



HOGERE ZEEVAARTSCHOOL ANTWERPEN

De economische impact van corrosie

Nathaniël Simonart

Scriptie voorgedragen tot het behalen
van de graad van
Master in de Nautische Wetenschappen

Promotor: prof. dr. Geert Potters

Academiejaar: 2020 - 2021

Woord vooraf

Corrosie is een wereldwijd fenomeen waar zo goed als iedereen weet van heeft, maar waar relatief weinig mensen bij stil staan. Dit is ook het geval in de maritieme sector met echter één groot verschil, namelijk dat zo goed als iedereen die er bij betrokken is, wel eens heeft stilgestaan bij corrosie.

Het is algemeen geweten dat corrosie van groot belang is en dus wordt er ook veel aandacht aan besteed en onderzoek naar gedaan. Als echter een concretere blik op de volledige omvang van het probleem gewenst is, is er enkel de mogelijkheid om te kijken cijfers rond de kost van corrosie.

Op het internet vindt men al snel verschillende waarden voor de wereldwijde kost van corrosie terug. Cijfers vinden rond de kost van corrosie in een bepaald land vergt al wat meer moeite en kan zelfs tevergeefs zijn aangezien niet elk land studies rond de kost van corrosie heeft uitgevoerd. Als er echter nog concreter gezocht wordt, bijvoorbeeld de kost van corrosie in Vlaanderen of voor de haven van Antwerpen, stelt men vast dat deze cijfers gewoon niet bestaan.

Tijdens mijn zoektocht naar een scriptie onderwerp was het prof. dr. Geert Potters die hier mijn aandacht op vestigde. Hiervoor bedank ik hem van harte alsook voor de veelvuldige en kwalitatieve begeleiding bij het schrijven van deze scriptie.

Samenvatting

Corrosie is een wereldwijd probleem dat in zo goed als alle aspecten van onze maatschappij terugkomt. Om de impact en het belang van corrosie eenvoudig weer te geven, gebruikt men de kost van corrosie. Dit is een monetaire waarde die aanduidt hoeveel geld er besteed wordt aan de corrosieproblematiek.

Deze problematiek kan in economisch opzicht in twee delen bekeken worden, een macro-economische impact, op de economie van een land, of een micro-economische impact, op één bedrijf.

Door de verschillende studies met elkaar te vergelijken die reeds op macro-economisch vlak zijn uitgevoerd, worden de voor- en nadelen van de verschillende gebruikte methoden bepaald.

Hieruit komt de Hoar-methode naar voor als de beste om te proberen de micro-economische impact te bepalen. Hiervoor wordt een vragenlijst opgesteld die zowel peilt naar de geleden kost van corrosie als naar het corrosiemanagementbeleid binnen individuele bedrijven.

De verwerking van de bekomen resultaten toont enerzijds aan dat er nog veel nood is aan een hogere graad van bewustzijn rond de economische kost van corrosie en kan anderzijds gelden als proof of concept om aan de hand van een vragenlijst de micro-economische impact van corrosie te bepalen.

Abstract

Corrosion is a worldwide problem that exists in almost all the aspects of our society. To easily show the impact and importance of corrosion, the cost of corrosion is used. This is a monetary value that showcases how much money is spent on the issues surrounding corrosion.

From an economic point of view, this problem can be viewed in two parts, a macro-economic impact, on the economy of a country, or a micro-economic impact, on one company.

By comparing the different studies that have already been carried out on a macro-economic level, the advantages and disadvantages of the different methods used are determined.

From this, the Hoar method emerges as the best for trying to determine the microeconomic impact. To this end, a questionnaire is drawn up that assesses both the cost of corrosion and the corrosion management policy within an individual company.

The processing of the obtained results shows that on the one hand, there is still a great need for a higher degree of awareness of the economic cost of corrosion and that on the other, it can serve as a proof of concept to determine the micro-economic impact of corrosion on the basis of a questionnaire.

Inhoudstafel

Lijst van figuren	vii
Lijst van tabellen.....	viii
1 Inleiding.....	1
2 Algemene context rond corrosie en de impact ervan	3
2.1 Wat is corrosie	3
2.2 Impact van corrosie	4
2.2.1 Impact op niveau van het individu.....	4
2.2.2 Impact op collectief niveau	5
2.3 Beeldvorming van de kost van corrosie.....	6
3 Het bepalen van de macro-economische financiële impact van corrosie.....	8
3.1 Algemeen	8
3.2 Wereldwijd.....	9
3.3 Landelijk	12
3.3.1 Verenigde Staten van Amerika	12
3.3.2 Verenigd Koninkrijk.....	17
3.3.3 Japan.....	18
3.3.4 China	20
3.3.5 Andere landen	23
3.3.6 België.....	24
3.4 Discussiepunten en besluiten.....	25
3.4.1 Verschillen in methodiek.....	25
3.4.1.1 De Uhlig-methode	27
3.4.1.2 De Hoar-methode.....	27
3.4.1.3 Het input/output model	28
3.4.1.4 De netto contante waarde benadering	29
3.4.2 Extrapolatie.....	29

4	Benadering van de micro-economische impact op basis van de geleerde lessen uit de macro-economische impact.....	31
4.1	Algemeen.....	31
4.2	Opstellen van een vragenlijst.....	32
4.2.1	Algemeen.....	32
4.3	Vragenlijst deel 1: kost van corrosie.....	33
4.4	Vragenlijst deel 2: Corrosiemanagement.....	36
4.4.1	Inhoud van de vragenlijst.....	37
4.4.2	Deel 2 van de vragenlijst.....	39
4.5	Verwerken van de vragenlijst.....	41
4.5.1	Verwerken van de vragenlijst deel 1: kost van corrosie.....	41
4.5.2	Verwerken van de vragenlijst deel 2: corrosie management.....	41
5	Resultaten.....	48
5.1	Foxtrot.....	49
5.2	Mike.....	54
5.3	Groepering van de resultaten.....	57
6	Discussie.....	59
6.1	Resultaten.....	59
6.1.1	“Maar” twee ingevulde vragenlijsten.....	59
6.1.2	Geen omzet gegeven bij Foxtrot.....	61
6.1.3	Geen onderverdeling van de kost van corrosie bij Mike.....	62
6.1.4	Geen gegevens rond de indirecte kost van corrosie.....	63
6.1.5	Relatie tussen procentuele kost van corrosie en corrosiemanagement.....	63
6.2	Gebuurde methode.....	64
6.3	Een vooruitblik.....	68
7	Conclusie.....	71
	Bibliografie.....	73

Lijst van Bijlages..... 77

Lijst van figuren

Figuur 1:	Uniforme corrosie	3
Figuur 2:	Gelocaliseerde corrosie	3
Figuur 3:	Verwijderde heupprothese	4
Figuur 4:	Geïsoleerd 316L roestvrijstaal deeltjes onder microscoop met bi chromatische verlichting	4
Figuur 5:	Gedeeltelijke instorting van de Berlijnse congresshal.....	5
Figuur 6:	I-35W Mississippi River Bridge	6
Figuur 7:	Kost van corrosie (% van BBP) volgens jaar en methode: Japan.....	25
Figuur 8:	Kost van corrosie (% van BBP) volgens jaar en methode: VS.....	26
Figuur 9:	Optimalisatie van de kost van corrosie	38
Figuur 10:	Een voorbeeld van een mogelijk resultaat bij een periodieke bevraging	69

Lijst van tabellen

Tabel 1:	De referentie CoC studies en de bijhorende regio's	10
Tabel 2:	Globale CoC volgens regio en sector (miljard USD 2013)	12
Tabel 3:	Directe kost van corrosie in de VS in 1949 (Uhlig-methode)	13
Tabel 4:	Kost van anti-corrosie maatregelen in de Verenigde Staten van Amerika in 1998	15
Tabel 5:	Geschatte directe kost van corrosie in de Verenigde Staten van Amerika in 1998	16
Tabel 6:	Kost van corrosie en mogelijke besparing per industriële sector in het VK in 1970.....	17
Tabel 7:	Directe kost van corrosie in Japan in 1975 en 1997 (Uhlig-methode)	19
Tabel 8:	Directe kost van corrosie in Japan in 1975 en 1997 (Hoar-methode)	20
Tabel 9:	Kost van corrosie in China volgens een beperkte studie uit 1980	21
Tabel 10:	Kost van corrosie in China voor 2002 en 2014 (Uhlig-methode)	22
Tabel 11:	Directe kost van corrosie in China verdeeld volgens economische sector (Hoar-methode)	23
Tabel 12:	Kost van corrosie in België op basis van het Hoar rapport uit het VK	24
Tabel 13:	Voor- en nadelen van de verschillende methoden om de kost van corrosie te bepalen.....	34
Tabel 14:	Quotering voor Vraag 1 uit de vragenlijst	43
Tabel 15:	Verdeling van de geschatte jaarlijkse kost van corrosie bij Foxtrot ...	49
Tabel 16:	Scores van Foxtrot	53
Tabel 17:	Verdeling van de geschatte jaarlijkse kost van corrosie bij Mike	54
Tabel 18:	Scores van Mike.....	57
Tabel 19:	Vergelijkende tabel van de verdeling van de geschatte jaarlijkse kost van corrosie.....	58
Tabel 20:	Vergelijkende tabel van de scores bij de open vragen	58
Tabel 21:	Bepalen Japans BBP in yen voor 1975 en 1997	80
Tabel 22:	Bepalen van de kost van corrosie in Japan als procent van het BBP	80

Lijst van afkortingen

BBP

bruto binnenlands product

CoC

cost of corrosion

1 Inleiding

In onze wereld is corrosie een onontkoombaar gegeven. Wat we ook doen, corrosie zal door zijn destructieve natuur een impact hebben op onze economie en bij uitbreiding, onze maatschappij. Bij het omgaan met corrosie is het dus van belang om te beseffen dat, wat we ook doen, het nooit volledig zal verdwijnen. De beste uitkomst is het probleem van corrosie zodanig aanpakken dat deze economische impact minimaal is.

Een manier om de impact van corrosie op de economie te minimaliseren, is ervoor te zorgen dat bij alle bedrijven en instanties die de totale economie vormen, de economische impact van corrosie zo klein mogelijk gehouden wordt. Dit is iets wat zij kunnen proberen te verwezenlijken door een goed en efficiënt corrosiemanagementbeleid na te streven.

Het is de bedoeling te onderzoeken of het mogelijk is deze relatie tussen de impact van corrosie en het corrosiemanagementbeleid te bepalen aan de hand van een bevraging bij bedrijven en instanties binnen de Vlaamse maritieme industrie. Indien dit kan, is het ook de bedoeling om te kijken welke eventuele lessen er te leren zijn uit het naast elkaar leggen van de kost van corrosie (cost of corrosion, CoC) binnen een bedrijf of instantie en hun heersende corrosiemanagementsbeleid.

Om dit te verwezenlijken is er een manier nodig om de impact van corrosie te bepalen, alsook een methode om het corrosiemanagementbeleid van een bedrijf of instantie te beoordelen op een zodanige manier dat het mogelijk is om de twee naast elkaar te leggen en de nodige besluiten te trekken.

Eerst wordt er nagegaan op welke manieren de impact van corrosie bepaald kan worden. Er wordt gekeken naar reeds eerder uitgevoerde voorbeelden van deze bekomen methoden. Op basis daarvan kunnen dan de voor- en nadelen van elke methode bekeken worden om de methode te vinden die zicht het beste leent naar ons doel.

Vervolgens wordt een vragenlijst en verbeter sleutel opgesteld aan de hand waarvan het heersende corrosiemanagementbeleid bij een bedrijf of instantie beoordeeld wordt.

Op basis hiervan is dan een bevraging uitgevoerd binnen de Vlaamse maritieme industrie. De verwerkte resultaten uit deze vragenlijsten worden gegroepeerd om een optimaal overzicht te krijgen.

Ten slotte zullen de hieruit bekomen discussiepunten uitgebreid worden behandeld om een antwoord te formuleren op de onderzoeksvraag.

2 Algemene context rond corrosie en de impact ervan

2.1 Wat is corrosie

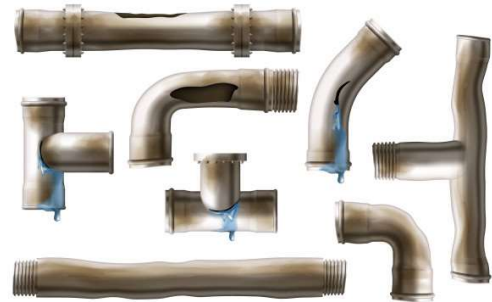
Corrosie kan in het algemeen beschouwd worden als een chemisch proces dat leidt tot het afbreken van materieel door reactie met zijn omgeving (Tiwari et al., 2014). Dit is een heel brede definitie. Hierdoor is het mogelijk om een onderscheid te maken tussen verschillende vormen van corrosie, op basis van het effect of op basis van de omgevingsfactoren waarin het gebeurt.

Als we het effect van corrosie beschouwen, maken we onder andere een onderscheid tussen uniforme en gelokaliseerde corrosie (Tiwari et al., 2014). Bij uniforme corrosie wordt de volledige blootgestelde oppervlakte van het materieel evenredig aangetast (Figuur 1). Bij gelokaliseerde corrosie is dit niet het geval. Hierbij worden bepaalde delen sterk of zelfs heel sterk aangetast terwijl andere delen helemaal niet zijn aangetast, (Figuur 2).



Figuur 1: Uniforme corrosie

Bron: Welcomia



Figuur 2: Gelokaliseerde corrosie

Bron: Vectorpocket

Een andere onderverdeling die gemaakt wordt, is op basis van de omgevingsfactoren (Tiwari et al., 2014). Hier onderscheidt men, natte corrosie, droge corrosie en corrosie in andere vloeistoffen. Zoals de namen al suggereren, heeft natte corrosie plaats in een natte/vochtige omgeving, droge corrosie heeft plaats onder invloed van gassen en corrosie in andere vloeistoffen heeft plaats in een omgeving met andere vloeistoffen dan water.

Corrosie beperkt zich niet enkel tot metalen: ook niet-metalen zoals rubber, plastic, keramiek, ... kunnen worden aangetast door hun omgeving.

Voor het verdere verloop van de scriptie gaan we enkel metalen beschouwen in een natte/vochtige omgeving als we spreken over corrosie.

2.2 Impact van corrosie

Zoals de voorgaande uitleg heeft aangetoond, is corrosie een vrij breed begrip. Het heeft daarom een impact van variërend belang op veel facetten van ons leven.

Enkele voorbeelden tonen de nood aan van een duidelijk zicht op de omvang van het probleem en aan een preventieve aanpak.

2.2.1 Impact op niveau van het individu

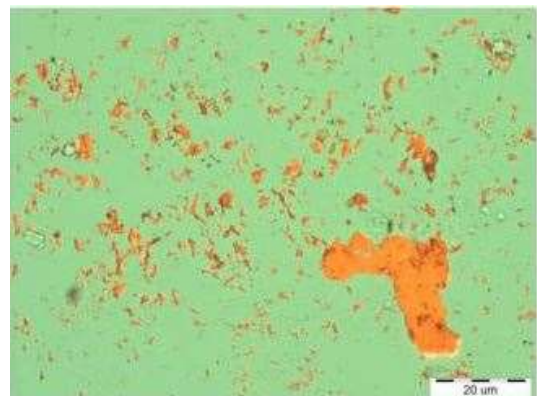
Corrosie kan op verschillende manieren impact hebben op het individu. De gevolgen hiervan zijn over het algemeen niet echt spectaculair of opvallend, maar ze zijn daarom niet onbelangrijk.

Als voorbeeld hiervan kunnen we het roesten van medische prothesen aanhalen (Figuur 3 en Figuur 4).



Figuur 3: Verwijderde heupprothese

Bron: Eliaz, 2019



Figuur 4: Geïsoleerd 316L roestvrijstaal deeltjes onder microscoop met bi chromatische verlichting

Bron: Eliaz, 2019

Dit gebeurt meestal heel onopvallend en komt pas aan het licht als de patiënt symptomen ontwikkelt variërend van lokale gevoeligheid tot acute pijn en zwelling (Eliaz, 2019). De gevolgen zijn beperkt tot die ene patiënt. Dit is een probleem dat minder en minder voorkomt dankzij de vooruitgang van de medische wetenschap en het gebruik van betere materialen bij het produceren van prothesen (Eliaz, 2019)

2.2.2 Impact op collectief niveau

Hierbij zijn de gevolgen in tegenstelling tot daarnet heel zichtbaar en vaak ook heel spectaculair. We hebben het hier over het instorten van daken, gebouwen, bruggen, ...

De gedeeltelijke instorting van de Berlijnse congresshal op 21 mei 1980 met als gevolg een dode en verschillende gewonden, kan hier als voorbeeld dienen (Figuur 5).



