20gaat%20minimaal,zo'n%2050%20jaar%20meegaan>
- Werkgroep Leidraad Systems Engineering. (2009). *Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector*.

9. Bijlagen

Bijlage A: Extra toelichting assetmanagement

Six Stages model

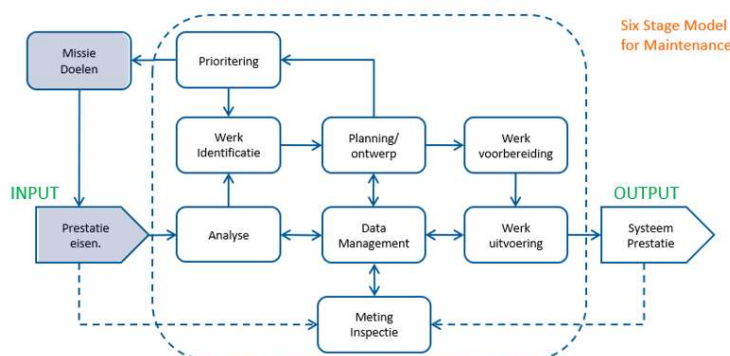
Na de prioritering van de assets op hoofdlijnen kan uiteindelijk worden gestart met de daadwerkelijke analyse van de individuele assets, niveau 4 in de algehele hiërarchie, de meest gespecificeerde fase.



Figuur 9.1: Hiërarchie van assets, toelichting positie AM tools binnenin systeem (Smith, 2014)

Input / aansturing onderhoudsproces: de belangrijke rol van prestatie-eisen en prestatie meetsysteem / indicatoren.

Zoals geïllustreerd in onderstaand figuur zijn de prestatie-eisen een operationalisering c.q. doorvertaling van de beoogde strategie (visie / missie / kernwaarden / doelstellingen) naar concrete input van het onderhoudsproces; de eisen gelden als referentiekader waar het gehele proces aan wordt opgehangen.



Figuur 9.2: Six Stage Model for Maintenance. (Schoenmaker, 2011)

Voor sturing van het proces zijn een prestatie-meetsysteem en prestatie-indicatoren benodigd.
Indicatoren voor beoordeling:

- Economisch (minimalisatie kosten met behoud kwaliteit)
- Efficiëntie (slim geld besteed)
- Effectiviteit (zijn de juiste dingen gedaan met het geld)

Type indicator afgestemd op niveau / type werkzaamheden:

- Middelen- of input indicator: geeft het *wat* aan
- Activiteiten indicator: geeft het *hoe* aan (processen) aan
- Output indicatoren: geeft het *wanneer* en/of *waarom* aan
- Effect indicator: geeft het *waarom* aan

Onderhoudsvormen

Gegroepeerd naar drie categorieën:

1. Uitvoering van werken: Dagelijks, klein, structureel, groot onderhoud
2. Bedrijfsvoering: Vast en variabel onderhoud
3. Onderhoudsstrategie: Preventief en correctief onderhoud

Toelichting categorie (1):

- Dagelijks onderhoud: Kort cyclische activiteiten voor blijvend functioneren van asset.
- Klein onderhoud: Herstel van kleine beschadigingen.
- Structureel en groot onderhoud zijn synoniem: Grootschalig renovatie of vervanging.

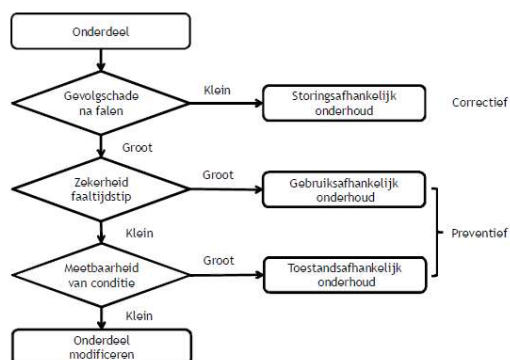
Toelichting categorie (2):

- Vast onderhoud: Keert jaarlijks terug
Veelgenoemde criteria: regelmatig, hoge frequentie, beperkte kosten, functioneel houden
- Variabel onderhoud: Geplande, grootschalige renovatie of vervanging
Veelgenoemde criteria: niet regelmatig, lage frequentie, grote kosten, vernieuwen / levensduur verlengend

Toelichting categorie (3):

- Toestandsafhankelijk: Op basis van toestand / inspectie bepalen of onderhoudsmaatregelen noodzakelijk zijn.
- Gebruiksafhankelijk: Werkzaamheden uitvoeren volgens een vast schema.

Stroomschema keuze afweging onderhoudsstrategie:



Figuur 9.3: Afwegingen voor de keuze van een correctieve of preventieve onderhoudsstrategie (Rijkswaterstaat, 2002)

Van belang is een optimale combinatie te vinden van preventieve en correctieve maatregelen. Te vroeg onderhoud levert vermijdbare kosten op, te laat leidt tot vermijdbare schade door falen. Een gespecificeerde combinatie leidt tot minimalisatie van de onderhoudskosten.

<i>Processtap</i>	<i>Uitvoering</i>
Missie, visie, KSF: <i>Ontwikkel de lokale strategie</i>	Maak, voer in, herzie en vernieuw een doorvertaling van de strategische doelen op corporate niveau naar doelen op lokaal niveau.
Prestatie-eisen: <i>Bepaal de doelen en eisen</i>	Vertaal de strategie in SMART doelen en eisen die de vereisten van het netwerk en van de ondersteunende processen beschrijven.
Meting, Inspectie: <i>Verzamel de gegevens</i>	Zorg voor een accurate vastlegging van de conditie en het presteren van de assets
Gegevensbeheer: <i>Beheer de gegevens</i>	Zet op en onderhoud een accurate, up to date en voltige inventaris van het netwerk met bijbehorende conditie en prestatie gegevens in het geschikte formaat voor het gebruik van deze data door de andere processen.
Analyse: <i>Bepaal de behoefte</i>	Bepaal aan de hand van de verzamelde gegevens, beschikbare kennis en documenten de trends, fouten, over(onder)spreidingen van interventieniveaus die in conflict zijn of kunnen komen met de prestatie-eisen.
Werk Identificatie: <i>Bepaal de oplossing</i>	Bepaal de meest effectieve en efficiënte interventie voor de bepaalde behoefte (onderhoud, verbetering, fouterstel) om het netwerk blijvend te laten voldoen aan de prestatie-eisen.
Planning en ontwerp: <i>Plan en ontwerp de interventie</i>	Stel de volgende plannings op: - een cyclisch (vast, routine) onderhoudsplan - een incident management plan - een onderhoud jaarplan; een meerjarig onderhoudsplan Ontwerp interventies die aan werkvoorbereiding en uitvoering kunnen worden aangeboden zodanig dat het werk kan worden uitgevoerd binnen de overeengekomen kosten en tijd.
Prioritering: <i>Prioriteer de interventie</i>	Weeg de voorgestelde interventies af in overeenstemming met de vastgestelde criteria, het beschikbare budget en de impact op de prestatie-eisen. Stel indien nodig wijzigingen voor in de prestatie-eisen als het beschikbare budget niet toereikend is voor de behoefte.
Werk voorbereiding: <i>Bereid het werk voor</i>	Maak een schema voor het uitvoeren van het geplande onderhoud in overeenstemming met de eisen van de eigenaar/opdrachtgever.
Werk uitvoering: <i>Voer het werk uit</i>	Voer de volgende werkzaamheden uit: - uitvoering van het cyclisch (vast, routine) onderhoudsplan - een snelle en effectieve respons bij ongeplande onderhoudsactiviteiten (storingen, incidenten) - uitvoering van de ontworpen en geplande werken - coördinatie van het werk van derden - ondersteuning bij ongevallen

Figuur 9.4: Toelichting op de processtappen in het model van het onderhoudsproces, (Schoenmaker, 2011)

Andere voorbeelden van prestatie indicatoren:

- Onderhoudskosten per uur versus budget
- Onderhoudsefficiëntie
- Gemiddelde tijd tussen falen (MTBF)
- Gemiddelde reparatietijd (MTTR)
- Verhouding tussen preventief en defect onderhoud
- Relatieve achterstand
- Relatieve onderzochte faalvormen
- Relatieve naleving van schema
- Relatieve geplande manuren

Preventief onderhoud

TAO

Wordt als onderhoudsstrategie gebruikt:

- Wanneer de conditie van de asset over een tijdsperiode kan worden gemeten en wanneer deze conditie een grote spreiding heeft in de normaal verdeling. D.w.z. de conditie neemt af gedurende een langer tijd en is daardoor voorspelbaar door meting van de afname van de conditie.

GAO

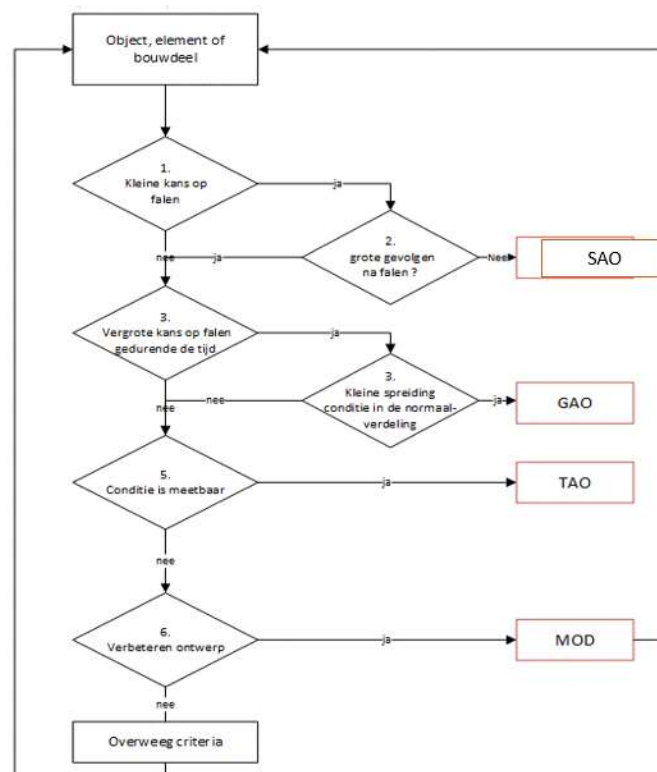
Wordt als onderhoudsstrategie gebruikt:

- Wanneer de afname van de conditie een kleine spreiding heeft in de normaal verdeling. D.w.z. de conditie neemt af gedurende een korte periode en is daardoor niet voorspelbaar door meting van de afname van de conditie.
- Wanneer de afname van de conditie gedurende een periode (veelal als een asset nieuw is of pas gereviseerd) zeer klein is. Goa wordt dan toegepast tot het moment dat afname van de conditie gemeten wordt. Op dat moment wordt overgegaan op TOA.

Correctief onderhoud

SAO

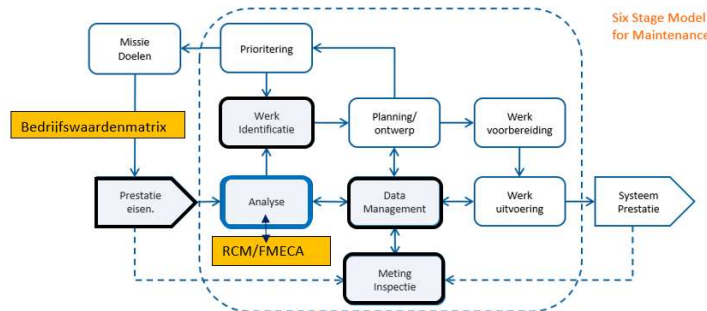
Is een onderhoudsstrategie die toegepast wordt wanneer een storing van de asset acceptabel is omdat deze binnen afzienbare tijd opgelost kan worden. Mogelijk door het nemen van maatregelen om de functionaliteit tijdelijk te herstellen totdat een geplande onderhoudsactie uitgevoerd wordt. SAO lijkt op FAO maar verschilt ermee omdat de bij SAO de primaire functie is verstoord, waarbij FA dat niet zo is.



Figuur 9.5: Specificatie afweging correctief of preventief onderhoud (1)

RCM inpassen

Onderstaande blauw gearceerde vakken omvatten bovenstaande zeven stappen. In basis betreft de RCM de analyse van de asset, in het figuur omkaderd met een blauw zwarte lijn. De zwart gearceerde, omringende processtappen zijn hieraan gerelateerd. Wat in onderstaand six stage model niet expliciet is benoemd is de risicogestuurde benadering. Deze is derhalve hieronder met de gele kaders nader toegelicht. Feitelijk is bij risicogestuurd assetmanagement de analyse een faalanalyse die kan worden uitgevoerd middels bovenstaande RCM methodiek. De FMECA analyse zal daarin worden inbegrepen. Als input voor de faalanalyse geldt naast de prestatie-eisen ook de bedrijfswaardenmatrix waarin de risico-acceptatie grenzen wat betreft de kernwaarden van de organisatie zijn vastgelegd.



Figuur 9.6: Six Stage Model for Maintenance. (Schoenmaker, 2011)

Verdere verfijning FMECA

Een FMECA kan verder worden uitgebreid met vastlegging van zaken als:

T.a.v. faalgedrag:

- Storingsgraad: Hoe is verloop van kans van optreden van faalmodus over de tijd?
- Storingsvoorspellende factoren
- Vastlegging kenmerken/ factoren die meest bepalend zijn t.a.v. oorzaak falen
- Degradatiepatroon functioneren: Neemt de functie geleidelijk af met de tijd of is het een plots verlies van totaal functioneren?
- Mate waarin naderend falen tijdig is waar te nemen, is te detecteren (gekwantificeerd met getal tussen 0-1)
- Mate waarin gevolgen van falen (vroegtijdig) zijn waar te nemen. Relevant indien gevolgen in eerste instantie klein zijn, deze kleine gevolgen te detecteren zijn er vervolgens snel actie kan worden ondernomen waarmee grootschalige gevolgen (voor systeem) kunnen worden voorkomen.
- Wat voor detectiesystemen (voor observatie naderend falen, of gevolgen ervan) er worden toegepast

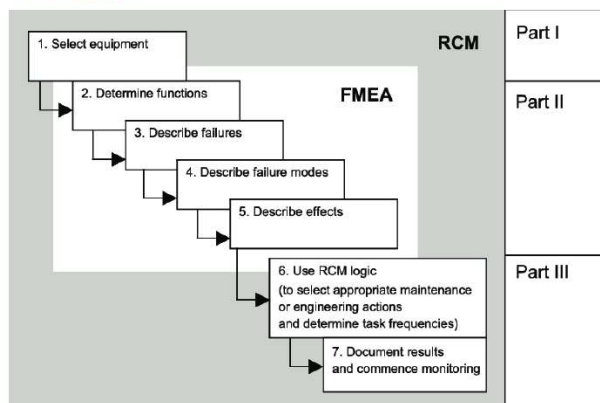
T.a.v. criticaliteit:

- RPN nummer: criticaliteit bepaalt op basis van risico x detecteerbaarheid (laatstgenoemde gekwantificeerd met een getal tussen 0 en 1).