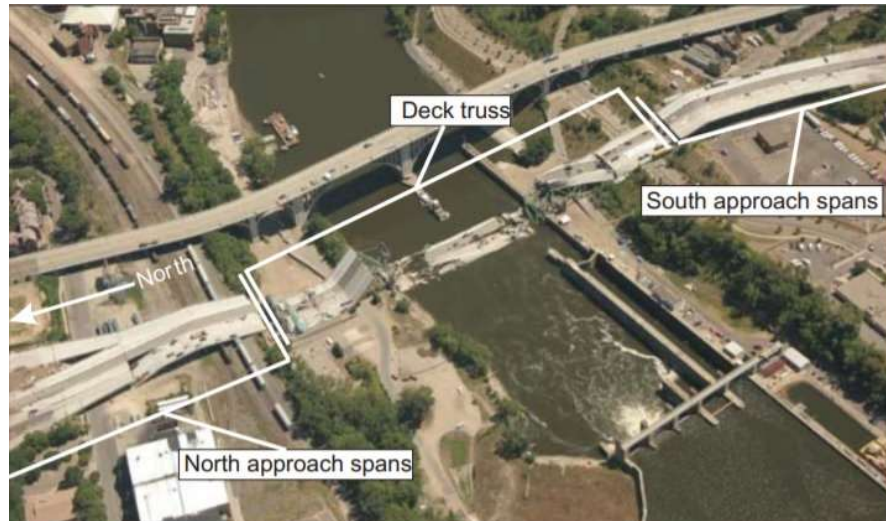
Figuur 5: Gedeeltelijke instorting van de Berlijnse congresshal

Bron: Helmerich & Zunkel (2014)

Er was veel onderlinge discussie bij de experts over wat nu de exacte oorzaak was die tot het ongeval heeft geleid. Ondertussen gaat men uit van een samenloop van omstandigheden, waaronder de aanwezigheid van corrosie op structureel belangrijke elementen (Helmerich & Zunkel, 2014).

Bij infrastructuur zijn het vaak bruggen die het moeten ontgelden. Een triest voorbeeld hiervan is het instorten van de Mianus river bridge op 28 juni 1983 met als gevolg drie doden en drie gewonden (National transportation Safety Board, 1984). In het rapport gepubliceerd door de National Transportation Safety Board (1984) stelt men dat de aanwezigheid van roest in combinatie met een laterale beweging ervoor heeft gezorgd dat de binnenste hanger loskwam van de onderste pin. Hierdoor werd de buitenste hanger ongeveer twee keer zo zwaar belast dan normaal. Hierdoor bewoog de buitenste hanger ten opzichte van de bovenste pin, dit zorgde in combinatie met door

corrosie veroorzaakte tapering voor het breken van de bovenste pin en het uiteindelijke instorten van de brug (National transportation Safety Board, 1984). Indien corrosie niet wordt aangeduid als de oorzaak van een instorting, is deze echter vaak ook aanwezig. Dit is het geval bij de I-35W Mississippi River Bridge (Figuur 6) (National transportation Safety Board, 2008).



Figuur 6: I-35W Mississippi River Bridge

Bron: National transportation Safety Board, 2008

Toen deze brug op 1 augustus 2007 instortte, vielen 13 doden en 145 gewonden. Ondanks dat het officiële rapport de oorzaak elders legt, was er toch ernstige corrosie aanwezig op bepaalde delen van de brug (National transportation Safety Board, 2008).

Maar ook hier hoeft het niet allemaal zo spectaculair te zijn met dodelijke gevolgen. Het barsten van waterleidingen wordt bijvoorbeeld meestal toegeschreven aan ouderdom en/of gebrekkig onderhoud (Schmitt, 2009). Hierbij is corrosie echter de oorzaak. Dit zorgde voor verlies van 7,3 % van het getransporteerde water tijdens 2001 in Duitsland (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2005). In China zorgde dit waterverlies voor een kost van 13,12 miljard RMB in 2014 (Hou et al., 2017).

2.3 Beeldvorming van de kost van corrosie

Zoals de vorige paragraaf aantoont, is corrosie een maatschappelijk wijdverspreid en variërend probleem. De impact hiervan in beeld brengen is

dus niet zo simpel. Om na te gaan of een goed corrosiemanagementbeleid ook zorgt voor een kleinere kost van corrosie, worden eerst de verschillende methoden om de kost van corrosie te bepalen geanalyseerd door verschillende studies rond de kost van corrosie op macro-economisch vlak, op een landelijk niveau, naast elkaar te leggen. Hierop volgt dan een poging om de kost van corrosie op micro-economisch vlak, binnen individuele bedrijven, te bepalen en dit te vergelijken met hun corrosiemanagementsbeleid.

3 Het bepalen van de macro-economische financiële impact van corrosie

3.1 Algemeen

Indien we in een ideale wereld leefden, waar geen corrosie aanwezig is, dienen we enerzijds geen kosten te maken om ons te beschermen tegen de gevolgen van corrosie en anderzijds ook geen geld spenderen om om te gaan met de gevolgen van corrosie. We kunnen stellen dat deze kosten de directe financiële impact is, die corrosie heeft op onze economie.

Corrosie kan tevens aan de basis liggen van ongevallen met als gevolg het verlies van levens en/of het toebrengen van schade aan het milieu. Dit is de indirecte kost van corrosie en is door zijn aard moeilijk tot niet in kaart te brengen.

Om deze door corrosie veroorzaakte kost te bepalen zijn er een aantal manieren waarop men te werk kan gaan:

- De Uhlig-methode

Uhlig benaderde het probleem rond de kostbepaling van corrosie door het op te splitsen in twee factoren (Bhaskaran et al., 2005). Enerzijds is er de directe kost en anderzijds de indirecte. Onder directe kosten vallen dingen zoals preventieve maatregelen, bijvoorbeeld het gebruik van speciale legeringen, verven, ... maar ook de kosten voor vervangingen. Onder indirecte kosten rekende hij productieverlies, vervuiling, verlies van efficiëntie, ...

De directe kost wordt berekend door bij producenten gegevens te verzamelen over de kost van vervangingsonderdelen, verf, prijs van speciale legeringen tegenover de prijs van gewoon staal en daarvan de som te maken.

De indirecte kost wordt gewoon genegeerd omdat volgens Uhlig deze niet benaderd kon worden (Bhaskaran et al., 2005).

Dit alles heeft als gevolg dat het resultaat van de Uhlig-methode eerder een onderschatting is van de werkelijke kost van corrosie (Bhaskaran et al., 2005).

- De Hoar-methode
Deze methode gaat uit van dezelfde principes van de Uhlig-methode, maar men haalt nu de informatie rechtstreeks bij de industrie door middel van interviews en survey's (Bhaskaran et al., 2005; Committee on cost of corrosion in Japan, 2001). Hierdoor bekomt men industrie specifieke gegevens. Met als gevolg een hogere kostenraming dan bij de Uhlig-methode. Men is hierbij wel sterk afhankelijk van de medewerking van de ondervraagde industrieën (Committee on cost of corrosion in Japan, 2001).
- Het input/output model
Men kan aan de hand van een economisch input/output model bepalen hoeveel de kost van corrosie bedraagt. Dit wordt gedaan door de bestrijding van corrosie als de output te beschouwen en dan te berekenen hoeveel input er nodig is om deze output te bereiken (Payer et al., 1978). Hierbij is de bekomen input dan de kost van corrosie. Desondanks dat dit een op het eerste zicht wetenschappelijke methode is, zijn er echter onzekerheden bij het bepalen van tussentijdse kosten en tussentijdse output (Bhaskaran et al., 2005).
- De netto contante waarde benadering
Hierbij bepaalt men de kost van corrosie door te kijken naar de kosten doorheen een volledige levenscyclus van een bepaalde structuur/faciliteit. Dit geeft het meest realistische resultaat (Bhaskaran et al., 2005).

Door de verschillende manieren van werken, bekomen deze verschillende methoden dus ook verschillende resultaten. Het is dus belangrijk om deze methoden en hun sterke en zwakke punten in het achterhoofd te houden bij het doorrekenen van de kost van corrosie.

3.2 Wereldwijd

Over de wereldwijde kost van corrosie zijn vrij veel cijfers te vinden. Deze cijfers verschillen onderling ettelijke miljarden Amerikaanse dollars. George F. Hays (z.d.), directeur-generaal van de World Corrosion Organisation (WCO), spreekt in zijn paper "Now is the time" van een bedrag van 2.2 miljard USD. Elders schat de WCO de kost van corrosie wereldwijd op meer dan 1.8

miljard USD (Schmitt, 2009). Vervolgens schat het NACE International die kost op 2.505 miljard USD (Koch et al., 2016). Als we deze getallen echter beschouwen tegenover de omvang van de wereldeconomie, vallen die op het eerste zicht grote verschillen weg. Respectievelijk komen de voorgaande cijfers overeen met 3 %, 3-4 % en 3.4 % van het wereldwijde bruto binnenlands product (BBP) (Hays, z.d.; Schmitt, 2009; Koch et al., 2016).

Er moet echter rekening worden gehouden met het feit dat er geen wereldwijde studies zijn gedaan om de kost van corrosie te bepalen. De voorgaande bedragen zijn dus altijd extrapolaties van gedane studies in een bepaald land. De NACE International IMPACT studie is hier een goed voorbeeld van. Zij hebben vijf studies geselecteerd en die dan gebruikt om bepaalde economische regio's te vertegenwoordigen (Tabel 1) (Koch et al., 2016). Op die manier bekomt men cijfers voor Europa door een studie uit het Verenigd Koninkrijk te extrapoleren, voor de Arabische wereld extrapoleert men een studie uit Koeweit, enzovoort.

Tabel 1: De referentie CoC studies en de bijhorende regio's

Bron: Aangepast van: Koch et al., 2016

Economische regio	CoC studie gebruikt voor regionale CoC	Landbouw % CoC	Industrie % CoC	Diensten % CoC
Verenigde Staten	Verenigde Staten 1998	1.1	9.3	1.3
India	India 2011	6.1	4.7	3.4
Europese regio	Verenigd Koninkrijk 1970	1.1*	8.6	2.2
Arabische wereld	Koeweit 1987	9.5	2.2	8.3
China	India 2011	6.1	4.7	3.4
Rusland	India 2011	6.1	4.7	3.4
Japan	Japan 1997	1.1*	3.6	0.1
De vier Aziatische tijgers en Macau	Gemiddelde van Japan 1997 en India 2011	1.1*	3.6	0.1
De rest van de wereld	Gemiddelde van alle studies	3.8	7.4	1.2

* geschat.

Voor de regio's die uit meer dan één land bestaan, heeft men de gebruikte studie geëxtrapoleerd naar elk individueel land, om vervolgens de som te

maken van alle landen om het totaal voor de regio te bekomen (Koch et al., 2016).

- De Europese regio bestaande uit:

Oostenrijk	Finland	Litouwen	Slovakije
België	Frankrijk	Luxemburg	Slovenië
Bulgarije	Duitsland	Malta	Spanje
Kroatië	Griekenland	Nederland	Zweden
Cyprus	Hongarije	Noorwegen	Zwitserland
Tsjechië	Ierland	Polen	Verenigd Koninkrijk
Denemarken	Italië	Portugal	
Estland	Letland	Roemenië	

- De Arabische wereld bestaande uit:

Algerije	Jordanië	Oman	Tunesië
Bahrein	Koeweit	Qatar	VAE
Comoren	Libanon	Saudi-Arabië	West Bank
Djibouti	Libië	Somalië	Jemen
Egypte	Mauritanië	Soedan	
Irak	Marokko	Syrië	

- De vier Aziatische tijgers plus Macau, met andere woorden: Hong Kong, Zuid-Korea, Macau, Singapore en Taiwan.
- De rest van de wereld, met andere woorden: alle nog niet reeds vernoemde landen.

Op die manier bekomt men dan numerieke waarden voor de kost van corrosie in elk land. De som van deze individuele cijfers leidt tot een kost van corrosie voor de verschillende regio's en finaal ook tot een globaal resultaat (Tabel 2).

Tabel 2: Globale CoC volgens regio en sector (miljard USD 2013)

Bron: Aangepast van: Koch et al., 2016

Economische Regio	Landbouw CoC (\$ miljard)	Industrie CoC (\$ miljard)	Services CoC (\$ miljard)	Totale CoC (\$ miljard)	Totaal BBP (\$ miljard)	CoC % BBP
Verenigde Staten	2.0	303.2	146.0	453.1	16,720	2.7%
India	17.7	20.3	32.2	70.3	1,670	4.2%
Europese Regio	3.5	401	297	101.5	18,331	3.8%
Arabische wereld	13.3	34.2	92.6	140.1	2,789	5.0%
China	56.2	192.5	146.2	394.9	9,330	4.2%
Rusland	5.4	37.2	41.9	84.5	2,113	4.0%
Japan	0.6	45.9	5.1	51.6	5,002	1.0%
De vier Aziatische tijgers plus Macau	1.5	29.9	27.3	58.6	2,302	2.5%
Rest van de wereld	52.4	382.5	117.6	552.5	16,057	3.4%
Globaal	152.7	1446.7	906	2505.4	74,314	3.4%

3.3 Landelijk

Na een blik op de wereldwijde kost van corrosie is het een logische volgende stap om te kijken naar de kost op landelijk niveau. Aangezien er niet in elk land studies gedaan zijn om deze kost te bepalen, is er de beperking tot de bespreking van de kost van corrosie in landen waarbij men dit wel heeft gedaan.

3.3.1 Verenigde Staten van Amerika

In de Verenigde Staten van Amerika werd door Uhlig in 1949 de allereerste poging ondernomen om de kost van corrosie op een systematische manier te benaderen (Hou et al., 2017). Hij ging ervan uit dat de kost van corrosie gelijk is aan de middelen die besteed worden aan corrosie beschermende maatregelen en de kostprijs van vervangingen (Uhlig, aangehaald uit

Bhaskaran et al., 2005). Hij hield hierbij rekening met verven, coatings, legeringen, vervanging en onderhoud van ondergrondse pijpleidingen, knalpotten, enz. (Tabel 3). Vervolgens maakte hij nog enkele assumpties zoals, dat 50 % van alle geproduceerde verf bestemd is voor corrosiebescherming en dat 10 % van alle in gebruik zijnde warm watertanks vervangen moeten worden over de periode van een jaar (Uhlig, aangehaald uit Bhaskaran et al., 2005). Hij bekwam een kost in de Verenigde Staten van Amerika van \$5.427 miljoen (Tabel 3), wat neerkomt op 2,1 % van het toenmalige bruto binnenlands product (Uhlig, aangehaald uit Hou et al., 2017; Bhaskaran et al., 2005; Koch et al., 2016).

Tabel 3: Directe kost van corrosie in de VS in 1949 (Uhlig-methode)

Bron: Aangepast van: Bhaskaran et al., 2005

Anti-corrosie maatregelen	Directe kost van corrosie (miljoen USD)	Percentage (%)
Verven	2.045	37,68
Fosfaatcoatings	20	0,37
Gegalvaniseerde platen, pijpen en draad	136,5	2,52
Tin en terne platen	316	5,82
Cadmiumgalvanisatie	20,1	0,37
Nikkel en nikkellegeringen	182	3,35
Koper en koper gebaseerde legeringen	50	0,92
Roestvrij chroom-ijzer en chroom-nikkel-ijzer legeringen	620,4	11,43
Boilers en andere water conditionering	66	1,22
Onderhoud en vervanging van ondergrondse leidingen	600	11,06
Onderhoud olieraffinaderijen	50	0,92
Vervanging huishoudelijke boilers	225	4,15
Verbrandingsmotor corrosie	2.030	18,97
Knalpotten	66	1,22
Totaal	5.427	100

In 1978 publiceerde Battelle Columbus Laboratories een rapport over de kost van corrosie in 1975 voor de Verenigde Staten van Amerika (Payer et al., 1978). Hierin bepalen ze de kost van corrosie aan de hand van een

aangepast input/output model. Een input/output economisch model geeft de onderlinge relaties weer van bedrijven en sectoren door te stellen dat de input van een bedrijf of sector de output is van een ander. Dit kan men doen vanaf de ruwe grondstoffen tot aan de eindproducten waarnaar een bepaalde vraag is.

Men heeft dit model licht aangepast om te kunnen rekening houden met de verschillende elementen die leiden tot een kost van corrosie (Payer et al., 1978). Onder deze elementen rekenden zij vervanging van gebouwen en uitrusting, verlies van product, onderhoud en herstellingen, overtollige capaciteit, redundante uitrusting, corrosiebescherming, technologische ondersteuning, ontwerp, verzekering en uitrusting en onderdelen in stock (Payer et al., 1978). Op deze manier hebben ze drie verschillende werelden gecreëerd. Wereld 1 is onze bestaande wereld, in wereld 2 bestaat geen corrosie en in wereld 3 wordt optimaal aan corrosie bestrijding gedaan. Zo bekomt men dat:

- Kost van corrosie = wereld 1 – wereld 2;
- Vermijdbare kost van corrosie = wereld 1 – wereld 3 (Payer et al., 1978).