Vraag 0 – Wat is het systeem?	Kies en beschrijf het systeem
Vraag 1 – Wat zijn de functies en prestatie eisen van elk onderdeel?	Om te bepalen welke onderhoudstaken nodig zijn voor een installatie, moet men eerst weten welke functies de apparatuur moet vervullen én welke gewenste prestatienormen daarbij horen. De eerste stap is daarom het selecteren van de apparatuur. Deze geselecteerde apparatuur moet kritisch zijn wat betreft het effect op de werking, de eerdere kosten van reparatie en eerder kosten van preventief onderhoud.
Vraag 2 – Welke functionele storingen kunnen optreden?	Vervolgens wordt bepaald welke storingen ervoor zorgen dat de apparatuur niet meer voldoet aan het vereiste prestatieniveau. Deze zogeheten functionele storing kunnen leiden tot een totale of een gedeeltelijke uitval. Het is dus goed om de grenzen en de functie van de storingen te definiëren.
Vraag 3 – Wat zijn de faalvormen voor elke functionele storing?	Voor elke functionele storing worden alle mogelijke faalvormen in kaart gebracht. Denk hierbij aan menselijk falen, invloeden van buitenaf en veroudering, slijtage of snel defect raken van onderdelen. Door de manieren waarop het systeem of de apparatuur kan falen te definiëren, ontstaat een storingsmodes.
Vraag 4 – Wat veroorzaakt elk van de faalvormen?	Door het storingseffect te beschrijven wordt de urgentie ervan duidelijk en kan de hoofdoorzaak gemakkelijker worden opgespoord en geïdentificeerd. Het gehele multidisciplinaire team kan hier een bijdrage leveren. Met behulp van bijvoorbeeld operators, ervaren technici en onderhoudsmonteurs kunnen de hoofdoorzaken van elk van de faalvormen worden opgespoord.
Vraag 5 – Wat zijn de gevolgen van de faalvormen?	In deze stap worden de effecten van elke fout bekeken. Zo kan een gehele uitval van apparatuur van invloed zijn op de veiligheid of consequenties hebben voor apparatuur die hieraan gekoppeld is. Ook kan er worden gekeken welke faalvorm tot de grootste consequenties leidt. De gevolgen van iedere faalvorm worden nu in kaart gebracht op onder andere het gebied van kosten, veiligheid, gezondheid en milieu. Al deze informatie is van belang voor het bepalen van de consequentie van de storing
Vraag 6 – Hoe kan een storing worden voorkomen?	Zoals bij de vorige stap duidelijk werd, heeft niet elke storingen een even groot belang. Voor storingen met minimale consequenties zijn preventieve acties minder belangrijk. Desalniettemin moet er vooraf een onderhoudstactiek geselecteerd worden voor elke faalvorm. Wel moet de gekozen onderhoudstactiek technisch en economisch haalbaar zijn.
Vraag 7 – Wat als een preventie niet mogelijk is?	De laatste stap richt zich op preventieve taken die periodiek worden vastgelegd. Denk aan geplande revisie, vervanging of inspectie om een mogelijke storing te voorkomen en/of op te sporen. In deze stap moet worden afgevraagd, wat er gebeurt als een preventiemaatregel niet mogelijk is. In dat geval moet er een andere actie worden ondernomen. Dat kan leiden tot een ontwerpverandering, totale vervanging van de installatie of het accepteren van de storing en de daarmee gepaard gaande gevolgen.

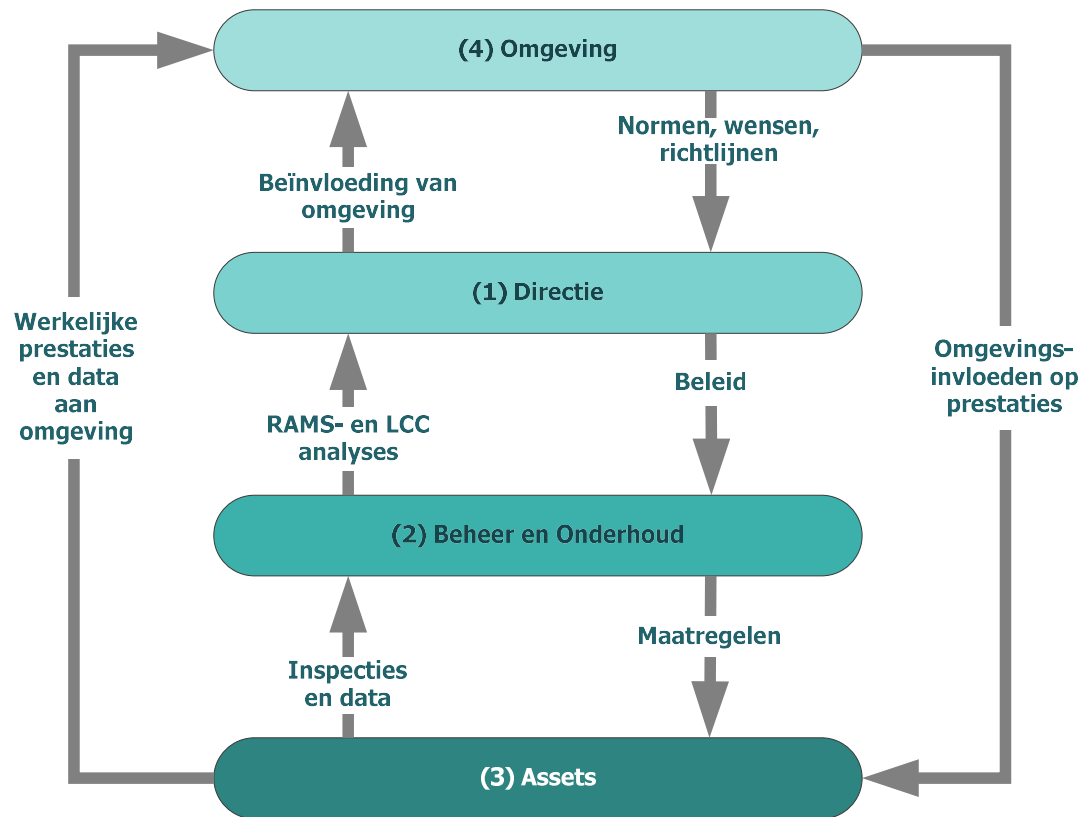
Figuur 9.7: Six Stage Model for Maintenance. (Schoenmaker, 2011)

RCM steps

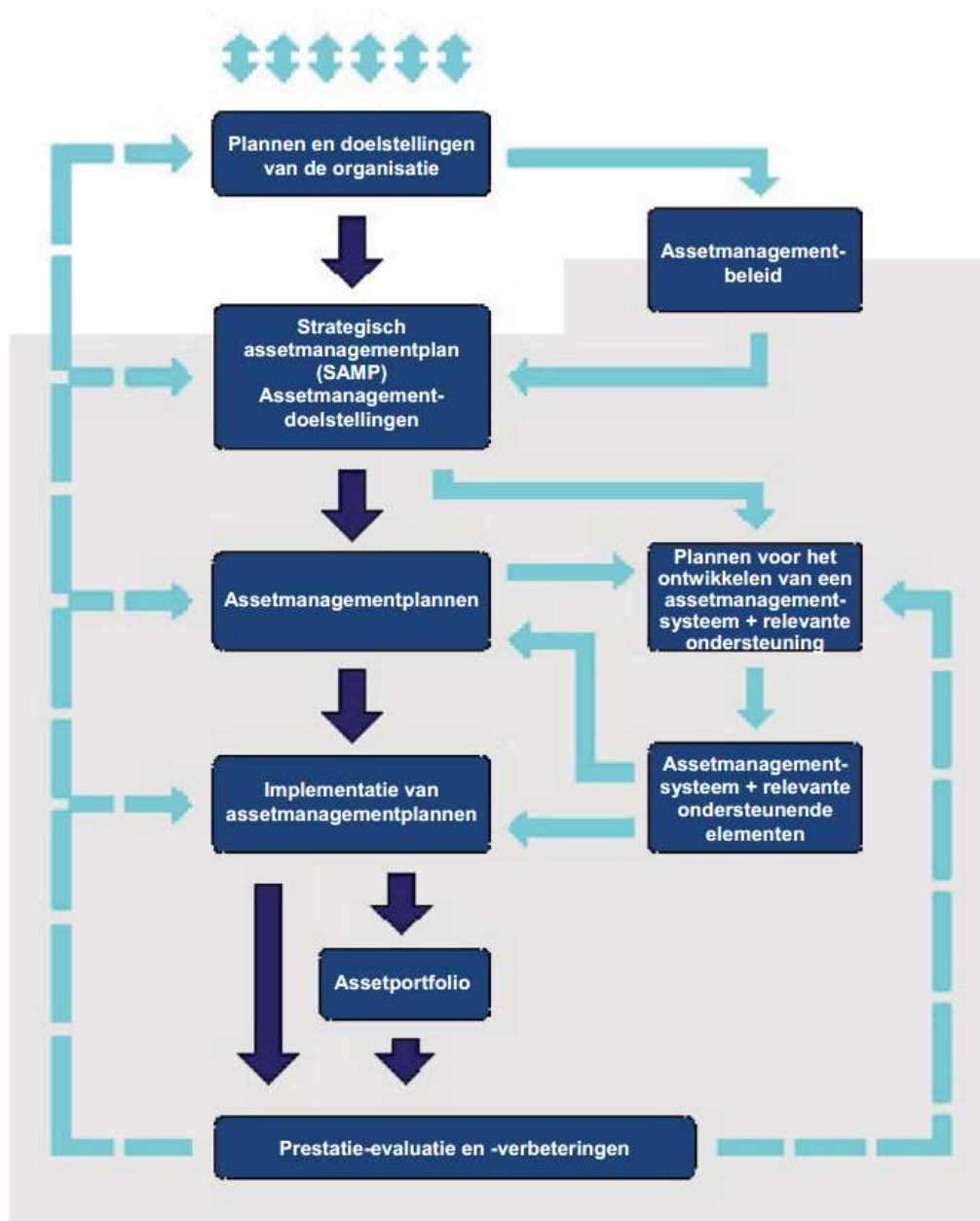


Figuur 9.8: Overzicht RCM stappen en inpassing FMEA

Bijlage B: Assetmanagementstrategie North Sea Port



Context van stakeholders en organisatie



Figuur 9.9: Assetmanagementmodel volgens ISO55000 in relatie tot het model voor North Sea Port

De bestuurlijke laag op strategisch niveau

De 'directie', inclusief eventueel een Raad van Commissarissen/Raad van Bestuur. Dit betreft de organisatielaag die op hoofdlijnen het beleid en (dus) de strategie voor North Sea Port vaststelt. Dit betreffen o.a. de strategische plannen die het havenbedrijf heeft opgesteld.