Dit levert een kost van corrosie op die 82 miljard USD bedraagt, goed voor 4,9 % van het toenmalige bruto nationaal product (Payer et al., 1978). Deze manier van werken laat hen toe te stellen dat 33 miljard USD daarvan vermijdbaar is (Payer et al., 1978). Dit komt neer op 40,24 % van de kost van corrosie of op 2,9 % van het bruto nationaal product (Payer et al., 1978). Hierbij dient te worden opgemerkt dat deze waarde wellicht niet correct is, vermits 40,24 % van 4,9 % niet kan uitkomen op 2,9 %. Bij narekenen blijkt dat dit 1,97 % zou moeten zijn in plaats van 2,9 %.

In 1995 heeft het Battelle Columbus Laboratories in opdracht van de Specialty Steel Industry of North America de kost van corrosie nogmaals bepaald op dezelfde manier, met als resultaat een kost van corrosie ter waarde van 296 miljard USD, goed voor 3,9 % van het toenmalige bruto nationaal product, en een vermijdbare kost van 104 miljard USD (Battelle Columbus Laboratories, aangehaald uit Revie, 2011).

Ten slotte is er gedurende de periode 1999-2001 een nieuwe studie gebeurd om de kost van corrosie te bepalen uitgaande van gegevens uit 1998 op twee verschillende manieren. Enerzijds benaderde men deze kost van corrosie door te kijken naar de prijs van anti-corrosie maatregelen en bijhorende diensten, de Uhlig-methode, en anderzijds door analyse van verschillende industriële sectoren, de Hoar-methode.

Bij de Uhlig-methode hield men rekening met: beschermende coatings, metalen en legeringen, corrosie-inhibitoren, polymeren, anodische en kathodische bescherming, diensten, onderzoek en ontwikkeling, onderwijs en training (Tabel 4) (Kutz, 2005). Het resultaat was een schatting voor de kost van corrosie van 54,16 miljard USD - 188,65 miljard USD met een gemiddelde van 121,41 miljard USD of 1,38 % van het toenmalige bruto binnenlands product (Tabel 4) (Kutz, 2005). Men werkte met een bereik in plaats van een waarde om rekening te houden met een aantal onzekerheden (Kutz, 2005). Zoals bijvoorbeeld: bij het bepalen van de kost van beschermende coatings, kan men niet zomaar de productiekost van alle coatings nemen aangezien deze niet allemaal bedoeld zijn als anti-corrosiemaatregel (Hou, 2017; Kutz, 2005).

Tabel 4: Kost van anti-corrosie maatregelen in de Verenigde Staten van Amerika in 1998

Bron: Aangepast van: Kutz, 2005

Anti-corrosiemethode	Kost (miljard USD)	Gemiddelde kost (miljard USD)	(%)
Beschermende coating	41,6 – 175,6	108,6	89,5
Metalen en legeringen	7,7	7,7	6,3
Corrosie inhibitors	1,1	1,1	0,9
Polymeren	1,8	1,8	1,5
Anodische & kathodische bescherming	0,73 – 1,22	0,98	0,8
Diensten	1,2	1,2	1,0
R&D	0,02	0,02	<0,1
Onderricht & training	0,01	0,01	<0,1
Totaal	54,16 – 188,65	121,41	100

Voor de analyse van de industriële sectoren verdeelde men de Amerikaanse economie onder in 26 sectoren (zie bijlage 2) geselecteerd op basis van hun vatbaarheid voor corrosie, en heeft men deze vervolgens gegroepeerd in vijf categorieën (Tabel 5). De bekomen data beschreven echter maar een beperkt deel van een bepaalde sector (Kutz, 2005), deze moesten dus nog worden geëxtrapoleerd om een resultaat te bekomen voor de volledige sector. Om een kost voor corrosie te bekomen voor de categorieën, werd daarom vervolgens de som gemaakt van de data uit de onderliggende sectoren. Dan telde men de resultaten van de categorieën op en bekwamen de totale kost van corrosie. De geschatte kost voor corrosie bedroeg 137,9 miljard USD (Tabel 5) (Kutz, 2005). Deze kost is echter niet representatief voor de volledige Amerikaanse industrie (Kutz, 2005). Om een kost te bekomen die wel geldt voor de volledige economie, extrapoleerde men dit resultaat nogmaals aan de hand van een non-lineaire extrapolatie waarbij men rekening hield met het gewicht van de verschillende sectoren in het bruto binnenlands product (Kutz, 2005). Dit leidde tot een uiteindelijke schatting voor de kost van corrosie ter waarde van 275,5 miljard USD, goed voor 3,1 % van het bruto binnenlands product (Koch, 2002).

Tabel 5: Geschatte directe kost van corrosie in de Verenigde Staten van Amerika in 1998

Bron: Aangepast van: Kutz, 2005

Categorie	Geschatte directe kost van corrosie	
	(miljard USD)	(%)
Infrastructuur	22,6	16,4
Nutsvoorzieningen	47,9	34,7
Transport	29,7	21,5
Productie	17,6	12,8
Overheid	20,1	14,6
Totaal	137,9	100

3.3.2 Verenigd Koninkrijk

In 1966 werd in het Verenigd Koninkrijk het “UK Committee on Corrosion Protection” opgericht onder voorzitterschap van Dr. T. P. Hoar. Dit comité bracht in 1970 een studie uit rond de kost van corrosie in het Verenigd Koninkrijk. Deze kost bepaalden ze door middel van een bevraging van de industrie en overheden (Hoar, 1971, aangehaald uit Bhaskaran et al., 2005; Revie, 2011) waarin ze informeerden naar de economische effecten van corrosie. Een volledige economie bevragen is niet mogelijk, dus werden bepaalde gegevens geschat (Bhaskaran et al., 2005) op basis van gegevens uit gelijkaardige industrietakken. De kost van deze individuele bedrijfstakken groepeerde men per sector (Tabel 6). Men maakte de som van de totale kost van corrosie van de verschillende sectoren om de geschatte directe kost gemaakt door de volledige Engelse industrie te bekomen. Deze bedroeg 1365 miljard GBP wat goed is voor 3,5 % van het toenmalige bruto nationaal product (Tabel 6) (Hoar, 1971, aangehaald uit Hou, 2017; Bhaskaran et al., 2005; Koch et al., 2016; Revie, 2011).

Tabel 6: Kost van corrosie en mogelijke besparing per industriële sector in het VK in 1970

Bron: Aangepast van: Bhaskaran et al., 2005

Sector	Corrosie kost (miljoen GBP)	Aandeel (%)	Mogelijke besparing (miljoen GBP)
Bouw en constructie	250	18	50
Voeding	40	3	4
Ingenieurswezen	110	8	35
Overheden	55	4	20
Maritieme industrie	280	21	55
Metaalverwerking	15	1	2
Olie en chemische industrie	180	13	15
Energie	60	4	25
Transport	350	26	100
Water	25	2	4
Totaal	1365	100	310

De commissie interviewde daarnaast experts op gebied van corrosie en vroeg hen onder andere om de mate van mogelijke besparing te benaderen op basis van hun kennis en ervaring binnen een bepaalde sector (Tabel 6) (Bhaskaran et al., 2005). Het resultaat hiervan was dat 22,7 % van de totale kost van corrosie, goed voor 310 miljoen GBP, uitgespaard kon worden (Hoar, 1971, aangehaald uit Bhaskaran et al., 2005; Koch et al., 2016; Revie, 2011).

Op basis van alle verzamelde gegevens bepaalden ze ook een aantal factoren die deze besparing mogelijk zouden maken. De belangrijkste was een betere verspreiding van informatie rond anti-corrosiemaatregelen (Hoar, aangehaald uit Bhaskaran et al., 2005).

3.3.3 Japan

Tussen 1976 en 1977 richtte de Japanse overheid het "Comité rond de Kost van Corrosie in Japan" op. Op basis van gegevens uit 1975 ondernam men een poging om de kost van corrosie in Japan te bepalen. Dit deden ze aan de hand van zowel de Uhlig- als de Hoar-methode (Committee on cost of corrosion in Japan, 2001). De Uhlig-methode houdt zoals gezegd (zie paragraaf 3.1) echter geen rekening met de indirecte kost van corrosie. Normaal gezien wordt het resultaat van de Uhlig-methode aangevuld met een indirecte kost van corrosie die op een andere manier werd bepaald om tot een totaalbedrag te komen. Men koos er echter in Japan voor om dit niet te doen en te vermelden dat de resultaten enkel de directe kost van corrosie voorstellen (Committee on cost of corrosion in Japan, 2001).

In 1997 deed men een vergelijkbare studie waarbij men de Uhlig-methode aanwendde om de directe kost van corrosie te bepalen door te kijken naar het kostenplaatje van de productie van anti-corrosie maatregelen. Men hield hierbij rekening met: coatings, oppervlakte bewerking van metalen, corrosie resistente materialen, roest voorkomende oliën, inhibitoren, kathodische bescherming, onderzoek en ontwikkeling naar corrosie en corrosie gerelateerde inspecties (Tabel 7) (Committee on cost of corrosion in Japan, 2001). De Hoar-methode diende om diezelfde kost te bepalen, nu door middel van een bevraging van de verschillende industrieën in plaats van

reeds bestaande gegevens te analyseren zoals in 1975 het geval was. Hierbij hield men rekening met de volgende sectoren: energie, transport, chemicaliën, machinerie, metalen en constructie (Tabel 8) (Committee on cost of corrosion in Japan, 2001). Daarnaast ondernam men ook een poging om de totale kost van corrosie, zowel direct als indirect, te bepalen doormiddel van de in/out methode. Daarbij hield men enkel rekening met een beperkt aantal factoren (Committee on cost of corrosion in Japan, 2001).

Tabel 7: Directe kost van corrosie in Japan in 1975 en 1997 (Uhlig-methode)

Bron: Aangepast van: Committee on cost of corrosion in Japan, 2001

Anti-corrosie methode	1975		1997	
	Corrosie kost (miljard JPY)	Aandeel (%)	Corrosie kost (miljard JPY)	Aandeel (%)
Organische coatings	1595,48	62,5	2299,46	58,4
Oppervlakte bewerking van metalen	647,62	25,4	1013,52	25,7
Corrosie resistente materialen	238,82	9,4	443,24	11,3
Roest voorkomende oliën	15,65	0,6	63,68	1,6
Inhibitoren	16,10	0,6	44,9	1,1
Kathodische bescherming	15,75	0,6	21,68	0,6
R%D naar corrosie	21,51	0,8	41,65	1,1
Corrosie inspecties	-	0	9,56	0,2
Totaal	2550,93	100	3937,69	100

Het resultaat was:

- Met de Uhlig-methode (Tabel 7) (zie bijlage 3):
 - 2550,93 miljard JPY in 1975, goed voor 1,65 % van het toenmalig BBP

- 3937,69 miljard JPY in 1997, goed voor 0.74 % van het toenmalig BBP
- Met de Hoar-methode (Tabel 8) (zie bijlage 3):
 - 1038,1 miljard JPY in 1975, goed voor 0,67 % van het toenmalig BBP
 - 5258,2 miljard JPY in 1997, goed voor 0,98 % van het toenmalig BBP
- Met de in/out-methode
 - 9694,719 miljard JPY in 1997 (Committee on cost of corrosion in Japan, 2001), goed voor 1,81 % van het toenmalig BBP (zie bijlage 3)

Tabel 8: Directe kost van corrosie in Japan in 1975 en 1997 (Hoar-methode)

Bron: Aangepast van: Committee on cost of corrosion in Japan, 2001

Sector	Corrosion cost (miljard JPY)	
	1975	1997
Energie	59,8	456,8
Transport	194,5	544,7
Chemie	154,3	1070
Machinerie	427,8	1561,5
Metalen	26,5	27,6
Constructie	175,2	1597,6
Totaal	1038,1	5258,2

3.3.4 China

In China zijn door de jaren heen verschillende pogingen ondernomen om de kost van corrosie in het land te bepalen. Bij een eerste poging (1980) is men enkel gaan kijken in een beperkt aantal industriële sectoren (Tabel 9) (Wei & Zhiqiang, 2008; Hou et al., 2017). Daaruit besluiten de auteurs dan ook terecht dat men geen volledig beeld kan schetsen over de volledige kost van corrosie in het land.

Tabel 9: Kost van corrosie in China volgens een beperkte studie uit 1980

Bron: Aangepast van: Wei & Zhiqiang, 2008

Sector	Aantal onderzochte bedrijven	Kost (miljoen RMB)	Percentage van de bruto-output van de industrie (%)
Chemische industrie	10	79.73	3.97
Raffinaderijen	13	7.5	0.08
Metaalbewerking	30	6.78	2.4
Synthetische vezels	17	33.0	1.5

Vervolgens is er door het Instituut voor Metaalonderzoek gedurende de periode 1999-2002 een nieuw, meer alomvattend onderzoek gedaan om de kost van corrosie in 2002 te bepalen. Men opteerde voor dit onderzoek om een combinatie van de Uhlig en Hoar-methode te gebruiken. Het resultaat hiervan was een directe kost van corrosie die 200,76 miljard RMB bedroeg (Hou et al., 2017).

Dezelfde methode werd toegepast in een project "Study of the Corrosion Status and Control Strategies in China" uit 2015. Met als resultaat een schatting voor de kost van corrosie in 2014 die RMB 2127.8 miljard bedroeg (Hou et al., 2017). Dit komt ongeveer overeen met 3.34 % van het toenmalige bruto nationaal product (Hou et al., 2017).

De Uhlig-methode werd aangewend om de directe kost van anti-corrosie maatregelen te berekenen (Tabel 10). Dit deed men door de individuele inzet van verschillende anti-corrosie maatregelen te bepalen en deze te vermenigvuldigen met de prijs.

Zo nam men voor het bepalen van de kost van beschermende coatings de hoeveelheid geproduceerde verf, 16.481.900 ton, waarvan met de helft wordt verder gerekend, aangezien niet alle verf bestemd is voor corrosie protectie. Dit wordt dan vermenigvuldigd met de prijs van de verf, 24.400 RMB/ton. Om vervolgens de algemene kosten toe te voegen die komen kijken bij het aanbrengen van verf: $2,5 * 24.400$ RMB/ton. Het resultaat is 703,78 miljard

RMB (Tabel 10), wat kan worden beschouwd als de kostprijs van corrosiebeschermende verf (Hou et al., 2017).

Tabel 10: Kost van corrosie in China voor 2002 en 2014 (Uhlig-methode)

Bron: Aangepast van: Hou et al., 2017

Anti-corrosie methode	2002		2014	
	Directe kost (miljard RMB)	Percentage (%)	Directe kost (miljard RMB)	Percentage (%)
Coatings	151,84	75,63	703,78	66,15
Oppervlakte-behandeling	23,42	11,66	140,82	13,24
Corrosie resistente materialen	25,03	12,46	205,81	19,34
Corrosie inhibitoren	0,2	0,5	2,2	0,21
Roest voorkomende oliën	0,1	0,05	5	0,47
Elektrochemische bescherming	0,1 ~ 0,2	0,1	6,3	0,59
Totaal	200,79	100	1063,91	100

De Hoar-methode wendde men aan om te kijken naar de kost van corrosie in industriële sectoren: infrastructuur, de energiesector, productie en diensten, transport en water (Tabel 11) (Hou et al., 2017). Men deed dit door eenzelfde invullijst te sturen naar verschillende bedrijven binnen deze sectoren. Deze vragenlijst was onderverdeeld in vier delen. Het eerste deel informeerde naar algemene info rond het bedrijf in kwestie, het tweede deel naar de anti-corrosie kost bij bouwprojecten, het derde deel behandelde de directe kost en het vierde deel de indirecte kost van corrosie (zie bijlage 1). Zo bekwam men de totale directe kost van corrosie voor de betrokken sectoren. Deze bedroeg 1121,22 miljard RMB (Tabel 11) (Hou et al., 2017). Door dit te extrapoleren naar het volledige bruto binnenlands product van China bekomt men aan de hand van de Hoar-methode een totale kost van corrosie die 1348.98 miljard RMB bedraagt (Hou et al., 2017).

Tabel 11: Directe kost van corrosie in China verdeeld volgens economische sector (Hoar-methode)

Bron: Aangepast van: Hou et al., 2017

Sector	Kost (miljard RMB)	Aandeel (%)
Infrastructuur	74,91	6,68
Energie	229,33	20,45
Transport	268,72	23,97
Water	9,69	0,86
Productie en openbare diensten	538,57	48,03
Totaal	1121,22	100

De indirecte kost was hierbij echter niet vertegenwoordigd aangezien deze bij de meeste vragenlijsten niet of onvolledig was ingevuld. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat deze over het algemeen moeilijk te kwantificeren is en/of de bedrijven in kwestie terughoudend zijn rond het delen van dergelijke informatie (Hou et al., 2017).