De organisatorische laag op tactisch niveau

De afdeling 'Infrastructuur & Ruimte' voor het uitvoeren van de door het bestuurlijke niveau vastgestelde strategieën.

De uitvoerende laag op operationeel niveau

Voor het uitvoeren van alle concrete onderhoudsactiviteiten aan de 'Assets'. De assets betreffen de natte, droge en ondergrondse infrastructuur.

De Omgeving

Alles dat invloed uitoefent op en/of raakvlakken heeft met alle bovengenoemde elementen, zoals de gebruikers van het areaal, omwonenden van het areaal, andere afdelingen binnen het havenbedrijf, wetgeving.

Relaties elementen**Directie en afdeling(en) beheer en onderhoud**

De directie van het havenbedrijf stelt het beleid op hoe om te gaan met de instandhouding van de functionaliteit van het gehele areaal. Er worden onder meer prestatie-eisen voor de verschillende functies van het areaal vastgesteld. Deze prestatie-eisen zijn gebaseerd op de risicomatrix zoals deze door de Directie is vastgesteld. Dit alles wordt vastgelegd in het strategisch assetmanagementplan (SAMP). Dit plan inclusief de prestatie-eisen (en mogelijk budgetten) zijn voor de afdelingen die gaan over het beheer en onderhoud input voor de vertaling van dit beleid naar concreet uit te voeren instandhoudingsacties. Deze vertaling wordt vastgelegd in een assetmanagementplan per asset. Op hun beurt informeren afdelingen, die gaan over het beheer en onderhoud, de directie over de te maken/gemaakte kosten en de bijbehorende prestaties van het areaal.

Afdelingen beheer en onderhoud en Areaal

De in de assetmanagementplannen per asset vastgestelde instandhoudingsmaatregelen worden daadwerkelijk doorgevoerd op het areaal. De toestand van het areaal (verkregen door inspectie, metingen, monitoren, schouw etc.) is vervolgens weer input vanuit het areaal richting de afdelingen beheer en onderhoud.

Directie en Omgeving

De omgeving levert bijvoorbeeld wensen (bijvoorbeeld door gebruikers van het areaal en/of omwonenden van het areaal), eisen (bijvoorbeeld wetgeving), randvoorwaarden (bijvoorbeeld andere afdelingen binnen de havenbedrijven) aan het havenbedrijf. De directie vertaalt deze wensen, eisen, randvoorwaarden etc. in beleid ten aanzien van instandhouding van het areaal. Oftewel dit wordt weergegeven in het eerder genoemde SAMP. Andersom is het van belang om dit beleid ook te communiceren en af te stemmen met de omgeving. Deze afstemming kan op velerlei wijzen plaatsvinden: overleggen met gebruikers van de haven, informatieavonden voor de omgeving, afstemming met andere afdeling binnen het havenbedrijf, afstemmen met betrokken overheden, etc.

Areaal en Omgeving

Het areaal levert prestaties aan de Omgeving: gebruikers van de haveninfrastructuur profiteren bijvoorbeeld van een goede bereikbaarheid, veiligheid en schoonheid. Ook bepaalt de staat van het areaal of wordt voldaan aan wettelijke kaders. Andersom heeft de omgeving ook invloed op de prestaties van het areaal: bij intensief gebruik nemen door slijtage de prestaties af. Strengere normen kunnen ervoor zorgen dat de prestaties van het areaal in termen van wetgeving of wensen niet langer voldoende zijn.

Faalmechanismen

Hieronder staan de meest voorkomende faalmechanismen⁴ die optreden bij aanlegsteigers

- Aanvaringen
- Overbelasting palen/bolders
- Niet werken afmeervoorziening
- Slijtage weersomstandigheden
- Slijtage menselijk falen

Maatregelen

Hieronder staan de meest voorkomende onderhoudsmaatregelen die genomen worden.

- Visuele inspectie: 2x per jaar
- Periodiek: smeren en invetten van de dynamische elementen
- Eis-coatingmetingen voor bepalen laagdikte
 - Inspectie extern bedrijf
 - Steekproeven enkele steigers
 - Analyse en advies op basis van Eurocode
- Aanbrengen coating
 - Invloedrijke elementen
 - Palen
 - Waterlijn expliciet
- Vernieuwen anodes

Deze onderhoudsmaatregelen, waarbij daadwerkelijk elementen behandeld of vervangen worden, gebeurt in het merendeel van de gevallen in de vorm van correctief onderhoud¹². Nadelen hiervan zijn dat bij optredende faalvormen, de volledige werking van een element of systeem niet meer functioneert. De reparatie moet onverwacht en ongepland plaatsvinden, waarbij er in de meeste gevallen hoge kosten aan verbonden kunnen zijn. (DB Assetservice, sd)

Budget

In de onderhoudsstrategie van North Sea Port wordt uitgegaan van vijfjarenplanningen, waarin het verwachtingspatroon wordt uitgesproken over het aantredende onderhoud. Voor preventief onderhoud is nagenoeg altijd budget beschikbaar, aangezien het hierin vaak gaat om relatief simpele en goedkope acties. Bij reactief onderhoud of als een grote onderhoudsbeurt wordt gereserveerd, worden er budgetaanvragen gedaan. Dit is voor de lange termijnplanning cruciaal om mee te nemen in de aanbeveling.

Bijlage C: Gegevens steigers

Steigernummers per locatie

Buithaven Vlissingen	Vlissingen-Oost	Terneuzen	Regio Gent
VS0107	VS0502	VP0101	8420_ST01
VS0108	VS0504	VP0102	8430_ST01
VS0102	VS0505		8440_ST01
VS0104	VS0604		8450_ST01
VS0105	VS0605		8460_ST01
	VS0606		2120-2160_ST01
	VS0806		0370_ST01
	VS0901		0370_ST02
	VS0902		0370_ST03
	VS0903		0370_ST04