De toepassing van de Uhlig-methode en de Hoar-methode hebben hierdoor dus geen concrete data opgeleverd voor de indirecte kost van corrosie. Deze kost kan echter worden beschouwd als een veelvoud van de directe kost (Kutz, 2005). Men heeft dus een bescheiden schatting gemaakt dat de indirecte kost van corrosie gelijk is aan de directe kost (Hou et al., 2017). Op die manier komt men uiteindelijk tot een finale totale kost van corrosie in 2014 van 2127,82 miljard RMB (1063,91 miljard RMB (directe kost) + 1063,91 miljard RMB (indirecte kost)) (Hou et al., 2017).

3.3.5 Andere landen

Naast China, Japan, de Verenigde Staten van Amerika en het Verenigd Koninkrijk zijn ook in andere landen gelijkaardige studies uitgevoerd.

- Australië: 2 miljard USD, 1,5 %, 1982 (Koch et al., 2016)
- India: 320 miljoen USD, 0,86 %, 1960 (Koch et al., 2016)
- Koeweit: 1 miljard USD, 5,2 %, 1987 (Koch et al., 2016)
- West-Duitsland: 6 miljard USD, 3,0 %, 1967 (Koch et al., 2016)

3.3.6 België

In België is er nog geen studie uitgevoerd om de kost van corrosie te bepalen. Om hierop een zicht te krijgen is het nodig om een assumptie te maken op basis van andere studies. Als men rekent met het Hoar report uit het Verenigd Koninkrijk uit 1970 en het bruto binnenlands product van België uit 2018, 459,8198 miljard EUR (Eurostat, 2018), bekomt men een kost van corrosie die 16,09 miljard EUR bedraagt (Tabel 12). Aangezien Hoar (aangehaald uit Bhaskaran et al., 2005; Koch et al., 2016; Revie, 2011) stelt dat 22,7 % van de kost van corrosie vermijdbaar is, kan uitgerekend worden dat er in België 3.65 miljard EUR bespaard kan worden.

Er is voor deze studie gekozen op basis van de geografische nabijheid en de culturele en economische overeenkomsten.

Tabel 12: Kost van corrosie in België op basis van het Hoar rapport uit het VK

Bron: Eigen werk

Sector	Aandeel (%)	Kost van corrosie (€ miljard)			
		België	Brussel	Vlaanderen	Wallonië
Bouw en constructie	18	2,90	0,53	1,70	0,67
Voeding	3	0,48	0,09	0,28	0,11
Ingenieurswezen	8	1,29	0,24	0,76	0,30
Overheden	4	0,64	0,12	0,38	0,15
Maritieme industrie	21	3,38	0,62	1,98	0,78
Metaalverwerking	1	0,16	0,03	0,09	0,04
Olie en chemische industrie	13	2,09	0,38	1,23	0,48
Energie	4	0,64	0,12	0,38	0,15
Transport	26	4,18	0,76	2,46	0,96
Water	2	0,32	0,06	0,19	0,07
Totaal	100	16,09	2,94	9,45	3,70

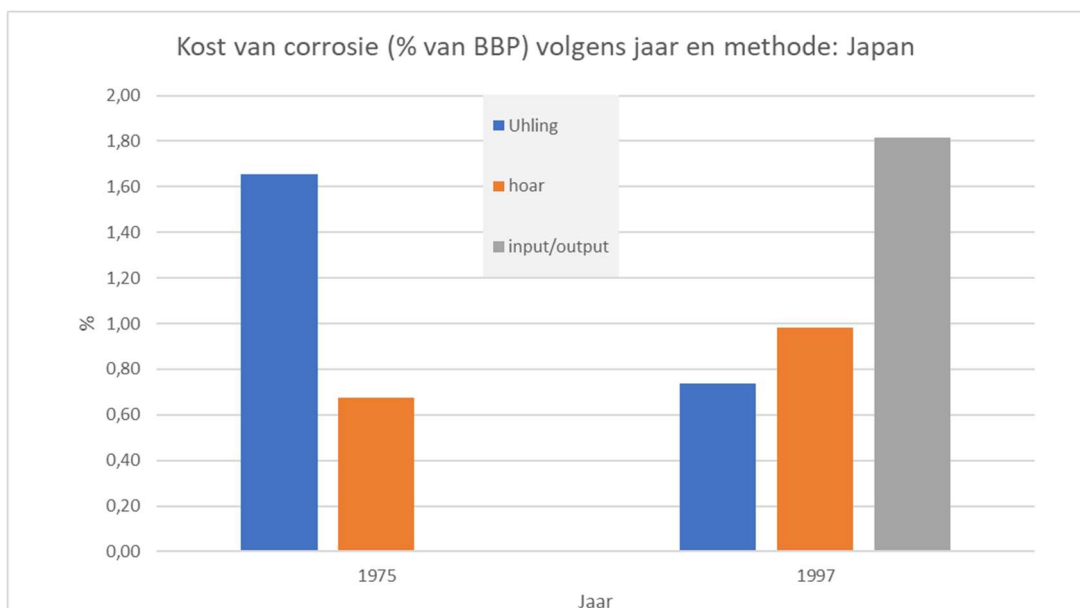
Deze berekening voor de kost van corrosie in België kan tevens gebruikt worden voor de bepaling van de kost van corrosie in Brussel (2,94 miljard EUR), Vlaanderen (9,45 miljard EUR) en Wallonië (3,7 miljard EUR) met een mogelijke besparing van respectievelijk 0,67 miljard EUR, 2,14 miljard EUR en 0,84 miljard EUR. Door de manier van werken zijn deze waarden meer een schatting om een zicht te krijgen op de omvang van de kost van corrosie dan dat ze een benadering zijn van de effectieve kost van corrosie in België.

3.4 Discussiepunten en besluiten

3.4.1 Verschillen in methodiek

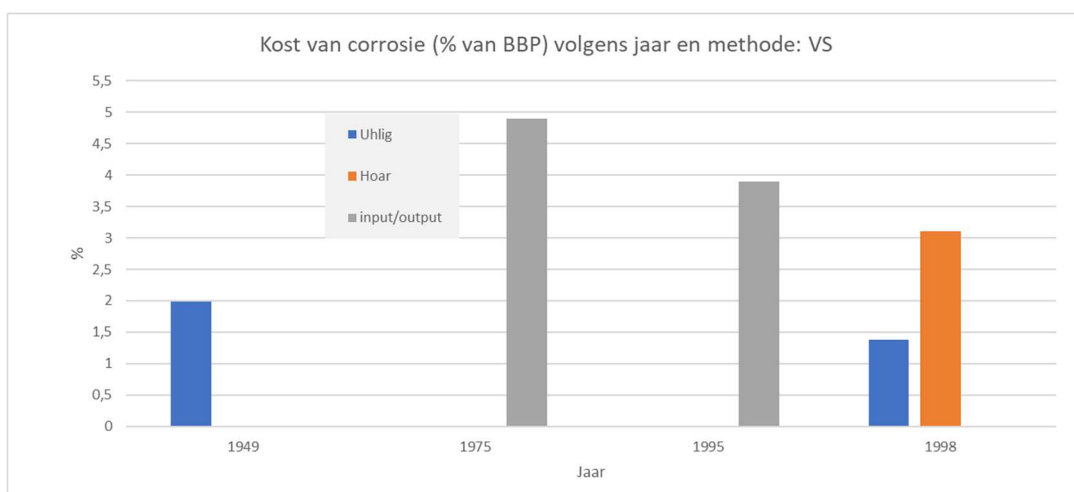
Een eerste zaak die opvalt bij het vergelijken van deze studies, uitgevoerd wereldwijd sinds het einde van de Tweede Wereldoorlog, is dat de verschillende methoden elk hun eigen resultaten geven en hun eigen interpretatie vergen. Het is daarom nuttig om deze kritisch met elkaar te vergelijken.

In de VS en Japan is de kost van corrosie doorheen de jaren op verschillende methoden bepaald. Het plotten van de resultaten van deze studie als procenten van het toenmalige bruto binnenlands product brengt enkele te verwachten en enkele minder voor de hand liggende conclusies aan het licht.



Figuur 7: Kost van corrosie (% van BBP) volgens jaar en methode: Japan

Bron: Eigen werk



Figuur 8: Kost van corrosie (% van BBP) volgens jaar en methode: VS

Bron: Eigen werk

Hierbij valt eerst en vooral op dat er grote verschillen zijn tussen de bekomen resultaten variërend van een 0.67 % minimum tot een maximum van 4,9 %. Vervolgens tonen Figuur 7 en 8 aan dat zoals verwacht de input/output-methode de hoogste kosten van corrosie geeft, gevolgd door de Hoar-methode en de Uhlig-methode. Alleen de resultaten uit Japan in 1975 vormen hierop een uitzondering. Dit toont enerzijds aan dat de kost van corrosie een moeilijk te bepalen gegeven is, waarbij transparantie rond de manier waarop men tewerk is gegaan cruciaal is om het resultaat naar waarde te schatten, en anderzijds laat het toe te besluiten dat het vrij simpel is om de bekomen waarde voor de kost van corrosie naar de hand te zetten van diegene die de studie heeft aangevraagd/uitgevoerd. Indien een laag resultaat gewenst is, kan dit bekomen worden door middel van een beperkte studie aan de hand van de Uhlig-methode. Wil men echter hoge resultaten voor de kost van corrosie, opteert men voor een uitgebreide studie aan de hand van de input/output methode waarbij men ook nog eens een hoge schatting voor de indirecte kost van corrosie in rekening brengt. Bij het bekijken van cijfers rond de kost van corrosie is het dus belangrijk om met al het voorgaande rekening te houden.

Ondanks een stijging in de absolute waarde van de kost van corrosie lijkt deze echter te dalen als percentage van het bruto binnenlands product

(Figuur 7 en 8). Hierop vormt de Hoar-methode in Japan een uitzondering aangezien deze stijgt van 0,67 % in 1975 naar 0,98 % in 1997. Een mogelijke oorzaak hiervan is dat men in 1975 eerder terughoudend is geweest. Dit verklaart dan ook direct waarom het resultaat volgens de Hoar-methode lager is dan de Uhlig-methode en toont nogmaals het belang aan van transparantie rond de manier waarop men werkt. Hiernaast is het dus ook nodig om te zien welke voor- en nadelen ze hebben en op welke manier dit een impact zal hebben op het bekomen resultaat.

3.4.1.1 De Uhlig-methode

In de Uhlig-methode wordt de kost van corrosie gezien als de som van het gebruik van corrosie werende materialen, corrosieresistente materialen en vervanging van gecorrodeerde onderdelen (Hou et al., 2017; Bhaskaran et al., 2005).

Dit heeft als voordeel dat de kost van corrosie op deze manier vrij simpel te bepalen is.

Deze eenvoud brengt echter ook enkele nadelen met zich mee. Het voornaamste is dat er geen rekening gehouden wordt met bepaalde kostenposten, zoals de kost van corrosie gerelateerde inspecties. Een ander nadeel is het negeren van de indirecte kost van corrosie. Uhlig stelt dat aangezien deze niet benaderd kan worden, deze genegeerd kan worden (Bhaskaran et al., 2005). Aangezien er kan van uitgegaan worden dat de indirecte kost van corrosie binnen een bepaalde industrie de directe kost kan benaderen en zelfs overstijgen (Kutz, 2005), kan het negeren hiervan leiden tot een grove onderschatting van de totale kost van corrosie.

3.4.1.2 De Hoar-methode

Hier gaat men niet uit van de kost van anticorrosie maatregelen, maar vraagt men aan bedrijven en overheidsinstanties wat corrosie hen kost (Hoar, 1971). Dit heeft als voordeel dat het snel en eenvoudig is om de nodige data te bekomen. Aangezien hier een vragenlijst gebruikt wordt, kan er bijvoorbeeld gevraagd worden naar de indirecte kost van corrosie en de kost van inspecties rond corrosie. Men hoeft de bekomen resultaten vervolgens maar simpelweg te sommeren om het resultaat te verkrijgen.

Deze manier van werken, het bevragen van bedrijven en overheidsinstanties met een vragenlijst, brengt ook enkele nadelen met zich mee. Het grootste nadeel is dat het niet haalbaar is om de volledige economie van een land of regio te bevragen. Dit zorgt ervoor dat er noodgedwongen bepaalde gegevens geschat en geëxtrapoleerd moeten worden (Bhaskaran et al., 2005). Vervolgens is men ook sterk afhankelijk van de medewerking van de bevroagde bedrijven (Committee on cost of corrosion in Japan, 2001). Aansluitend hierop is ook het feit dat men wel simpelweg kan vragen naar de geleden indirecte kost van corrosie, maar dit wil daarom nog niet zeggen dat bedrijven of instanties dit zelf weten en vervolgens ook nog eens openbaar willen maken, een probleem (Hou et al., 2017).

3.4.1.3 Het input/output model

Het input/output model is een economisch model dat toelaat om de waarde van een economie te berekenen op basis van twee assumpties.

De eerste is dat de output van één industriële sector gelijk is aan de som van alle verhandelde producten aan andere sectoren. Het is belangrijk om in acht te nemen dat voorraad opbouwen als een aparte sector wordt gezien. De tweede is dat er een relatie gedefinieerd kan worden tussen de output van een sector en de input van andere sectoren die nodig is om deze te bekomen (Conference on research in income and wealth, 1955).

Om de kost van corrosie te berekenen, maakt men gebruik van twee scenario's. Enerzijds is er de normale wereld zoals we die kennen. Anderzijds is er een fictieve wereld zonder corrosie. Het verschil tussen die twee scenario's is de kost van corrosie (Committee on cost of corrosion in Japan, 2001; Payer et al., 1978).

Het nadeel van deze methode is dat de kwaliteit van het bekomen resultaat staat of valt met de kwaliteit van het gebruikte model. Hierdoor zorgen onzekerheden van bepaalde tussentijdse kosten, input en output voor een minder accuraat resultaat (Bhaskaran et al., 2005). Om dit tegen te gaan is dus veel specifieke data nodig. Vervolgens mag de arbeidsintensiteit van het definiëren van alle onderlinge relaties niet onderschat worden.

3.4.1.4 De netto contante waarde benadering

Deze methode om de kost van corrosie te berekenen is gebaseerd op de levenscyclus kost van anti-corrosie maatregelen. De levenscyclus kost is een methode om de kost van een eigendom, in dit geval meer specifiek anti-corrosie maatregelen, te bepalen aan de hand van de initiële kosten, onderhoudskosten en andere lopende kosten en de overgebleven waarde aan het einde van de levensduur (Sesana & Salvalai, 2013). Aangezien het de bedoeling is om de kost van corrosie te berekenen in een jaar en niet over de volledige levensduur, wordt vanuit de levenscycluskost de huidige kost berekend. Deze waarde fluctueert doorheen de levensduur en moet nog omgerekend worden naar een jaarlijkse kost (Bhaskaran et al., 2005).

Door het gebruik van de levenscycluskost van anti-corrosiemaatregelen, is het resultaat van deze methode zeer realistisch. Het is ook tot op een zeker niveau mogelijk om rekening te houden met de indirecte kost van corrosie bij het bepalen van de levenscycluskost die de basis vormt voor de berekeningen in deze methode.

Het grote nadeel bij deze methode is dat er veel specifieke data en werk nodig is om deze berekeningen correct uit te voeren.

3.4.2 Extrapolatie

Wat bovendien opvalt is dat er bij al deze studies veel extrapolatie aan te pas komt. De meest opvallende hiervan is het gebruik van een welbepaalde studie uit een bepaald land gedaan in een bepaald jaar om te komen tot de kost van corrosie in een ander land en jaar. Dit wordt veel gedaan in de NACE Impact studie (2016). Men probeert dit probleem toch op zijn minst deels weg te werken door gebruik te maken van een opsplitsing van de economie in drie sectoren: landbouw, industrie en diensten. De vraag blijft echter bestaan of een studie uitgevoerd in Koeweit in 1987 representatief is om een uitspraak te doen rond de kost van corrosie in Somalië. In paragraaf 3.3.6 is dit ook gebeurd om een schatting te maken rond de kost van corrosie in België. Hier dient dan ook te worden vermeld dat het hier dus gaat om een schatting en niet om effectieve waarden.

Aangezien het niet realistisch is om in een studie een volledige economische sector of economie van een land te bevragen over de kost van corrosie, moeten de bekomen waarden geëxtrapoleerd worden naar de volledige economie van het land in kwestie. Dit is niet bevorderlijk voor de accuraatheid van het uiteindelijke resultaat. Een gevolg hiervan is dat hoe groter de economie waarvan men de kost van corrosie wil bepalen hoe groter de invloed van dergelijke extrapolaties. Met andere woorden, het resultaat van een studie om de wereldwijde kost van corrosie te bepalen zal veel eerder een richtlijn zijn, terwijl indien men enkel naar de kost van corrosie in een bepaalde economische sector uit een bepaald land kijkt, het resultaat hiervan al veel meer een realistische waarde zal benaderen.

Waarden voor de kost van corrosie moeten dus niet worden beschouwd als een absoluut gegeven maar eerder als een indicator. Hun grootste waarde ligt in het feit dat ze toelaten om tendensen te zien indien men consequent studies uitvoert over vaste intervallen.

4 Benadering van de micro-economische impact op basis van de geleerde lessen uit de macro-economische impact

4.1 Algemeen

In paragraaf 3.2 en 3.3 worden verschillende voorbeelden aangehaald waarbij geprobeerd is om de kost van corrosie te bepalen. Ongeacht de gebruikte methode kan dit proces in zijn essentie omschreven worden als het optellen van al de kostenposten die corrosie met zich meebrengt, variërend van maatregelen zoals het gebruik van beschermende coatings, het installeren van opofferingsanodes, het verkiezen van roestvrij staal tot het uitvoeren van inspecties. Alle bijkomende handelingen hebben als doel de accuraatheid van het bekomen resultaat te verhogen.

Dit proces levert ons een getal op die de kost van corrosie moet weergeven. Door de problemen aangehaald in paragraaf 3.4, wordt dit getal beter beschouwd als een indicatie dan als een reële en accurate waarde voor de kost van corrosie. Nu is de vraag wat er kan gedaan worden met deze bekomen indicatie.

Eenzijds is er de optie als instantie of bedrijf om dit als een vast gegeven te beschouwen en op die manier elk jaar een vast percentage uit het budget af te schrijven als kost van corrosie.

Anderzijds kan deze indicatie gebruikt worden als een leidraad om het huidige corrosiemanagementbeleid te evalueren en aan te passen in een poging om de geleden kost van corrosie zo laag mogelijk te krijgen.

Volgens een Amerikaanse studie kon de Verenigde Staten van Amerika 40,24 % van de totale kost van corrosie besparen in 1975 (Payer et al., 1978). Een Engelse studie zegt dat er in 1970 22,7 % van de kost van corrosie vermeden kon worden in het Verenigd Koninkrijk (Hoar, aangehaald uit Bhaskaran et al., 2005; Koch et al., 2016; Revie, 2011). Uitgaande van een kost van corrosie in België van 16,09 miljard EUR, zie paragraaf 3.3.6, spreken we hier al snel van een besparing van 3,65 miljard EUR à 6,47 miljard EUR. Zelfs indien de aangehaalde problemen rond de kost van

corrosie uit paragraaf 3.4 ervoor zorgen dat deze bedragen erg ruim zijn, blijven deze waarden substantieel.

Om deze besparing te proberen realiseren is onder andere een betere verspreiding van informatie, een verhoogd bewustzijn van corrosie, betere controle over de toepassing van anti-corrosie maatregelen en frequentere onderhoudsperiodes nodig (Hoar, aangehaald uit Bhaskaran et al., 2005; Koch et al., 2016; Revie, 2011). Concreet valt dit alles te realiseren met een geoptimaliseerd corrosiemanagementsbeleid.

Om te weten of het corrosiemanagementbeleid van een bedrijf of instantie optimaal is of niet, moet dit in beeld gebracht worden op een zodanige manier dat dit vergeleken kan worden met de geleden kost van corrosie. Om dit te bekomen is een aangepaste manier nodig om de kost van corrosie te bepalen. Dit omdat alle gekende methoden om de kost van corrosie te bepalen gemaakt zijn om een landelijke kost van corrosie te bepalen (zie hoofdstuk 3). Tevens is ook een manier nodig om het corrosiemanagementbeleid weer te geven op een zodanige wijze dat dit vergeleken kan worden met de bekomen kost van corrosie.

4.2 Opstellen van een vragenlijst

4.2.1 Algemeen

Om na te gaan welke impact het heersende corrosiebeleid binnen een organisatie heeft, moet men enerzijds een zicht hebben op de gemaakte kosten rond corrosie en zich anderzijds een beeld vormen van het corrosiebeleid. Beide kunnen worden bekomen door middel van een vragenlijst die door de organisatie in kwestie ingevuld wordt (zie bijlage 4 en 5).

Om optimaal het verband te leggen tussen de kost van corrosie en het corrosiebeleid, is het van belang dat de huidige kost van corrosie vergeleken wordt met het huidige beleid en niet bijvoorbeeld de kost van corrosie in het voorgaande jaar met het beleid van volgend jaar. Het is dus van belang om beide bevragingen tegelijkertijd uit te voeren. Dit is het eenvoudigst te bekomen door in één vragenlijst te informeren naar beide onderdelen. Deze gecombineerde vragenlijst is dus tweedelig, een eerste deel dat vraagt naar

de kost van corrosie gedurende een bepaalde periode en een tweede deel dat informeert naar het heersende corrosiebeleid gedurende dezelfde periode. Deze verdeling wordt ingevoerd bij het opstellen van de vragenlijst, en zal pas wegvallen op het einde als de twee naast elkaar gelegd worden om te zoeken naar eventuele verbanden.

De maritieme industrie is een globale industrie. Dit heeft als gevolg dat niet iedereen in deze industrie Nederlands spreekt, ook al beperken we ons tot bedrijven in de Vlaamse maritieme industrie. Om deze reden is deze vragenlijst ook vertaald naar het Engels (bijlage 5).

4.3 Vragenlijst deel 1: kost van corrosie

Op basis van de inzichten bekomen uit paragraaf 3.4.1 kan de Tabel 13 opgesteld worden.

Het is de bedoeling om de kost van corrosie te achterhalen die door verschillende bedrijven en instanties geleden wordt om deze naast hun corrosiebeleid te leggen. Om dit te doen is het niet nodig om accuraat de kost van corrosie van een volledige economische sector of land te bepalen. Optimaal wordt deze survey uitgevoerd bij een groot aantal bedrijven of instanties. Hierdoor wordt snelheid en eenvoud een pluspunt.

Dit alles zorgt ervoor dat de input/output methode en de netto contante waarde methode afdoen en dat de Uhlig-methode en de Hoar-methode interessanter worden (Tabel 13).

Het feit dat de Uhlig-methode geen rekening houdt met bepaalde kosten waaronder de indirecte kost (Tabel 13) is problematisch.

De Hoar-methode sluit goed aan bij de eerder aangehaalde benodigdheden. Het grootste nadeel van deze methode, het feit dat een volledige economie niet kan worden bevraagd met een vragenlijst (Tabel 13), is hier niet van belang aangezien we enkel geïnteresseerd zijn in de kost van corrosie binnen een bedrijf of instantie. Hierdoor heeft de Hoar-methode voor ons doel bijna alleen maar voordelen.

Tabel 13: Voor- en nadelen van de verschillende methoden om de kost van corrosie te bepalen

Bron: Eigen werk

Methoden	Voordelen	Nadelen
Uhlig-methode	+ zeer simpel + eenvoudig uit te voeren	- houdt geen rekening met bepaalde kosten - negeert de indirecte kost
Hoar-methode	+ eenvoudig uit te voeren + eenvoudige resultaatsberekening + flexibel wegens het gebruik van een vragenlijst	- niet haalbaar om een volledige sector of economie te bevragen - medewerking van de bevroegde instanties is zeer belangrijk
Input/output model	+ accuraat	- veel gegevens nodig om accuraat te zijn - opstellen van het te gebruiken model is ingewikkeld en arbeidsintensief
Netto contante waarde	+ realistisch resultaat + laat toe indirecte kost in rekening te brengen	- veel data nodig - is arbeidsintensief door: <ul style="list-style-type: none"> ○ vele berekeningen ○ verwerven van de nodige data

De Hoar-methode maakt gebruik van een vragenlijst om de kost van corrosie binnen een bedrijf te achterhalen. Een dergelijke vragenlijst werd in China opgesteld om de kost van corrosie te bepalen in 2014 (bijlage 1).

Deze vragenlijst kan worden gebruikt als uitgangspunt om te bepalen wat er gevraagd moet worden:

- Naam bedrijf
- Industrietak
- Jaarlijkse omzet
- Kost corrosie resistente materialen
- Kost van anti-corrosie coatings
- Kost van elektrochemische bescherming
- Kost van inspecties naar corrosie
- Personeelskost van personeel bezig met corrosiebestrijding
- Te betalen schadevergoedingen voor milieuvervuiling wegens corrosie
- Te betalen schadevergoedingen voor geleden menselijke schade wegens corrosie.
- Tijdsverlies wegens corrosie
- Kwaliteitsverlies wegens corrosie
- Andere corrosie gerelateerde kosten, zowel direct als indirect.

Vertrekkende van het bovengenoemde, wordt een vragenlijst opgesteld. De eerste drie puntjes uit de voorgaande lijst worden samengezet in een deel 'algemene informatie'.

De volgende vijf puntjes vragen naar de directe kost van corrosie, gevolgd door vier puntjes die vragen naar de indirecte kost en ten slotte nog als laatste een algemene en brede vraag om eender welke andere kost ten gevolge van corrosie te vangen die niet behandeld wordt door de voorgaande negen puntjes. In de vragenlijst wordt deze onderverdeling echter niet gemaakt en staan alle tien de puntjes gewoon opgelijst, dit om te vermijden dat de opsplitsing eventuele gevolgen zou hebben op de manier waarop de lijst wordt ingevuld.

Dit levert het volgende op:

Deel 1: Algemene informatie

- 1 Bedrijfsnaam:
- 2 Industrietak:
- 3 Jaarlijkse omzet (om de procentuele kost van corrosie te kunnen bepalen):

Deel 2: Kost van corrosie

- 1 Corrosie resistente materialen:
- 2 Anti-corrosie coatings:
- 3 Elektrochemische bescherming:
- 4 Inspecties naar corrosie:
- 5 Personeelskost van personeel bezig met corrosiebestrijding:
- 6 Schadevergoedingen voor milieuvervuiling wegens corrosie:
- 7 Schadevergoedingen voor geleden menselijke schade wegens corrosie:
- 8 Tijdsverlies wegens corrosie:
- 9 Kwaliteitsverlies wegens corrosie:
- 10 Andere corrosie gerelateerde kosten, zowel direct als indirect:

4.4 Vragenlijst deel 2: Corrosiemanagement

Corrosiemanagement is een procedure van het bespreken van technische anti-corrosie maatregelen, het regelmatig controleren van hun werking en hun efficiëntie (Morshed, 2008). Het is dus duidelijk dat bij goed corrosie management meer komt kijken dan enkel maar technische oplossingen voor het corrosie probleem. Dit is te bereiken door middel van een corrosiemanagementsysteem dat de technische aspecten van corrosiebestrijding koppelt aan de beleidsvoering en algemene strategie van het bedrijf (NACE International, 2016). Hierdoor is de manier waarop een bedrijf of instantie aan corrosiemanagement doet uniek voor het bedrijf of instantie in kwestie. Het zorgt ervoor, dat om een optimaal beeld te krijgen van het corrosiemanagementsysteem, best gewerkt wordt met een open vragenlijst om te vermijden dat bedrijfsspecifieke situaties gemist worden.

4.4.1 Inhoud van de vragenlijst

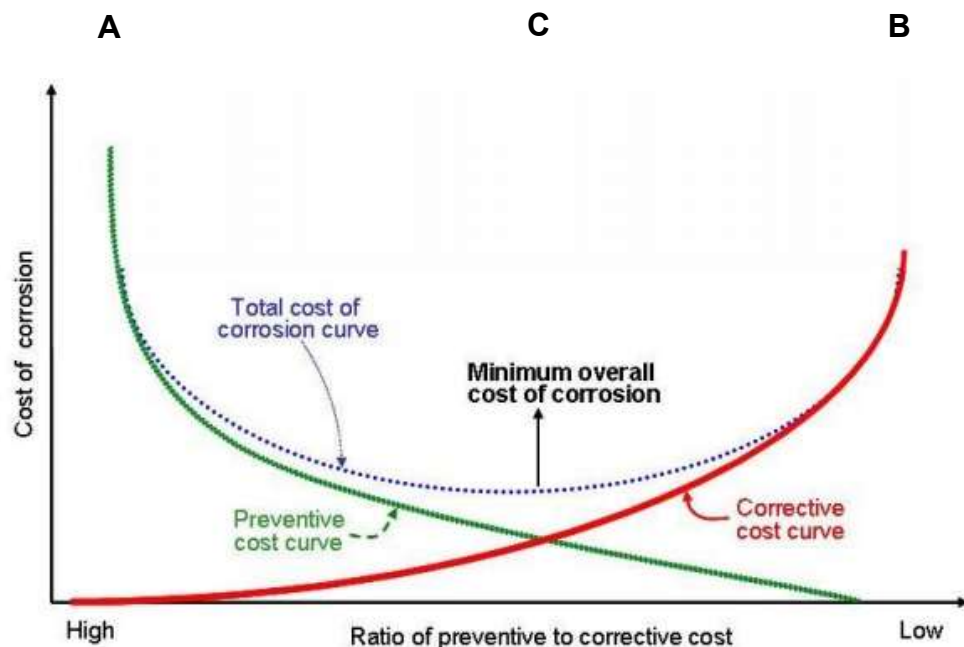
Een goed corrosiemanagementbeleid is opgebouwd uit een aantal onderdelen.

- **Risicomanagement**
Volgens de ISO 31000:2018 norm is risicomanagement een gecoördineerde activiteit om een organisatie te sturen en te controleren in verband met risico, waarbij risico wordt gezien als het effect van onzekerheid op de doelen van de organisatie (International Organization for Standardization, 2018). Voor corrosie valt dit grotendeels uiteen in twee belangrijke delen: enerzijds het bijhouden en onderhouden van documentatieprocessen rond de identificatie van corrosie gerelateerde risico's en anderzijds het invoeren van de nodige controlemethoden (NACE International, 2016b).
- **Optimalisatie van onderhoud**
Onderhoud kan op verschillende manieren worden ingepland. Dit kan periodiek zijn, het onderhoud vindt telkens plaats na het verloop van een vaste tijdsperiode. Of dit kan reactief zijn, onderhoud heeft plaats nadat een controle/inspectie aan het licht bracht dat er onderhoud nodig is. De planning van dit onderhoud kan geoptimaliseerd worden zodat elke onderhoudsbeurt gejustificeerd wordt door een financieel voordeel (NACE International, 2016a).
- **Financiële impact van anti-corrosie maatregelen**
De financiële kost van corrosie valt uiteen in twee delen.
 - Een reactieve kost (Corrective cost curve in Figuur 9). Dit is de kost die gepaard gaat met het oplossen en verhelpen van de problemen ten gevolge van corrosie.
 - Een proactieve kost (Preventive cost curve in Figuur 9). Dit is de kost die gepaard gaat met het voorkomen en vermijden dat corrosie problemen veroorzaakt.

Deze twee kosten zijn geen losstaande gegevens, als de ene omhooggaat, gaat de andere omlaag. Indien een fictief bedrijf A heel veel geld investeert en uitgeeft om corrosie volledig weg te werken, zal het een hoge proactieve kost hebben en lage reactieve kost, maar

zal de totale kost van corrosie toch nog steeds hoog uitvallen (Figuur 9). Indien fictief bedrijf B echter het omgekeerde doet, namelijk geen geld uitgeven aan corrosiepreventie, zullen ook zij een hoge kost van corrosie ervaren aangezien ze ondanks hun lage proactieve kost een zeer hoge reactieve kost zullen hebben (Figuur 9). In bedrijf C worden zowel de reactieve als de proactieve kost van corrosie geoptimaliseerd, dit heeft als effect dat zij de minimale kost van corrosie betalen (Figuur 9).

Om deze minimale totale kost te bereiken is het dus van belang om rekening te houden met de financiële impact van de mogelijke anti-corrosiemaatregelen.



Figuur 9: Optimalisatie van de kost van corrosie

De totale kost van corrosie (blauwe stippellijn) is de som van de proactieve kost van corrosie (groene gekartelde lijn) en de reactieve kost van corrosie (rode volle lijn). Deze twee kosten staan in relatie met elkaar, dit wil zeggen dat als de ene hoog is, de andere laag zal worden en omgekeerd (situatie A en B). Om de minimale kost van corrosie te bereiken dienen beide kosten geoptimaliseerd te worden (situatie C).

Bron: Koch et al., 2016

- Controle en review van het bestaande beleid

Aangezien corrosie geen constant gegeven is binnen een steeds veranderende organisatie mag het managementbeleid dat ook niet

zijn. Hierdoor is het belangrijk dat er controles zijn op het beleid om verzekerd te zijn dat het beleid effectief is en blijft, om problemen aan te tonen en in te spelen op eventuele mogelijkheden tot verbetering (NACE International, 2016b). Om dit te realiseren is het belangrijk om open te staan voor alle vormen van feedback (NACE International, 2016b).

- Incidentenonderzoek

Een incident heeft plaats wanneer verschillende factoren die individueel niet noodzakelijk een probleem vormen samenkomen (Reason, J., Hollnagel, E., Paries, J.,2006). Uit elk incident kunnen dus zaken geleerd worden, inclusief op welke manier het corrosiemanagementsysteem verbeterd kan worden.