Figuur 9.10: Steigernummers per locatie

Gegevens voor QuickScan

Steiger nr	Type		Gebruik	Locatie	Bouwjaar	Diepgang	Lengte	Bolders		Palen		Fenders	Conditie
	Soort	Functie						Afstand (m)	Aantal	Afstand (m)	Aantal		
VS0107	Drijvende steiger + loopbrug	Wachtsteiger	1x per dag	Vlissingen buitenhaven	2020	2,8	105	25	10	20	10	25	uitstekend
VS0108	Drijvende steiger + loopbrug	Wachtsteiger	1x per dag	Vlissingen buitenhaven	2020	2,8	105	25	10	20	10	25	uitstekend
VS0102	Vaste steiger naar wal	Laden en lossen	1x per dag	Vlissingen buitenhaven	1962	4,4	120	12	23	6	53	12	matig
VS0104	Vaste steiger + loopbrug	Laden en lossen	Amper	Vlissingen buitenhaven	1962	6,5	175	17	14	30	11	17	matig
VS0105	Vaste steiger naar wal	Laden en lossen	Amper	Vlissingen buitenhaven	1962	4,4	200	10	26	10	60	10	matig
VS0502	Palen + tussenverbinding	Laden en lossen	Amper	Vlissingen Quarleshaven	1982	11,4	50	30	2	30	2	30	redelijk
VS0504	Palen + tussenverbinding	Laden en lossen	1x per dag	Vlissingen Quarleshaven	1982	8,4	40	40	2	40	2	40	redelijk
VS0505	Palen + tussenverbinding	Laden en lossen	1x per dag	Vlissingen Quarleshaven	2005	8,4	80	40	3	40	3	40	redelijk
VS0604	Palen + loopbrug	Wachtsteiger	Continu	Vlissingen Quarleshaven	2002	5,4	170	35	10	35	4	35	matig
VS0605	Palen + loopbrug	Wachtsteiger	Continu	Vlissingen Quarleshaven	2002	5,4	170	35	10	35	4	35	matig
VS0606	Palen + loopbrug	Wachtsteiger	Continu	Vlissingen Quarleshaven	2002	5,4	170	35	10	35	4	35	matig
VS0806	Drijvende steiger naar wal	Wachtsteiger	1x per dag	Scaldiahaven	2019	2,5	250	8	26	30	9	8	uitstekend
VS0901	Palen + loopbrug	Wachtsteiger	Continu	Vlissingen van Cittershaven	1982	4,9	150	32	12	32	7	32	matig
VS0902	Palen + loopbrug	Wachtsteiger	Continu	Vlissingen van Cittershaven	1982	4,9	150	32	12	32	7	32	matig
VS0903	Palen + loopbrug	Wachtsteiger	1x per dag	Vlissingen van Cittershaven	1982	4,9	150	32	12	32	7	32	matig
VP0101	Vaste steiger naar wal	Laden en lossen	Continu	Terneuzen Braakmanhaven	2006	12,8	290	18	35	18	35	18	redelijk
VP0102	Vaste steiger naar wal	Laden en lossen	Continu	Terneuzen Braakmanhaven	2012	15	335	18	35	18	50	18	redelijk
8420_ST01	Palen met loopbrug	Wachtsteiger	Continu	Rodehuizedok	1979	4,9	100	60	6	60	5	6	goed
8430_ST01	Palen met loopbrug	Wachtsteiger	Continu	Rodehuizedok	1979	6	100	60	8	60	5	8	goed
8440_ST01	Palen met loopbrug	Wachtsteiger	Continu	Rodehuizedok	1979	5,9	100	60	8	60	5	8	goed
8450_ST01	Palen met loopbrug	Wachtsteiger	Continu	Rodehuizedok	1979	6	100	60	7	60	5	8	goed
8460_ST01	Palen met loopbrug	Wachtsteiger	Continu	Rodehuizedok	1979	5,7	100	60	7	60	5	7	goed
2120-2160_ST01	Kade verbreding	Laden en lossen	1x per dag	Gent Mercatordok	1991	13	60	0	0	0	0	5	redelijk
0370_ST01	Vaste steiger	Wachtsteiger	Continu	Gent Darsen	1992	4,3	20	4	4	4	2	4	redelijk
0370_ST02	Vaste steiger	Wachtsteiger	1x per dag	Gent Darsen	1992	4,3	40	4	8	4	4	4	redelijk
0370_ST03	Vaste steiger	Wachtsteiger	1x per dag	Gent Darsen	1992	4,3	40	4	8	4	4	4	redelijk
0370_ST04	Vaste steiger	Wachtsteiger	1x per dag	Gent Darsen	1992	4,3	20	4	4	4	2	4	redelijk

Figuur 9.11: Gegevens areaal steigers



Figuur 9.12: Steigers buitenhaven Vlissingen vergroot



Figuur 9.13: Steigers Vlissingen – Oost vergroot



Figuur 9.14: Steigers Braakmanhaven Terneuzen vergroot



Figuur 9.15: Steigers regio Gent vergroot

Fysieke decompositie

Fysieke decompositie					
Niveau 3		Niveau 4		Niveau 5	
Objectdeel		Element		Bouwdeel	
N.4.4.1		Bovenbouw			
		N.4.4.1.1	Bovenbouw constructie		
			N.4.4.1.1.1	Balken	
			N.4.4.1.1.2	Ligger	
			N.4.4.1.1.3	Dekdelen	
			N.4.4.1.1.4	Steigerdek	
			N.4.4.1.1.5	Loopbrug	
			N.4.4.1.1.6	Poeren	
		N.4.4.1.2	Dilatatievoegen		Types voegprofiel
		N.4.4.1.3	Rijdek/slijtlaag		Types slijtlagen
		N.4.4.1.4	Fundaties tbv installaties		
			N.4.4.1.4.1	Poeren	
			N.4.4.1.4.2	Opleg-/glijstrippen	
N.4.4.2		Onderbouw			
		N.4.4.2.1	Fundatiepalen		Type palen
		N.4.4.2.2	Pontonconstructie		
N.4.4.3		Remmingwerk			
		N.4.4.3.1	Star remmingwerk		
			N.4.4.3.1.1	Wrijfstijl	
			N.4.4.3.1.2	Wrijfgording	
			N.4.4.3.1.3	Trapwrijfstijlen	
		N.4.4.3.2	Fenders		
N.4.4.4		Trosvoorzieningen			
		N.4.4.4.1	Bolders		
		N.4.4.4.2	Sliphaken		
		N.4.4.4.3	Winch		

N.4.4.5 Meubilair	
N.4.4.5.1	Drenkelingenladder
	N.4.4.5.1.1 Drenkelingenladder N.4.4.5.1.2 Grijpbeugel
N.4.4.5.2	Bordessen
	Type bordessen
N.4.4.5.3	Leuningwerk
	N.4.4.5.3.1 Leuning op remmingwerk N.4.4.5.3.2 Leuning op bovenbouw constructie N.4.4.5.3.3 Leuning op bordessen N.4.4.5.3.4 Valbeveiligingsbeugel
N.4.4.5.4	Randbalken
	N.4.4.5.4.1 Randbalk N.4.4.5.4.2 Schoprand
N.4.4.5.5	Verlichting
	Type verlichting
N.4.4.5.6	Reflecterend folie/paalcover
	N.4.4.5.6.1 Reflecterende folie N.4.4.5.6.2 Kunststof paalcover met reflecterende streppen
N.4.4.5.7	Bebording
	N.4.4.5.7.1 Paalnummering N.4.4.5.7.2 Nautische bebording N.4.4.5.7.3 Boldernummering
N.4.4.5.8	Nutsvoorzieningen
	N.4.4.5.8.1 Walstroom N.4.4.5.8.2 Watertappunt
N.4.4.6 Corrosie bescherming	
N.4.4.6.1	Opofferings anodes
N.4.4.6.2	Conservering
	Types conservering
N.4.4.7 Bodem	
N.4.4.7.1	Onbeschermd bodem
N.4.4.7.2	Beschermd bodem
	Types bodembescherming

Figuur 9.16: Fysieke decompositie steigers¹⁹

¹⁹ (North Sea Port)

Bijlage D: Toelichting criteria quickscan

Criteria: gevolg

Functie & gebruik

De betrekking met de bedrijfswaardenmatrix stelt namelijk dat 'bereikbaarheid & beschikbaarheid' een eerste belangrijke kernwaarde is die hiermee wordt vastgesteld. Dit biedt namelijk de mogelijkheid voor belangrijke stakeholders om veelvuldig gebruik te kunnen blijven maken van de assets. Wanneer dit niet gerealiseerd kan worden, zal dit leiden tot ongewenste schades op gebied van omzetverlies en schade aan het 'imago', een tweede kernwaarde waarom functie een belangrijke prestatie-eis is. Het imago wordt voornamelijk bepaald door aandacht in de media, en zeker door fusie heeft North Sea Port een belangrijk aanzien binnen de havenlogistiek. Hierom is het van belang om het gebruik van een steiger hoog aan te stellen in de gevolklassificering, zodat klachten of onderbezetting minder snel door de media worden opgepakt. Er is gekozen om eerst onderscheid te maken in het gebruik qua tijdsindicatie, waarna vervolgens een onderscheid wordt gemaakt tussen een simplificatie van het daadwerkelijke gebruik. De relatieve waarde die hieraan wordt gehecht, is gesteld op 40%

De activiteiten die plaatsvinden op een steiger zijn om meerdere manieren interpreteerbaar, in dit geval, omdat het om een snelle analyse gaat, is gekozen voor een vereenvoudigde vergelijking. Dit voorkomt langdurige vergelijkingen van functies en bespaart daarmee tijd. In een later stadium, kan dit worden uitgediept met behulp van eventueel een stakeholdersanalyse. Allereerste wordt een keuze gemaakt omtrent de tijdsduur dat een steiger in gebruik is (klasse 2, 3 of 4). Hierna wordt een koppeling gemaakt met de functie van de steiger. Het asset daalt een klasse wanneer het een wachtsteiger betreft, en stijgt een klasse wanneer het als functie betreft om te laden en lossen.