- Kennis en opleiding van personeel

Om alle voorgaande punten correct en adequaat uit te voeren is een zekere mate van kennis en ervaring nodig met de corrosieproblematiek. Het is belangrijk dat bedrijven deze kennis en ervaring proberen te cultiveren bij hun personeel en er vervolgens voor zorgen dat deze kennis en ervaring niet verloren gaat (NACE International, 2016b).

Door bevraging van bedrijven naar hun beleving van de voorgaande zaken, is het mogelijk om een beeld te schetsen van het heersende corrosiebeleid.

4.4.2 Deel 2 van de vragenlijst

Dit onderdeel bestaat uit vragen gebaseerd op de belangrijke onderdelen van goed corrosiemanagement aangehaald in paragraaf 4.4.1. Om te vermijden dat het antwoord gestuurd wordt door de vraag, worden deze opzettelijk zeer open gehouden. Hierdoor is het mogelijk dat naast de vraag geantwoord wordt. Om dit te voorkomen zijn de vragen vergezeld van een woordje uitleg, dat dient om context te creëren.

Vraag 1:

Hoe groter de aanwezigheid van corrosie hoe groter de kans op incidenten en hoe groter de aangerichte schade en bijhorende kosten. Bij goed corrosie management moet dit risico gekend zijn en gecontroleerd worden.

Wat verstaat u onder corrosierisicomanagement en hoe wordt dit uitgevoerd?

Vraag 2:

Er zijn verschillende manieren om onderhoud in te plannen. Dit kan periodiek gebeuren of pas nadat een inspectie heeft aangetoond dat corrosie een bepaalde getolereerde hoeveelheid heeft overschreden.

Hanteren jullie een corrosietolerantie en/of op welke manier wordt corrosie gerelateerd onderhoud gepland en uitgevoerd?

Vraag 3:

Verschillende anti-corrosiemaatregelen brengen andere kosten met zich mee, hoge initiële kosten en lagere lopende kosten of net omgekeerd. Door middel van bijvoorbeeld een levenscycluskost analyse kan de financieel meest voordelige methode gekozen worden.

Wordt er rekening gehouden met dergelijke financiële methoden om de financiële impact van verschillende anti-corrosiemaatregelen te bepalen bij investeringen?

Vraag 4:

Om optimaal de geleden kost van corrosie te kunnen bepalen is er een zekere vakkennis nodig. Ook bij het beslissen welke anti-corrosiemaatregel het beste is op technisch en financieel vlak is specifieke kennis nodig.

Is er personeel aanwezig in het bedrijf specifiek opgeleid of met specifieke kennis rond de corrosie problematiek?

Vraag 5:

Is het huidige systeem van corrosiemanagement onderhevig aan revisie door middel van bijvoorbeeld periodieke controles of reviews?

Vraag 6:

Uit elk incident valt wel iets te leren, welke dingen verkeerd gingen, wat beter gedaan kan worden maar ook wat goed ging. Op basis van de lessen die hieruit geleerd worden kan vervolgens het beleid verbeterd worden.

Worden incidenten onderzocht en is corrosie een aspect in deze onderzoeken?

4.5 Verwerken van de vragenlijst

Eens deze vragenlijst ingevuld is door bedrijven, moet deze verwerkt worden. Het is de bedoeling om te kijken of er een verband is tussen de kost van corrosie en het corrosiemanagement binnen een bedrijf. Daarvoor worden de antwoorden uit het eerste en tweede deel van de vragenlijst naast elkaar gelegd.

4.5.1 Verwerken van de vragenlijst deel 1: kost van corrosie

De verwerking van de vragenlijst voor het eerste deel vormt geen probleem. De verkregen antwoorden zijn bedragen die opgeteld kunnen worden bij elkaar. Dit bedrag wordt vervolgens omgezet naar een procentuele kost van corrosie op basis van de jaarlijkse omzet verkregen onder het deel 'algemene informatie'. Op deze manier ontstaat een getal dat zich eenvoudig laat vergelijken.

4.5.2 Verwerken van de vragenlijst deel 2: corrosie management

Dit deel bestaat uit open vragen waarop de respondent vrij is om in te vullen wat hij/zij wenst op de manier die hij/zij het meest geschikt acht. Dit zorgt ervoor dat het antwoord op elke vraag in elke vragenlijst anders is. Om ervoor te zorgen dat deze antwoorden bruikbaar zijn, moeten ze volgens een vast vooraf vastgelegd systeem verwerkt worden.

In oktober 2014 is NACE International begonnen met het uitvoeren van de International measures of prevention, application and economic of corrosion technologies (IMPACT) studie (Koch et al., 2016). De bedoeling van deze studie was om de huidige rol van corrosie management bij bedrijven en overheden vast te stellen en vervolgens ook om best practices op te stellen (Koch et al., 2016).

Om de antwoorden op de open vragen bruikbaar te maken, wordt gewerkt op basis van een systeem gebaseerd op de best practices opgesteld door NACE International in hun IMPACT studie (Koch et al., 2016) en gepubliceerd op hun website (2016a, 2016b, 2016c). De antwoorden uit de vragenlijst krijgen een score van nul tot vijf. Bij een score van nul wordt er niets gedaan met het aspect van corrosiemanagement behandeld door deze vraag. Om vijf te scoren dienen minimaal de best practices uiteengezet door NACE International geëvenaard worden.

➤ Vraag 1

Wat verstaat u onder corrosierisicomanagement en hoe wordt dit uitgevoerd?

Quotering:

NACE International (2016b) haalt in zijn best practices zes punten aan die belangrijk zijn voor een goed risicomanagement en bijgevolg ook aanleiding geven tot een goed corrosierisicomanagement.

- Evenredig met de omvang van het risico in kwestie.
- Omschreven wat betreft omvang, aard en tijdschema, zodat de aanpak proactief is en niet reactief.
- Omvat, waar nodig, een beoordeling van de wijze waarop het risico in de loop van de tijd en de levensduur kan veranderen
- De risico's classificeren en de risico's identificeren die moeten worden vermeden, geëlimineerd of beheerst door asset management.
- Consistent zijn met de operationele ervaring van de organisatie en de mogelijkheden van de toegepaste risicobeperkende maatregelen.
- Zorg voor het toezicht op de vereiste acties om zowel de effectiviteit als de tijdigheid van de uitvoering ervan te garanderen.

Op basis hiervan is het eenvoudig om snel en objectief een score vast te leggen. Een score wordt toegekend op basis van het aantal puntjes uit de lijst die terug te vinden zijn in het antwoord zoals weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14: Quotering voor Vraag 1 uit de vragenlijst

Bron: Eigen werk

Aantal puntjes	Score
1 of minder (geen antwoord = 0)	0/5
2	1/5
3	2/5
4	3/5
5	4/5
6 of meer	5/5

➤ Vraag 2

Hanteren jullie een corrosietolerantie en/of op welke manier wordt corrosie gerelateerd onderhoud gepland en uitgevoerd?

Quotering:

Volgens de best practices van NACE International (2016a) is het vooral belangrijk om geïnformeerd onderhoud in te plannen, op basis van bijvoorbeeld een netto contante waarde berekening of een risicoanalyse. Een voorbeeld van het resultaat van een risicoanalyse is een corrosietolerantie. Indien een bedrijf hiervoor een bepaalde waarde hanteert, en de respondent deze ook kan geven, toont dit aan dat er effectief over het onderhoudsbeleid is nagedacht. Dit levert reeds één van de vijf punten op. Dit laat ons toe de volgende puntenverdeling op te stellen:

0/5: Geen antwoord.

1/5: Onderhoud wordt algemeen ingepland op een bepaalde manier omdat dit altijd zo gedaan wordt.

2/5: Onderhoudsplanung is afhankelijk van hetgeen dat onderhouden moet worden.

3/5: Onderhoud wordt algemeen ingepland na een risicoanalyse of een netto contante waarde berekening

4/5: Onderhoudsplanning is afhankelijk van hetgeen dat onderhouden moet worden en gebeurt op basis van een risicoanalyse of een netto contante waarde berekening.

+1 wanneer een actuele corrosietolerantie gehanteerd wordt (bijvoorbeeld 20%)

➤ Vraag 3

Wordt er rekening gehouden met dergelijke financiële methoden om de financiële impact van verschillende anti-corrosiemaatregelen te bepalen bij investeringen?

Quoting:

De kost van anti-corrosiemaatregelen gaat verder dan alleen maar de initiële investeringskost. Daardoor getuigt het volgens NACE International (2016a) van goed corrosiemanagement indien men de kost doorheen de volledige levensduur ook in acht neemt. Dit kan gedaan worden door middel van verschillende financiële modellen zoals bijvoorbeeld: een levenscycluskostanalyse (Kubba, 2010) of door het rendement op investering (Zipf, 2003) te berekenen. Deze verschillende methodes staan hier louter indicatief (en zijn niet beperkt tot de bovengenoemde) om het grote aanbod aan opties weer te geven en zullen niet verder in detail behandeld worden. Ze stellen ook dat de combinatie van verschillende anti-corrosiemaatregelen een positief effect kan hebben op de mate van bescherming, zonder dat dit een financiële meerkost hoeft te betekenen (NACE International, 2016a). Met deze info kan de volgende puntenverdeling opgesteld worden:

0/5: Geen antwoord.

1/5: Er wordt geen rekening gehouden met de kost van anti-corrosiemaatregelen.

2/5: Er wordt enkel rekening gehouden met de initiële kost van anti-corrosiemaatregelen.

3/5: Er wordt één methode gebruikt om de totale kost van anti-corrosiemaatregelen te bepalen.

4/5: Er worden meerdere methoden gebruikt om de totale kost van anti-corrosiemaatregelen te bepalen en te vergelijken

5/5: Er worden meerdere methoden gebruikt om de totale kost van anti-corrosiemaatregelen te bepalen en te vergelijken waarbij ook rekening gehouden wordt met de mogelijkheid om verschillende anti-corrosiemaatregelen te combineren.

➤ Vraag 4

Is er personeel aanwezig in het bedrijf specifiek opgeleid of met specifieke kennis rond de corrosie problematiek?

Quoting:

Goed corrosiemanagement staat of valt met de kennis en ervaring van het personeel die dit beleid moet opstellen, invoeren en handhaven. Daarom beschrijft NACE International (2016b) een aantal belangrijke punten voor het personeelsbeleid:

- De organisatie is verantwoordelijk voor het garanderen en documenteren dat personeelsleden die vallen onder het corrosiemanagementbeleid, over een passend competentieniveau beschikken in termen van opleiding, training, kennis en ervaring.
- Opleidings- en bekwaamheidsvereisten zijn van toepassing op zowel het personeel van de organisatie als op het personeel van onderaannemers.
- De organisatie dient een proces te ontwikkelen voor het opleiden van personeel in de organisatie-specifieke corrosiemanagements processen en procedures.
- Competentie-evaluaties voor personeel, zoals certificeringen, interne of externe schriftelijke of mondelinge examens, demonstraties van competentie, eerdere werkervaring of evaluaties op de werkvloer moeten worden gedefinieerd, geïmplementeerd en gedocumenteerd.
- Het is belangrijk rekening te houden met de behoefte aan herscholing en evaluaties, alsook met het verschil tussen opleidingsvereisten voor nieuw en ervaren personeel.

- Het is van essentieel belang dat de kennis van het bedrijf bij het bedrijf blijft, niet dat deze verdwijnt indien ervaren personeel vertrekt.

Op basis van deze opsomming kan op eenzelfde manier gequoteerd worden zoals bij vraag 1. Hier geldt dus eenzelfde puntenverdeling zoals weergegeven in Tabel 14.

➤ Vraag 5

Is het huidige systeem van corrosiemanagement onderhevig aan revisie door middel van bijvoorbeeld periodieke controles of reviews?

Quotering:

Reviews zijn een belangrijk onderdeel van een corrosiemanagementbeleid om ervoor te zorgen dat dit beleid optimaal is en continue verbeterd kan worden (NACE International, 2016b). Naast een periodiek review beleid is het volgens NACE International ook van belang om achteraf te controleren dat de veranderingen in het beleid ook goed worden uitgevoerd en dat er naast de officiële kanalen ook de mogelijkheid bestaat om het beleid aan te passen na informele aanbevelingen zoals bijvoorbeeld spontane opmerkingen van personeel. Op basis van deze info kan de volgende puntenverdeling opgesteld worden:

0/5: Geen antwoord.

1/5: Nee, het beleid is niet onderhevig aan herziening.

2/5: Ja, het beleid wordt occasioneel herzien.

3/5: Ja, het beleid is onderhevig aan een periodieke revisie.

4/5: Ja, het beleid is onderhevig aan een periodieke revisie en er wordt op nagezien dat de veranderingen goed worden ingevoerd.

5/5: Ja, het beleid is onderhevig aan een periodiek revisie en er wordt op nagezien dat de veranderingen goed worden ingevoerd. Er wordt eveneens geluisterd en gewerkt met de spontane opmerkingen van het personeel.

➤ Vraag 6

Worden incidenten onderzocht en is corrosie een aspect in deze onderzoeken?

Quotering:

Incidentenonderzoek is een manier om lessen te trekken uit incidenten die zich tijdens de levensduur van een faciliteit voordoen, en deze te communiceren aan zowel het personeel als andere belanghebbenden (American Institute of Chemical Engineers, z.d.). Volgens NACE International (2016b) is het belangrijk om hierbij ook het corrosiemanagementbeleid en andere corrosie gerelateerde processen te onderzoeken en deze gelegenheid gebruiken om het beleid vervolgens bij te sturen. Dit laat ons toe de volgende puntenverdeling op te stellen:

0/5: Geen antwoord.

1/5: Alleen grote incidenten worden onderzocht

2/5: Alle incidenten worden onderzocht

3/5: Alle incidenten worden onderzocht en ook near misses worden onderzocht

4/5: Alle incidenten en near misses worden onderzocht. Corrosie wordt ongeacht het incident altijd onderzocht als een mogelijke factor.

+1 indien het beleid wordt aangepast op basis van het resultaat van het onderzoek.

5 Resultaten

In de inleiding van de vragenlijst is anonieme verwerking beloofd. De voornaamste reden hiervoor is om eventuele respondenten niet af te schrikken met het feit dat bedrijfsgevoelige gegevens rond de kost van corrosie en hun beleid openbaar zouden worden.

Om dit te bereiken worden de vragenlijsten chronologisch (de volgorde van ontvangst) verwerkt op basis van het volgende stappenplan:

- Toewijzing van een nummer tussen één en zesentwintig door middel van een random number generator (<https://www.random.org/>).
- Toewijzing van een naam uit het NAVO-spellingsalfabet in omgekeerde relatie met het willekeurig toegewezen nummer. Dit wil zeggen: één=Zulu, twee=Yankee, drie=X-ray, ..., vijfentwintig=Bravo en zesentwintig=Alpha.
- Weergave in het verdere verloop van deze paragraaf in alfabetische volgorde.

Bij de verwerking van de vragenlijsten, zal ook de naam worden vervangen door de toegewezen geanonimiseerde naam indien deze voorkomt in het antwoord van de respondent. Eventuele andere woorden of zinsdelen die de identiteit van de respondent zouden kunnen blootgeven, zullen worden vervangen door [...].

5.1 Foxtrot

Kost van corrosie:

Tabel 15: Verdeling van de geschatte jaarlijkse kost van corrosie bij Foxtrot

Bron: Eigen werk

Beschrijving kostenpost	Bedrag (€)
Corrosie resistente materialen	2000
Anti-corrosie coatings	170000
Elektrochemische bescherming	2000
Inspecties naar corrosie	16500
Personeelskost van personeel bezig met corrosiebestrijding	5000
Schadevergoedingen voor milieuvervuiling wegens corrosie	/
Schadevergoedingen voor geleden menselijke schade wegens corrosie	/
Tijdsverlies wegens corrosie	/
Kwaliteitsverlies wegens corrosie	/
Andere corrosie gerelateerde kosten, zowel direct als indirect	124000

De som van de antwoorden bedraagt € 319.500. Een jaarlijkse omzet is niet gegeven om de procentuele kost van corrosie te kunnen bepalen.

Corrosiemanagement:

Antwoord op vraag 1:

Voor romp en dekken zijn er periodes van onderhoud voorzien. **Bvb om de 2 jaar gaat een schip in het droogdok voor een periode van bvb 2 à 3 weken.** Hier wordt aan de hand van een inspectie en het inspectierapport door de vercontractant een plan van aanpak opgesteld. Ttz, wordt er bepaald met welk middel de romp wordt gereinigd, hoeveel lagen primer en hoeveel eindlagen er op de verschillende delen van het schip moeten komen. Tussen ieder tussenlaag is een inspectie voorzien door de verleverancier. Indien er

grote hiaten zijn (lees zeer roestige delen van de romp) kan het zijn dat er nieuwe stukken dienen opgelast te worden.

*Voor romp en dekken zijn er ook periodes dat de bemanning van het schip zelf dient in te staan voor herstelling en onderhoud. Hiervoor zijn de benodigde middelen te voorzien door de bootsman van het schip. **Dit is de volledige verantwoordelijkheid van de Kapitein van het schip***

Voor andere delen van het schip (dekkranen, valves.....) idem zoals in het tweede punt beschreven

Het risicomanagement is voor mij het inplannen, uitvoeren en opvolgen van een (al dan niet voorgeschreven) onderhoud. Het beheer door een goede huisvader

*De schepen worden **constant gemonitord door de bemanning. Zij zullen kleine herstellingen doen op plaatsen waar corrosie optreedt. Dit beperkt het risico dat de corrosie zich doorzet en grotere schade kan aanrichten.***

Zoals op alle schepen wordt het risico op corrosie beperkt door de Zinkstukken en een eventuele actieve kathodische beschermingsinstallatie.

Tijdens een onderhoud wordt er altijd een inspectie van de verlagen gedaan door een gespecialiseerde firma. In sommige gevallen worden er ook diktemetingen uitgevoerd van de romp of bepaalde onderdelen van het schip zoals zeewatergekoelde uitlaatboxen. De [...] krijgen om de twee jaar een nieuwe laag (of meerdere lagen) verf.

De zinkstukken worden tevens geïnspecteerd en indien nodig vervangen.

De in vet aangeduide delen van het antwoord corresponderen met drie van de zes puntjes uit 'Vraag 1' in paragraaf 4.5.2 wat zorgt voor een score van 2/5.

Antwoord op vraag 2:

De [...] varen onder klasse (Bureau Veritas). Dit bureau legt een tolerantie op van 20%. Indien de tolerantie overschreden wordt zal het probleem aangepakt worden tijdens het onderhoud.

Voor **de [...] is** er op dit moment geen limiet gesteld. Het is wel de bedoeling dat we hier een grens op stellen. Momenteel wordt er beplating vervangen **met 30% reductie** van materiaal.

Tijdens de droogdokperiode worden de diktemetingen uitgevoerd en indien nodig worden de werken tijdens dezelfde periode aangepakt. Waarden die de limiet naderen worden van dichtbij opgevolgd tijdens volgende onderhouden.

Periodiek onderhoud tegen corrosie bestaat uit het verwijderen van de corrosie en opnieuw beschermende lagen aanbrengen.

Er wordt ook telkens een inspectierapport opgesteld bij een onderhoud.

Op verschillende manieren:

Visueel

Volgens een planning en uitvoeren met eigen middelen

Volgens een planning en in uitbesteding

De in vet aangeduide delen tonen aan dat er gewerkt wordt met verschillende plannings en toleranties afhankelijk van hetgeen dat onderhouden moet worden. Dit levert een score op van 2/5 waarbij nog één extra punt moet worden toegevoegd voor de corrosietolerantie. Dit geeft een totaal van 3/5.

Antwoord op vraag 3:

Ik kan me voorstellen dat hier bij de nieuwbouwprojecten wel degelijk rekening mee gehouden wordt. We moeten ons er echter van bewust zijn dat er altijd budget te weinig zal zijn voor deze projecten om alles te laten uitvoeren wat we wensen. Hierdoor kan het zijn dat deze initieel zware investering niet gedaan wordt en er gekozen wordt om de corrosie correctief aan te pakken.

Men kan aan de hand van ervaringen uit vorige onderhoudsperiodes én - methoden diezelfde periode én methode analyseren én eventueel aanpassen. Dat zal dan een invloed hebben op het financiële. Enerzijds zal meer onderhoud= meer onkosten met zich meebrengen. Anderzijds zal men misschien besparen op herstellingskosten of vervanging. Vervanging van

bepaalde onderdelen kost op den duur ook meer vanwege eventuele obsolescence van bepaalde systemen/onderdelen.

Bij investeringen zal men ook rekening houden met de kostprijs/onderhoudslast van bepaalde materialen en uitkijken naar modernere en meer onderhoudsvriendelijke alternatieven bij de keuze van het materieel

Het in vet aangeduide deel toont aan dat er rekening gehouden wordt met de financiële impact van anti-corrosiemaatregelen. Dit geeft een score van 3/5. Wat hier ook wel opvalt is dat men specifiek aanhaalt dat ondanks dat men weet dat bepaalde zaken op langere termijn goedkoper zijn, de budgettaire beperkingen op korte termijn toch een beperkende factor kunnen zijn.

Antwoord op vraag 4:

*De meeste materiaalbeheerders bij [Foxytrot] hebben een technische achtergrond met een diploma van ofwel industrieel ofwel burgerlijk ingenieur. **Er is dus wel degelijk kennis hierover aanwezig binnen het bedrijf.***

In hoeverre de verschillende materieelbeheerders hier een diepgaande kennis over hebben kan ik niet zeggen. Ikzelf heb wel een keuzevak gevolgd over corrosie op de universiteit.

*De schepen die in uitbesteding onderhouden worden, kunnen rekenen op een **projectleider van de contractant. Deze is dikwijls wel goed op de hoogte van de corrosieproblematiek.***

[Foxytrot] heeft momenteel een verfcontract met 1 specifieke firma. Bij het onderhoud van romp en dekken wordt een vertegenwoordiger van deze firma gecontracteerd voor een analyse van de huidige situatie van romp en dekken en daarom het plan van aanpak voor het benodigde onderhoud

Het in vet aangeduide deel van het antwoord correspondeert met één van de zes puntjes uit 'vraag 4' in paragraaf 4.5.2 wat zorgt voor een score van 0/5.

Antwoord op vraag 5:

Na ieder onderhoud wordt een post-mortemverslag opgemaakt. Op regelmatige basis is ook overleg ingepland met de verfcontractant. Een voorstel van revisie kan op dat moment altijd besproken worden.

Niet bij mijn weten.

Niets in het antwoord toont aan dat het corrosiemanagementbeleid onderhevig is aan revisie, dit zorgt voor een score van 1/5.

Antwoord op vraag 6:

Kleinere incidenten worden vaak niet onderzocht. Zeker niet indien het gaat over oudere schepen.

*Bij nieuwere schepen gebeurt dit wel. Onlangs merkten we dat de uitlaten na 5 jaar reeds aan vervanging toe zijn door corrosie. Hier wordt er wel gekeken naar mogelijke oorzaken en/of constructiefouten. In de reparatie zullen de **lessons learned meegenomen worden.***

*Jazeker. In principe kan bij een breuk of gelijk welk defect onderzocht worden als het voorgeschreven onderhoud wél werd uitgevoerd. Als geconstateerd wordt dat bij een defect het voorgeschreven onderhoud niet of niet goed werd uitgevoerd of het voorgeschreven onderhoud niet correct is, kunnen de **gepaste maatregelen worden genomen.***

Het eerste vet aangeduide deel zegt letterlijk dat kleinere incidenten vaak niet worden onderzocht, dit geeft aanleiding tot een 1/5. De andere vette delen, tonen wel aan dat met de resultaten van deze onderzoeken iets gedaan wordt, wat zorgt voor één extra punt. Dit brengt het totaal op 2/5.

Overzicht:

Tabel 16: Scores van Foxtrot

Bron: Eigen werk

Vraag	1	2	3	4	5	6
Score	2/5	3/5	3/5	0/5	1/5	2/5

Door het optellen van de behaalde scores (Tabel 16), behaalt Foxtrot een totale score van 11/30.

5.2 Mike

Kost van corrosie:

Tabel 17: Verdeling van de geschatte jaarlijkse kost van corrosie bij Mike

Bron: Eigen werk

Beschrijving kostenpost	Bedrag (€)
Corrosie resistente materialen	/
Anti-corrosie coatings	/
Elektrochemische bescherming	/
Inspecties naar corrosie	/
Personeelskost van personeel bezig met corrosiebestrijding	/
Schadevergoedingen voor milieuvervuiling wegens corrosie	/
Schadevergoedingen voor geleden menselijke schade wegens corrosie	/
Tijdsverlies wegens corrosie	/
Kwaliteitsverlies wegens corrosie	/
Andere corrosie gerelateerde kosten, zowel direct als indirect	/

De verschillende deelvragen uit de bevraging naar de kost van corrosie waren niet afzonderlijk ingevuld, wel werd het volgende algemeen antwoord gegeven.

A general corrosion budget of around €150 000 is foreseen and used according to the needs of particular locations. Corrosion inspections are performed to look for damages and possible critical situations. According to the outcome of these inspections the budget is applied.

De som van de antwoorden bedraagt dus € 150.000, de jaarlijkse omzet bedraagt € 9.921.385,94. Dit zorgt dat de procentuele kost van corrosie gelijk is aan 1,512%.

Corrosiemanagement:

Antwoord op vraag 1:

At [Mike] the corrosion risk management comprehends the management of the deterioration of the quality of materials due to their exposure to the (offshore) elements.

Since most of the structural components are steel structures we are mostly focused on these items but also other materials (i.e. GRP grating) are part of this and the use of different kind of materials is also a corrosion management strategy.

*In our [...] different corrosion protection systems are applied. **The steel structures are partly painted, part of them are ICCP protected and some parts simply have corrosion allowance.***

The corrosion management aims to keep this deterioration to a bare minimum and certainly below the defined design parameters. This is done through monitoring, inspections and remediation.

De in vet aangeduide delen van het antwoord corresponderen met vier van de zes puntjes uit 'Vraag 1' in paragraaf 4.5.2 wat zorgt voor een score van 3/5.

Antwoord op vraag 2:

*Both maintenance and inspections are periodically scheduled on various locations over time. **Corrosion allowance on the applicable parts of the structure is monitored.** Inspections are performed according to the guidelines of **our corrosion maintenance manual that takes into account the specific anti-corrosion design.** If critical issues (i.e. big damages) arise these are investigated and often repaired as soon as possible to avoid further deterioration.*

Het tweede in vet aangeduide zinsdeel toont aan dat het onderhoud afhankelijk is van datgene dat dient onderhouden te worden, dit zorgt voor een score van 2/5. De eerste in vet aangeduide zin geeft aan dat er corrosietoleranties zijn. Dit levert één extra punt op voor een totaal van 3/5.

Antwoord op vraag 3:

Considering the harsh environment and the challenges of offshore maintenance the costs of these work are considerably higher compared to onshore works and unfortunately often with technically inferior results. Hence we strive to keep the OPEX low and focus a lot on quality management of the design and fabrication.

Dit antwoord beschrijft één manier waarop er geprobeerd wordt om de kost van anti-corrosiemaatregelen laag te houden. Dit levert een score op van 3/5.

Antwoord op vraag 4:

*Yes, **the company educates personnel on corrosion and also works with experienced consultants** for specific jobs.*

De in vet aangeduide delen van het antwoord corresponderen met twee van de zes puntjes uit 'vraag 4' in paragraaf 4.5.2 wat zorgt voor een score van 1/5.

Antwoord op vraag 5:

*Yes of course, our [...] is newly built hence **the monitoring system is being set up and will inevitably go through a learning curve.***

Het in vet aangeduide zinsdeel stelt dat het om nieuw beleid gaat dat actief wordt opgevolgd en aangepast, dit zorgt voor een score van 4/5.

Antwoord op vraag 6:

Every incident is investigated** and a root cause analysis is performed. The investigation focuses on how reoccurrence can be avoided and which **lessons can be learned and implemented.

For incidents regarding safety these are shared with other companies too when relevant. Corrosion issues are often shared with the designer, fabricator

and /or paint supplier to investigate the root cause. Also we try to share our experiences through research projects like this and participating in industry events like conferences.

Het eerste in vet aangeduide zinsdeel toont aan, dat elk incident onderzocht wordt. Dit geeft een score van 2/5. Vervolgens toont het tweede in vet aangeduide zinsdeel aan dat er op basis van deze onderzoeken ook veranderingen worden doorgevoerd. Dit levert één extra punt op en zorgt voor een totaal van 3/5.

Overzicht:

Tabel 18: Scores van Mike

Bron: Eigen werk

Vraag	1	2	3	4	5	6
Score	3/5	3/5	3/5	1/5	4/5	3/5

Door het optellen van de behaalde scores (Tabel 18) behaalt Foxtrot een totale score van 17/30.

5.3 Groepering van de resultaten

De resultaten bekomen uit de ingevulde vragenlijsten worden gegroepeerd in tabellen en grafieken. Dit is nodig om de geleden kost van corrosie van een bedrijf of instantie te vergelijken met hun corrosiemanagementbeleid, maar ook om hun prestaties op de open vragen onderling te kunnen vergelijken.

Tabel 19 laat toe om de antwoorden van de verschillende respondenten op de verschillende deelvragen rond de kost van corrosie onderling met elkaar te vergelijken.

Op basis van Tabel 20 kunnen de behaalde scores op de open vragen rond het corrosiemanagementbeleid afzonderlijk vergeleken worden.

Tabel 19: Vergelijkende tabel van de verdeling van de geschatte jaarlijkse kost van corrosie

Bron: Eigen werk

	Foxtrot	Mike
Beschrijving kostenpost	Bedrag (€)	Bedrag (€)
Corrosie resistente materialen	2000	/
Anti-corrosie coatings	170000	/
Elektrochemische bescherming	2000	/
Inspecties naar corrosie	16500	/
Personeelskost van personeel bezig met corrosiebestrijding	5000	/
Schadevergoedingen voor milieuvervuiling wegens corrosie	/	/
Schadevergoedingen voor geleden menselijke schade wegens corrosie	/	/
Tijdsverlies wegens corrosie	/	/
Kwaliteitsverlies wegens corrosie	/	/
Andere corrosie gerelateerde kosten, zowel direct als indirect	124000	/
Totaal	319500	150000
Procentuele kost van corrosie	/	1,512 %

Tabel 20: Vergelijkende tabel van de scores bij de open vragen

Bron: Eigen werk

	Foxtrot	Mike
Vraag	Score	Score
1	2/5	3/5
2	3/5	3/5
3	3/5	3/5
4	0/5	1/5
5	1/5	4/5
6	2/5	3/5
Totaal	11/30	17/30

6 Discussie

Na het groeperen van de bekomen resultaten in paragraaf 5.3 vallen al snel enkele zaken op die het bespreken waard zijn. Om optimaal het overzicht te behouden tussen de verschillende discussiepunten, zijn deze georganiseerd in twee grote categorieën. Enerzijds de discussiepunten die de bekomen resultaten behandelen, en anderzijds de discussiepunten die de vragenlijst zelf onder de loep nemen, met andere woorden de gebruikte methode. Hiernaast is er vervolgens ook nog een blik vooruit, hier gaat het over het nu verder kan naar de toekomst toe.

De volgorde waarin de discussiepunten opgelijst staan, binnen in hun respectievelijke categorieën, is de volgorde waarin deze mij zijn opgevallen. Deze volgorde is dus geen weerspiegeling van de belangrijkheid van de discussiepunten.

6.1 Resultaten

6.1.1 “Maar” twee ingevulde vragenlijsten

Het eerste discussiepunt bespreekt de beperkte hoeveelheid ingevulde vragenlijsten. Het feit dat er maar twee ingevulde vragenlijsten zijn, is een frappant gegeven dat direct opvalt, zonder dat er zelfs maar naar de gegeven antwoorden moet worden gekeken.

Hoar (1971) haalde reeds aan dat het niet praktisch haalbaar is om een volledige industrietak laat staan een volledige economie te bevragen naar de kost van corrosie. Combineer dit met het feit dat men bij dergelijke bevragingen op basis van een vragenlijst altijd afhankelijk is van de medewerking van de te ondervragen bedrijven of instanties (Committee on cost of corrosion in Japan, 2001) en dat deze in het geval van een bevraging naar de kost van corrosie, wat reeds een moeilijk te kwantificeren gegeven is om mee te beginnen, vaak nogal terughoudend zijn rond het delen van dergelijke informatie (Hou et al., 2017).

Indien men rekening houdt met al het bovenstaande, is het al snel duidelijk dat het moeilijk en misschien zelfs onrealistisch is, om aan een zodanig groot aantal ingevulde vragenlijsten te komen, dat er onderbouwde en zinnige

conclusies kunnen gevormd worden voor de volledige Vlaamse maritieme industrie.

Ondanks dit alles, blijft twee toch maar een heel klein aantal. Dit kan te wijten zijn aan verschillende zaken.

Een eerste oorzaak kan zijn dat er simpelweg te weinig instanties of bedrijven bevestigd zijn om mee te beginnen. Vervolgens halen Hou et al. (2017) aan dat bedrijven of instanties vaak terughoudend of onwetend zijn rond het delen van de indirecte kost van corrosie, alsook over de grootte ervan. Indien deze terughoudendheid of onwetendheid een effect heeft op de kost van corrosie in het algemeen en dus veel verder strekt dan alleen de indirecte kost van corrosie, kan dit mede een verklaring zijn voor de lage respons.