2:	Amper tot nooit	}	Wachtsteiger: -1
3:	1x tot 2x per dag		
4:	Continu in bezet		Laden / lossen: +1

Diepgang

Wanneer de eis gekoppeld wordt aan een kernwaarde, is op te merken dat deze vooral betrekking heeft op 'bereikbaarheid & beschikbaarheid' en 'directe technische kosten'. Wanneer steigers, ontworpen voor een grotere diepgang, niet bereikbaar zijn, zijn er voor de gebruikers minder alternatieven om aan te meren dan steigers ontworpen voor een lagere diepgang. Ook is het zo dat steigers met een grotere diepgang, kostbaarder zijn om te onderhouden, vanwege de diepte zullen kostbaardere maatregelen moeten worden getroffen om onderhoud uit te voeren bij het optreden van faalmechanismen. Vanwege het belang van deze eis, wordt een relatieve waarde van 30% gesteld. De diepgang binnen het terrein van de assets is concreet en relatief eenvoudig te benaderen en toe te passen binnen de gevolganalyse. Voor de indeling is meegenomen wat de minimaal en maximaal optredende waarden zijn binnen het areaal.

- 1: Minder dan 3 meter
- 2: Tussen 3 en 6 meter
- 3: Tussen 6 en 9 meter
- 4: Tussen 9 en 12 meter
- 5: Meer dan 12 meter

Lengte

Op basis van dezelfde kernwaarden uit de bedrijfswaardenmatrix die gelden voor diepgang, zijn deze ook van toepassing op de steigerlengte. De eis is van iets minder essentieel belang binnen de gevolklassificering en daarmee wordt een procentuele waarde gesteld op 20%. De lengte van de steigers is een relatief eenvoudig te traceren aspect, en daarmee kan ook op een vereenvoudigde manier een concrete puntenindeling worden geformuleerd. Hiermee wordt in acht genomen wat op dit moment de laagste en hoogste uitschieters zijn van de bestaande steigers. Dit zodat er niet teveel variatie ontstaat binnen de risico-uitkomsten van de verschillende assets.

- 1: Minder dan 50 meter
- 2: Tussen 50 en 100 meter
- 3: Tussen 100 en 150 meter
- 4: Tussen 150 en 200 meter
- 5: Meer dan 200 meter

Combinatie

Echter zijn er nog enkele punten waar de assets op kunnen worden getoetst, echter gaat het hierbij niet om een score voor de 'kwaliteit', maar op aanwezigheid. Dit is belangrijk om te vermelden, aangezien het niet rechtvaardig is om negatieve (of positieve) scores uit te delen, als een aspect ontbreekt door de constructieve bouwwijze van een asset. Er is daarom gekozen om punten extra toe te kennen bij het aanwezig zijn van een extra object, omdat dit indiceert dat het gevolg groter is bij dit asset dan wanneer het niet aanwezig zou zijn. Hierbij gaat het nog steeds om prestatie-eisen op basis van gevolg, waarbij ook de kernwaarden van North Sea Port weer een belangrijke factor spelen voor de totstandkoming hiervan. Ook hierbij worden er punten toegekend tussen 1 en 5, waarbij 5 het hoogste risico indiceert door een grote aanwezigheid of instabiele factor van dit element.

De combinatie van onderstaande vijf aspecten, wordt samengevoegd tot een totale score die voor 10% mee zal tellen in de uiteindelijke gevolgklassificering. De waarde die voor de totale combinatie geldt, is een gemiddelde van de vijf waardes, afgerond tot een geheel getal. Zo wordt hierbij nog steeds een waarde toegekend tussen 1 en 5. Zoals eerder aangegeven, gaat het hierbij om aspecten die wel of niet aanwezig kunnen zijn, waardoor een te grote range – en daarmee een vertekenend beeld – wordt geschetst van de verdeling van de steigers als dit te zwaar zou meetellen. Echter, omdat het aspecten zijn die weldegelijk impact hebben op het risico wat op kan treden, wordt het wel meegenomen in de beschouwing.

Bolderafstand (meters)

Hierom is dit een element wat zorgt voor een hoog risico, wanneer een gevolg optreedt.

Voornamelijk de ‘technische directe kosten’ kunnen hoog oplopen wanneer de krachten op de constructie te hoog worden dit risico te kunnen accepteren. Hierom is het van belang dat er een uitgebreide analyse wordt uitgevoerd op de bolderbelasting die mag optreden om de steigers in een gevolgklasse te specificeren.

- 1: <15
- 2: 15-25
- 3: 25-35
- 4: 35-45
- 5: >45

Fendersafstand (meters)

Er zijn verschillende type fenders toegepast binnen de verschillende steigerconstructies, deze zijn in de puntenindeling verder uitgelicht. ‘mens en veiligheid’ en ‘imago’ spelen een belangrijke factor binnen het gevolg wanneer er geen goede of te weinig fenders gemonteerd zitten aan een steiger. Dit kan leiden tot zware botsingen met potentieel menselijk letsel tot gevolg. Ook toont het een sterke mate van klantgerichtheid wanneer er als bedrijf een betrokken houding wordt geuit doormiddel van het positioneren van veiligheidsmaatregelen.

- 1: <5
- 2: 5 – 10
- 3: 10-15
- 4: 15-20
- 5: >20

Paalafstand (meters)

De ‘directe technische kosten’ kunnen hoog oplopen, door verschillende redenen. Als eerste doordat een groot deel van de steiger onbereikbaar kan zijn om goed onderhoud uit te voeren, en mede doordat wellicht grote delen van de constructie gedeeltelijk moet worden gedemonteerd om reparaties mogelijk te maken. Ook ‘financiële claims’ zijn een kernwaarde die hoog op kunnen lopen. Gebruikers (grote kans ook de veroorzaker), zullen vaak een beroep willen doen op bepaalde rechten om niet voor de kosten op te hoeven draven. En de ‘beschikbaarheid en bereikbaarheid’ zal eronder leiden, waardoor klanten geen gebruik kunnen maken van het asset en daarmee de omzet voor onder andere North Sea Port zal dalen.

- 1: <15
- 2: 15-25
- 3: 25-35
- 4: 35-45
- 5: >45

Walverbinding

Hierbij schaaft namelijk de 'beschikbaarheid & bereikbaarheid' van het asset, zowel voor gebruikers als voor onderhoudsteams die werkzaamheden willen uitvoeren. Ook heeft het falen van de walverbinding invloed op 'mens en veiligheid'. Een verbinding met de wal is in principe de snelste uitweg bij calamiteiten op en rond de steiger. Als dit niet meer tot de mogelijkheden behoort, wordt de kans op schade vergroot. Tot slot kan ook het 'imago' leiden onder falen van de walverbinding,

- 0: Geen walverbinding
- 1: Vaste walverbinding
- 2: Drijvende walverbinding

Locatie

Erosie veroorzaakt potentieel verminderend draagvermogen van de constructiepalen. Een vereenvoudigde oplossing is om genoeg zand te suppleren om dit draagvermogen te behouden, echter heeft dit als negatieve tendens dat dan de ontworpen diepgang niet meer toereikend is. Deze minimale en maximale grens zijn daarom cruciale punten om tussen te manoeuvreren, wat kan leiden tot hoge 'directe technische kosten'.

- 1: Binnenhaven
- 2: Buitenhaven

Prestatie-eisen: kans

Bouwjaar

Mede op ervaringsadvies van meerdere assetmanagement is gekozen voor de volgende puntenindeling voor het bouwjaar. Hierin zijn voornamelijk de oudste steigers als maatstaf genomen. Daardoor wordt voorkomen dat teveel steigers in dezelfde klassificering zullen eindigen, waarna dit zal leiden tot een verkeerde weergave van de rangschikking. Om dezelfde rede is ook gekozen om een ruim interval toe te passen binnen de puntenindeling. Het bouwjaar is op zichzelf een minder zeggend aspect dan conditie, maar de indicatie is wel heel meetbaar, hierom is gekozen om een relatieve waarde van 40% toe te kennen.

- 1: Later dan 2015
- 2: 2005 – 2015
- 3: 1995 – 2005
- 4: 1980 – 1995
- 5: Vroeger dan 1980

Conditie

Onder conditie kunnen de volgende elementen worden beschouwd om de analyse te verfijnen: onderhoudsapplicatie en ontwerplevensduur. Deze twee aspecten hebben een grote invloed op de conditie, aangezien dit indiceert of de staat van het asset het gewenste doel heeft bereikt tijdens de momentopname. Dit maakt het daarom ook een moeilijk meetbaar aspect, gezien de levensloop een traject is, wat niet continu te meten valt. Ook hierom is het niet mogelijk om dit te betrekken in dit onderzoek voor het totale areaal.

Zoals eerder vermeld, is conditie een moeilijk te meten aspect, aangezien het van best een aantal factoren afhankelijk is. Hierom wordt voor dit onderzoek een vereenvoudiging aangehouden voor de vaststelling ervan. Dit wordt gedaan op basis van het wel- of niet bereiken van de ontwerplevensduur als met de huidige onderhoudsstrategie wordt doorgezet. Dit zal resulteren in een mate van haalbaarheid of de levensduur van een asset op een juiste manier is voortgezet in het verleden. Hiermee wordt ook geïndiceerd of het asset goed is onderhouden sinds de oplevering van het asset. Conditie is, wanneer het te beschrijven valt, een duidelijker criterium om de kans van falen te initiëren. Hierom is gekozen om een waarde van 60% hieraan te koppelen.

- 1: Uitstekend
- 2: Goed
- 3: Redelijk
- 4: Matig
- 5: Slecht

Bijlage E: Quicksan risicoklassificering

	Functie - Gebruik		Diepgang		Lengte steiger		Bolderafstand	Fenderafstand	Palenafstand	Walverbinding	Locatie	Combinatie	Score totaal Gevolg	Gevolgklassen
Steiger nr.		40%		30%		20%						10%		
Maximaal	5	40	5	30	5	20	5	5	5	2	2	10	100	Gevolgklasse 5
VP0101	5	40	5	30	5	20	2	5	2	1	2	6	96	Gevolgklasse 5
VP0102	5	40	5	30	5	20	2	5	2	1	2	6	96	Gevolgklasse 5
VS0104	3	24	3	18	4	16	2	3	3	1	2	6	64	Gevolgklasse 3
VS0102	4	32	2	12	3	12	1	5	1	1	2	5	61	Gevolgklasse 3
VS0901	4	32	2	12	4	16	3	1	3	2	2	6	66	Gevolgklasse 3
VS0902	4	32	2	12	4	16	3	1	3	2	2	6	66	Gevolgklasse 3
VS0105	3	24	2	12	4	16	1	5	1	1	2	5	57	Gevolgklasse 3
2120-2160_ST01	4	32	5	30	2	8	0	2	0	1	2	3	73	Gevolgklasse 3
VS0604	4	32	2	12	4	16	4	2	4	2	2	7	67	Gevolgklasse 3
VS0605	4	32	2	12	4	16	4	2	4	2	2	7	67	Gevolgklasse 3
VS0606	4	32	2	12	4	16	4	2	4	2	2	7	67	Gevolgklasse 3
VS0903	3	24	2	12	4	16	3	1	3	2	2	6	58	Gevolgklasse 3
8430_ST01	4	32	3	18	3	12	5	3	5	1	1	8	70	Gevolgklasse 3
8450_ST01	4	32	3	18	3	12	5	3	5	1	1	8	70	Gevolgklasse 3
VS0502	3	24	4	24	2	8	3	3	3	0	2	6	62	Gevolgklasse 3
VS0504	4	32	3	18	1	4	4	3	4	0	2	7	61	Gevolgklasse 3
8420_ST01	4	32	2	12	3	12	5	3	5	1	1	8	64	Gevolgklasse 3
8440_ST01	4	32	2	12	3	12	5	3	5	1	1	8	64	Gevolgklasse 3
8460_ST01	4	32	2	12	3	12	5	3	5	1	1	8	64	Gevolgklasse 3
0370_ST01	4	32	2	12	1	4	1	1	1	1	1	3	51	Gevolgklasse 3
VS0505	4	32	3	18	2	8	4	3	4	0	2	7	65	Gevolgklasse 3
0370_ST02	2	16	2	12	1	4	1	1	1	1	1	3	35	Gevolgklasse 2
0370_ST03	2	16	2	12	1	4	1	1	1	1	1	3	35	Gevolgklasse 2
0370_ST04	2	16	2	12	1	4	1	1	1	1	1	3	35	Gevolgklasse 2
VS0806	2	16	1	6	5	20	1	4	3	2	2	6	48	Gevolgklasse 2
VS0107	2	16	1	6	3	12	3	2	2	2	2	6	40	Gevolgklasse 2
VS0108	2	16	1	6	3	12	3	2	2	2	2	6	40	Gevolgklasse 2
Minimaal	1	8	1	6	1	4	0	1	0	0	1	1	19	Gevolgklasse 1

Figuur 9.17: Risicoklassificering gevolg

	Bouwjaar		Conditie		Score totaal Kans	Kansklassen		Score totaal Risico	Risicoklasse
Steiger nr.		40%		60%					
Maximaal	5	40	5	60	100	Kansklasse 5		100	Risicoklasse 5
VP0101	3	24	3	36	60	Kansklasse 3		58	Risicoklasse 4
VP0102	3	24	3	36	60	Kansklasse 3		58	Risicoklasse 4
VS0104	5	40	4	48	88	Kansklasse 5		56	Risicoklasse 4
VS0102	5	40	4	48	88	Kansklasse 5		54	Risicoklasse 3
VS0901	4	32	4	48	80	Kansklasse 4		53	Risicoklasse 3
VS0902	4	32	4	48	80	Kansklasse 4		53	Risicoklasse 3
VS0105	5	40	4	48	88	Kansklasse 5		50	Risicoklasse 3
2120-2160_ST01	4	32	3	36	68	Kansklasse 3		49	Risicoklasse 3
VS0604	3	24	4	48	72	Kansklasse 3		49	Risicoklasse 3
VS0605	3	24	4	48	72	Kansklasse 3		49	Risicoklasse 3
VS0606	3	24	4	48	72	Kansklasse 3		49	Risicoklasse 3
VS0903	4	32	4	48	80	Kansklasse 4		46	Risicoklasse 3
8430_ST01	5	40	2	24	64	Kansklasse 3		45	Risicoklasse 3
8450_ST01	5	40	2	24	64	Kansklasse 3		45	Risicoklasse 3
VS0502	4	32	3	36	68	Kansklasse 3		42	Risicoklasse 3
VS0504	4	32	3	36	68	Kansklasse 3		41	Risicoklasse 3
8420_ST01	5	40	2	24	64	Kansklasse 3		41	Risicoklasse 3
8440_ST01	5	40	2	24	64	Kansklasse 3		41	Risicoklasse 3
8460_ST01	5	40	2	24	64	Kansklasse 3		41	Risicoklasse 3
0370_ST01	4	32	3	36	68	Kansklasse 3		34	Risicoklasse 3
VS0505	2	16	3	36	52	Kansklasse 3		34	Risicoklasse 3
0370_ST02	4	32	3	36	68	Kansklasse 3		24	Risicoklasse 2
0370_ST03	4	32	3	36	68	Kansklasse 3		24	Risicoklasse 2
0370_ST04	4	32	3	36	68	Kansklasse 3		24	Risicoklasse 2
VS0806	1	8	1	12	20	Kansklasse 1		10	Risicoklasse 2
VS0107	1	8	1	12	20	Kansklasse 1		8	Risicoklasse 1
VS0108	1	8	1	12	20	Kansklasse 1		8	Risicoklasse 1
Minimaal	1	8	1	12	20	Kansklasse 1		4	Risicoklasse 1

Figuur 9.18: Risicoklassificering Kans en Risico

Bijlage F: Gegevens onderhoudsmaatregelen

Figuur 9.19: Kosten onderhoudsmaatregelen geschat²⁰

	Activiteit	Kosten
	Visuele inspectie	€500 / dag
	Technische inspectie	€1000 / dag
Fender	Vervangen	€1000 / stuk
	Klein onderhoud	€1500 / dag
	Groot onderhoud	€2000
Drenkelingladder	Vervangen	€750 /stuk
	Klein onderhoud	€1500 / dag
	Groot onderhoud	€2500 / dag
Voegen	Vervangen	€20 / meter
	Klein onderhoud	€1000
	Groot onderhoud	€2000

²⁰ (North Sea Port)

Bijlage G: LCC's

Berekening staal

$$\text{Aantal} = 64 \text{ st.}$$

$$\text{Lengte} = 8 \text{ m}$$

$$B\phi = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Stadeldikte} = 3 \text{ mm}$$

$$\left. \begin{array}{l} B\phi = 50 \text{ mm} \\ \text{Stadeldikte} = 3 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{Binnen } \phi = 50 - 2 \times 3 = 44 \text{ mm}$$

$$\text{afstand tussen treden} = 25 \text{ cm}$$

$$\rightarrow \text{aantal treden} = 800/25 = 32 \text{ st.}$$

$$\text{Lengte treden} = 50 \text{ cm.}$$

$$\text{eigen gewicht staal} : 7850 \text{ kg/m}^3$$

oppervlakte doorsnee

$$\left(\frac{0,05}{2}\right)^2 \times \pi - \left(\frac{0,044}{2}\right)^2 \times \pi = 0,00044 \text{ m}^2$$

$$\text{Lengte staal} : 2 \times 8 + 32 \times 0,5 = 32 \text{ m}$$

$$\text{Gewicht ladder} : 0,00044 \times 32 \times 7850 = 110,5 \text{ kg}$$

$$\text{Totaal} : 110,5 \times 64 \approx 7100 \text{ kg}$$

omtrek doorsnee :

$$2\pi \times \frac{0,05}{2} = 0,16 \text{ m}$$

oppervlakte ~~totaal~~ ladder

$$0,16 \times 32 = 5,12 \text{ m}^2$$

$$\text{Totaal} : 5,12 \times 64 = 330 \text{ m}^2$$

90

Bijlage H: Notulen vergaderingen

Notulen 01-03-2022

Aanwezigen

Daniël

Joris

Gerard

Dennis

1. Opening Joris

Aanleiding bespreking

Evaluatie opening stage

2. Presentatie Daniël

Herformulering hoofdvraag

Opzet onderzoeksvoorstel incl. deelvragen

Planning eerste 7 weken

Eerste aanzet onderzoek steigers

3. Gesprek vier aanwezigen

Inspiratie interessante steigers

Verdeling 'type' steigers

Prestatie-eisen met betrekking tot gevolgklasse

4. Afsluiting

Afspraken voor vervolg van onderzoek

Uitwisselen contactgegevens

Nalopen agenda's voor eerstvolgende samenkomst

Notulen 24-03-2022

Aanwezigen

Daniël

Dennis

1. Opening Daniël

Aanleiding bespreking

2. Gesprek twee aanwezigen

Voortgang rapport

Laatste details gegevens steiger

Onduidelijkheid over sommige (nog ontbrekende) jaartallen

Duiden functie van alle steigers

Verificatie uitgewerkte prestatie-eisen

Bouwjaar en conditie zijn geen gevolgen maar verhogen wel de kans van optreden

Later meenemen in beschouwing voor specificatie één steiger

Koppeling relatieve waardes en puntenindeling

Functie en gebruik mag zwaar wegen dmv kernwaarden North Sea Port

Diepgang belangrijker dan lengte door vraag stakeholders

en impact bij schade (bereikbaarheid)

Opnemen bepaalde aspecten die niet te zwaar mee moeten tellen maar wel van belang zijn

Palen – constructie waarborging

Bolders – belang stakeholder

Fenders – bescherming

Walverbinding – veiligheid

Locatie - erosie

3. Afsluiting

Afspraken voor vervolg van onderzoek

Bijlage I: Figurenlijst

Figuur 1.1: Braakmanhaven, Terneuzen	8
Figuur 1.2: Zuiddok, Gent	8
Figuur 1.3: Steiger buitenhaven Vlissingen	10
Figuur 1.4: Begrippenlijst	11
figuur 2.1: Overzicht areaal steigers.....	12
figuur 2.2: Vereenvoudigde strategie North Sea Port voor risicogestuurd assetmanagement	13
figuur 2.3: Basisprincipes van assetmanagement	14
figuur 2.4: Assetmanagementmodel volgens ISO55000 in relatie tot het model voor North Sea Port	15
figuur 2.5: Bedrijfswaardenmatrix North Sea Port kademuren (gevolgen)	17
figuur 2.6: Bedrijfswaardenmatrix North Sea Port kademuren (kans van optreden).....	18
figuur 2.7: Six Stage Model for Maintenance.....	20
figuur 2.8: Six Stage Model for Maintenance met bijgevoegd: bedrijfswaardenmatrix en RCM en FMECA	21
figuur 2.9: Specificatie assetmanagementstrategie North Sea Port	21
figuur 3.1: Stappenplan bedrijfswaardenmatrix	27
figuur 3.2: Stappenplan risicoklassificering	28
figuur 3.3: Stappenplan onderhoudsproces.....	33
figuur 3.4: Stappenplan variantenstudie.....	34

Figuur 4.1: Bedrijfswaardenmatrix steigers (gevolgen)	36
Figuur 4.2: Bedrijfswaardenmatrix steigers (kans van optreden).....	36
Figuur 4.3: Bedrijfswaardenmatrix steigers, bereikbaarheid & beschikbaarheid.....	37
Figuur 4.4: Bedrijfswaardenmatrix steigers, Directe technische kosten.....	38
Figuur 4.5: Bedrijfswaardenmatrix steigers (numeriek).....	39
Figuur 4.6: Risicoklassificering (top 10)	40
Figuur 4.7: Steiger Braakmanhaven, Terneuzen	41
Figuur 4.8: FMECA, Fysieke decompositie	42
Figuur 4.9: FMECA, Assetinformatie	43
Figuur 4.10: FMECA, Functionele decompositie	44
Figuur 4.11: FMECA, Faalgedrag (faalwijze, faaloorzaak)	45
Figuur 4.12: FMECA, Faalgedrag (effect lokaal, effect globaal)	45
Figuur 4.13: FMECA, Kernwaarden (Bereikbaarheid & beschikbaarheid)	46
Figuur 4.14: FMECA, Strategie.....	46
Figuur 4.15: FMECA, Toetsing risico (voor maatregelen).....	46
Figuur 4.16: FMECA, Inspectieplan (1)	47
Figuur 4.17: FMECA, Inspectieplan (2)	47
Figuur 4.18: FMECA, Kernwaarden (na maatregelen).....	48
Figuur 4.19: Toetsing risico (na maatregelen).....	48
Figuur 4.20: Kritische faaloorzaken	49
Figuur 4.21: Overzicht type activiteiten	49
Figuur 4.22: Onderhoudsplan Fenders.....	50
Figuur 4.23: Onderhoudsplan Drenkelingtrappen	50
Figuur 4.24: Onderhoudsplan Voegprofiel.....	51
Figuur 4.25: Gegevens drenkelingtrap	52
Figuur 4.26: Overzicht posities drenkelingtrappen Braakmanhaven.....	52
Figuur 4.27: Maatvoering staal drenkelingtrap.....	52
Figuur 4.28: Uitwerking gegevens staalprofiel.....	52
Figuur 4.29: LCC, Thermisch verzinken.....	53
Figuur 4.30: LCC, Coating.....	53
Figuur 4.31: LCC, Duplex.....	53
Figuur 4.32: Uitkomst variantenstudie.....	55

Figuur 9.1: Hiërarchie van assets, toelichting positie AM tools binnenin systeem (Smith, 2014)	62
Figuur 9.2: Six Stage Model for Maintenance. (Schoenmaker, 2011).....	62
Figuur 9.3: Afwegingen voor de keuze van een correctieve of preventieve onderhoudsstrategie (Rijkswaterstaat, 2002).....	63
Figuur 9.4: Toelichting op de processtappen in het model van het onderhoudsproces, (Schoenmaker, 2011).....	64
Figuur 9.5: Specificatie afweging correctief of preventief onderhoud (1).....	65
Figuur 9.6: Six Stage Model for Maintenance. (Schoenmaker, 2011).....	66
Figuur 9.7: Six Stage Model for Maintenance. (Schoenmaker, 2011).....	67
Figuur 9.8: Overzicht RCM stappen en inpassing FMEA	67
Figuur 9.9: Assetmanagementmodel volgens ISO55000 in relatie tot het model voor North Sea Port	69
Figuur 9.10: Steigernummers per locatie.....	73
Figuur 9.11: Gegevens areaal steigers.....	74
Figuur 9.12: Steigers buitenhaven Vlissingen vergroot.....	75
Figuur 9.13: Steigers Vlissingen – Oost vergroot.....	76
Figuur 9.14: Steigers Braakmanhaven Terneuzen vergroot.....	77
Figuur 9.15: Steigers regio Gent vergroot	78
Figuur 9.16: Fysieke decompositie steigers.....	80
Figuur 9.17: Risicoklassificering gevolg	86
Figuur 9.18: Risicoklassificering Kans en Risico.....	87
Figuur 9.19: Kosten onderhoudsmaatregelen geschat	88