Bhaskaran et al. (2005) stellen dat één van de belangrijkste aspecten om de kost van corrosie te verkleinen, een betere doorstroming is van informatie rond corrosiemanagement. Omgekeerd wil dit dus zeggen dat een tekort aan bewustzijn rond de kost van corrosie een deel is van de reden dat de kost van corrosie hoger is dan noodzakelijk. Ditzelfde tekort aan bewustzijn rond de kost van corrosie kan ervoor zorgen dat er weinig tot geen motivatie is bij bedrijven of instanties om tijd en moeite te steken in het invullen van een vragenlijst rond de kost van corrosie.

De vragenlijst in deze studie is doorgestuurd binnen een groep bedrijven die betrokken zijn bij een project rond corrosie. Dit zou de terughoudendheid van bedrijven hebben moeten verminderen. Hierdoor blijft het gebrek aan bewustzijn rond de kost van corrosie staan als enige factor waartegen geen dekking is voorzien. Tevens hebben twee bedrijven/instanties geantwoord dat de kost van corrosie niet echt iets is waar ze plannen voor hebben. Dit antwoord, meer nog dan gewoon "nee", toont aan dat er een tekort aan bewustzijn is.

Hierdoor kan dus gesteld worden dat een gebrek aan bewustzijn een doorslaggevende factor is voor het feit dat er maar twee ingevulde vragenlijsten zijn en dat datzelfde gebrek aan bewustzijn ook een belangrijke factor is in de problematiek rond de kost van corrosie.

6.1.2 Geen omzet gegeven bij Foxtrot

In het eerste deel van de corrosie kost en management vragenlijst wordt er naar een aantal algemene gegevens gevraagd. Een van deze algemeenheden is de jaarlijkse omzet. Aangezien dit op het eerste zicht een wat uit de context gestelde vraag is, in een vragenlijst omtrent de kost van corrosie en het corrosiemanagementsbeleid, staat er tussen haakjes bij vermeld dat dit bedoeld is om de procentuele kost van corrosie binnen het bedrijf te berekenen.

Bij Foxtrot heeft men geen waarde opgegeven. Dit betekent dat de procentuele kost niet kan worden berekend. Dit maakt het vergelijken tussen het behaalde resultaat op de open vragen rond het corrosiemanagementbeleid en de geleden kost van corrosie moeilijk aangezien de geleden kost van corrosie van € 319.500 een heel goed resultaat kan zijn indien hun omzet in de richting van de € 30.000.000 gaat maar omgekeerd net ook een slecht resultaat kan zijn indien hun omzet meer in de richting van de € 6.000.000 ligt. Dit toont dus aan dat de omzet een belangrijk gegeven is om de voor de vergelijking zo cruciale procentuele kost van corrosie te kunnen berekenen.

Wel was ingevuld dat een jaarlijkse omzet niet van toepassing is. De meest logische en voor de hand liggende reden hiervoor is dat het hier om een instantie gaat die geen winstoogmerk heeft. Denk hier bijvoorbeeld aan overheidsinstanties.

Aangezien het gegeven van een jaarlijkse omzet zo belangrijk is om de vergelijking te kunnen maken tussen de kost van corrosie en het corrosiemanagementbeleid is het een belangrijk discussiepunt om de vraag naar jaarlijkse omzet aan te passen.

Het is misschien beter om het woord 'omzet' te laten vallen en de vraag bijvoorbeeld te formuleren als jaarlijks budget. Net zoals bij de open vragen is het misschien nuttig om deze vraag te vergezellen van een woordje uitleg. Hierin kan dan de context gegeven worden waarin de vraag gezien moet worden alsook een beschrijving van wat er bedoeld wordt met 'jaarlijks

budget'. Dit kan een manier zijn om ervoor te zorgen dat ook bedrijven of instanties zonder winst oogmerk hier een concreet getal invullen.

6.1.3 Geen onderverdeling van de kost van corrosie bij Mike

In deel twee van de vragenlijst wordt getracht de kost van corrosie binnen een bedrijf of instantie na te gaan. Om dit te doen is beslist om te werken met een vragenlijst gebaseerd op de Hoar-methode (zie paragraaf 4.3). Hierbij worden de verschillende corrosie gerelateerde kosten opgeteld om een totale kost van corrosie te verkrijgen (zie paragraaf 3.1 en 3.4.1.2).

Indien we de antwoorden van Mike en Foxtrot op deze deel vragen naast elkaar leggen (Tabel 19) valt direct op dat Mike op geen enkele van deze deelvragen een antwoord heeft gegeven. Wel hebben ze een algemeen antwoord geformuleerd:

A general corrosion budget of around €150 000 is foreseen and used according to the needs of particular locations. Corrosion inspections are performed to look for damages and possible critical situations. According to the outcome of these inspections the budget is applied.

Ondanks het feit dat de deelvragen niet zijn ingevuld, kunnen er uit dit relatief korte antwoord bestaande uit drie zinnen relatief veel dingen geleerd worden.

Eerst en vooral is er de meest opvallende informatie, namelijk dat ze een kost van corrosie hebben die € 150.000 bedraagt.

Vervolgens kunnen we na nadere inspectie van het antwoord constateren dat het hier niet gaat om de kost van corrosie maar eerder om hun, hoogstwaarschijnlijk, jaarlijkse budget voor anti-corrosiemaatregelen. Dit omdat op basis van de laatste twee zinnen geconcludeerd kan worden dat de kost van corrosie inspecties al niet in die € 150.000 zit. Ook spreekt men nergens in het antwoord over de indirecte kosten van corrosie. We kunnen dus besluiten dat hun effectieve kost van corrosie hoger zal liggen dan de opgegeven € 150.000.

Ten slotte wijst dit antwoord er ook op dat de kost van corrosie eerder gezien wordt als een vaste kost en niet als een variabele kostenpost die men kan

minimaliseren door middel van een goed beleid omtrent corrosiemanagement.

6.1.4 Geen gegevens rond de indirecte kost van corrosie

De vragenlijst om de kost van corrosie te bepalen is gebaseerd op een vragenlijst die in China is gebruikt om de kost van corrosie te bepalen in het land (zie paragraaf 4.3). In deze Chinese lijst wordt een onderscheid gemaakt tussen vragen die handelen over de directe kost van corrosie en vragen die de indirecte kost behandelen. In de vragenlijst die werd rondgestuurd, is dit onderscheid niet gemaakt, maar het bestaat wel. De puntjes zes tot en met negen behandelen namelijk de indirecte kost van corrosie (zie paragraaf 4.3).

Het is dus opvallend dat bij de beide respondenten puntjes zes tot en met negen niet zijn ingevuld (Tabel 19). Het moet wel worden opgemerkt dat bij Mike geen een van de tien puntjes is ingevuld (Tabel 17 en 19). Toch maakt ook het algemene antwoord dat ze hebben gegeven, geen gewag van een indirecte kost van corrosie.

Dit alles valt te verklaren door de stelling van Hou et al. (2017) die het ontbreken van gegevens rond de indirecte kost van corrosie wijt aan een onwetendheid hiervan of een terughoudendheid om deze te delen.

Dit is dus een probleem inherent aan het proberen bepalen van de kost van corrosie aan de hand van een vragenlijst. Het is dus van belang om dit mee te nemen bij het analyseren van de gegevens dat de verkregen kost van corrosie realistisch gezien een onderschatting is.

6.1.5 Relatie tussen procentuele kost van corrosie en corrosiemanagement

In Tabel 19 staat de totale kost van corrosie en de procentuele kost van corrosie, dit kan naast de behaalde score op het gedeelte rond het corrosiemanagementbeleid gelegd worden uit Tabel 20.

Opvallend is dat er weinig data is om mee aan de slag te gaan, dit is uitvoerig behandeld in paragraaf 6.1.1. Dit probleem wordt nog verergerd door het feit dat er voor Foxtrot geen procentuele kost voor corrosie is om mee aan de slag te gaan.

Ondanks het feit dat Mike 20% meer scoort op het gedeelte rond corrosiemanagementbeleid dan Foxtrot, respectievelijk 17/30 en 11/30 (Tabel 20), kan er niet besloten worden dat dit de reden is waarom de kost van corrosie € 169.500 meer bedraagt bij Foxtrot dan bij Mike. Om hierover uitspraken te kunnen doen is de procentuele kost van corrosie nodig (zie paragraaf 6.1.2).

Wat echter wel kan, is de procentuele kost van corrosie bij Mike vergelijken met de procentuele kost van corrosie voor bepaalde landen. Dit is een op het eerste zicht extreme vergelijking, maar de procentuele kost van corrosie voor een bepaald land is vaak bekomen na grote extrapolaties en deze procenten kunnen het best gezien worden als een indicatie in plaats van als een concrete waarde (zie paragraaf 3.4.2). Aangezien in paragraaf 6.1.3 en 6.1.4 gesteld wordt dat de procentuele kost bekomen uit de vragenlijst ook best gezien kan worden als een indicatie, kan deze vergelijking toch gemaakt worden.

Grofweg kunnen we stellen dat de kost van corrosie een gegeven is dat varieert van 0,5% tot 5% (zie paragraaf 3.3) zonder een onderscheid te maken tussen studies die wel of niet rekening houden met de indirecte kost van corrosie. Op deze manier leiden we af dat Mike het met 1,512% vrij goed doet. Deze 1,512% is echter een vertekend beeld. Het gaat hier hoogstwaarschijnlijk over een lage schatting van de directe kost van corrosie die ook geen rekening houdt met de indirecte kost van corrosie (zie paragraaf 6.1.3 en 6.1.4). Hierdoor ligt de score van Mike realistisch gezien eerder in de middenmoot.

Ondanks het gebrek aan data dat tegenhoudt dat er sluitende conclusies getrokken kunnen worden, zijn deze ingevulde vragenlijsten wel proof of concept dat een vragenlijst gebruikt kan worden om de kost van corrosie en het corrosiemanagementbeleid van een bedrijf of instantie te bevragen en te vergelijken.

6.2 Gebruikte methode

Dit discussiepunt behandelt de methode van de vragenlijst. Aangezien vragenlijsten een reeds algemeen gekende en aanvaarde manier zijn om de

kost van corrosie te bepalen, gaat het hier meer bepaald over het gebruik van een vragenlijst om te peilen naar het corrosiemanagementbeleid van een bedrijf of instantie.

Op basis van een aantal observaties van de bekomen resultaten kan worden ingeschat of een vraag eventueel problematisch is of niet. Dit kunnen vragen zijn waar iedereen heel laag of net heel hoog scoort. Ook vragen waar er grote verschillen zitten in de behaalde resultaten, of net waar iedereen hetzelfde scoorde zijn onze aandacht waard. Meer bepaald gaat het voor de vragenlijst rond het corrosiemanagementbeleid over de vragen twee en drie, waar zowel Mike en Foxtrot exact dezelfde score behaalden, vraag vier, waar beide respondenten heel slecht scoorden en vraag vijf waar het verschil tussen de twee respondenten heel groot was (Tabel 20).

- Vraag twee en drie, respectievelijk: 'Hanteren jullie een corrosietolerantie en/of op welke manier wordt corrosie gerelateerd onderhoud gepland en uitgevoerd?' en 'Wordt er rekening gehouden met dergelijke financiële methoden om de financiële impact van verschillende anti-corrosiemaatregelen te bepalen bij investeringen?'

Deze behandelen respectievelijk de manier waarop corrosie gerelateerd onderhoud wordt ingepland en over het feit of men de verschillende financiële impact van verschillende anti-corrosiemaatregelen in acht neemt bij nieuwe investeringen. Los van corrosie, dienen bedrijfsmiddelen onderhouden te worden. Ook bij het investeren in nieuwe bedrijfsmiddelen wordt de financiële impact vaak bepaald aan de hand van modellen zoals een levenscyclus kost. Dit gaat zelfs zover dat deze ook zijn doorgedrongen tot op het niveau van de individuele consumenten bijvoorbeeld het plannen van onderhoud van een auto of verwarmingsinstallatie en de financiële overweging tussen het kopen van een huis of het huren ervan. Dit zijn dus alle twee zaken die los van corrosie goed gekend zijn en wijdverspreid zijn. Er kan dus veilig vanuit gegaan worden dat dit de zaken zijn die het snelst en het best worden geïmplementeerd in een corrosiemanagementsbeleid. Hierdoor is dit dus de meest logische verklaring voor het feit dat beide respondenten hier beide dezelfde aanvaardbare score van een drie op vijf behaalden (Tabel 20). Dit

wil dus ook zeggen dat er niet noodzakelijk een probleem is met de vraagstelling en de verbeteringsleutel voor vraag twee en drie.

- Vraag vier: Is er personeel aanwezig in het bedrijf specifiek opgeleid of met specifieke kennis rond de corrosie problematiek?

Op vraag vier hebben de beide respondenten een slechte score behaald, nul op vijf en één op vijf voor respectievelijk Foxtrot en Mike (Tabel 20). Dit is nochtans een vraag die handelt over een onderwerp met een grote impact op het corrosiemanagementsbeleid, namelijk het personeel met kennis omtrent de corrosieproblematiek.

De reden waarom de respondenten hier slecht scoren kan liggen aan een gebrek aan bewustzijn dat nauw verbonden is met het personeelsbeleid. Een bedrijf of instantie zal niet snel iemand aanwerven gespecialiseerd in een problematiek waarvan men zich niet of nauwelijks bewust is.

Misschien is echter de vraag onduidelijk of is er een probleem met de verbeteringsleutel. Het kan natuurlijk ook gewoon toevallig zijn dat beide respondenten hier slecht scoorden.

Bij het naast elkaar leggen van vraag vier en de verbeteringsleutel van vraag vier (zie paragraaf 4.5.2, puntje 4), valt op dat de vraag nogal gesloten is voor het antwoord dat verwacht wordt. Aangezien de vraag gewoon peilt naar de aanwezigheid van personeel is er voor de respondent geen directe reden om te beginnen over verschillende competentie niveaus of over de vereisten van eventuele onderaannemers. De lage graad van bewustzijn rond de kost van corrosie heeft reeds een impact gehad op de resultaten van de vragenlijst (zie paragraaf 6.1.1). Het is dus zeer aannemelijk dat dit hier opnieuw een invloed heeft gehad.

Op basis van dit alles is het dus aannemelijk dat de lage scores niet te wijten zijn aan toeval maar eerder het gevolg zijn van de lage bewustzijnsgraad van de kost van corrosie bij bedrijven en instanties versterkt door een vraag die te gesloten is voor het verwachte antwoord.

- Vraag vijf: Is het huidige systeem van corrosiemanagement onderhevig aan revisie door middel van bijvoorbeeld periodieke controles of reviews?

Bij deze vraag is een groot verschil in de behaalde resultaten te zien. Foxtrot scoorde één op vijf terwijl Mike een vier op vijf behaalde (Tabel 20). Dit kan enerzijds toevallig gewoon zo zijn dat Mike het in dit aspect veel beter doet dan Foxtrot of dit kan aan de vraag en/of verbeter sleutel liggen.

Men informeert hier naar het feit of het heersende corrosiemanagementbeleid onderhevig is aan revisie. Deze vraag wordt gequoteerd op basis van een schaal. Deze manier van verbeteren heeft als effect dat kleine verschillen in beleid al snel tot een groot verschil in punten leiden. Namelijk een occasionele revisie van het corrosiemanagementbeleid geeft een twee op vijf terwijl een periodieke revisie plus implementeringscontrole al een vier op vijf oplevert (zie paragraaf 4.5.2, puntje 5).

Als we vervolgens kijken naar de gegeven antwoorden, valt op dat het beleid van Foxtrot niet onderhevig is aan revisie terwijl dat van Mike het wel is. Indien we dit gegeven combineren met het effect van de verbeter sleutel, is het duidelijk dat het verschil niet aan de vraag ligt, maar een gevolg is van het feit dat Mike het gewoon beter doet dan Foxtrot.

Er is echter een kleine kanttekening bij het antwoord van Mike. Daarin schrijven ze dat het een jong bedrijf is met een beleid dat nog opgezet wordt en dus actief onderhevig is aan veranderingen en revisie. Het kan dus goed zijn dat in de toekomst, eens hun beleid op poten staat, er ook bij hen geen revisies meer zullen gebeuren. Het is echter niet mogelijk om hiermee rekening te houden in een vragenlijst die altijd een momentopname zal geven.

Over de algemene lijn moet hier, net zoals in paragraaf 6.1.5, vastgesteld worden dat er te weinig data is om sluitende conclusies te vormen. Er zijn echter geen problemen van een dergelijke grootteorde te ontdekken in de vragenlijst rond het corrosiemanagementbeleid dat er niet gesteld kan worden dat dit kan gelden als een proof of concept.

6.3 Een vooruitblik

Ondanks de verschillende problemen die aan het licht zijn gekomen bij het uitvoeren van de vragenlijst rond de kost van corrosie en corrosiemanagement, kan zoals weergegeven in paragraaf 6.1.5 en 6.2 wel gesproken worden van een *proof of concept*.

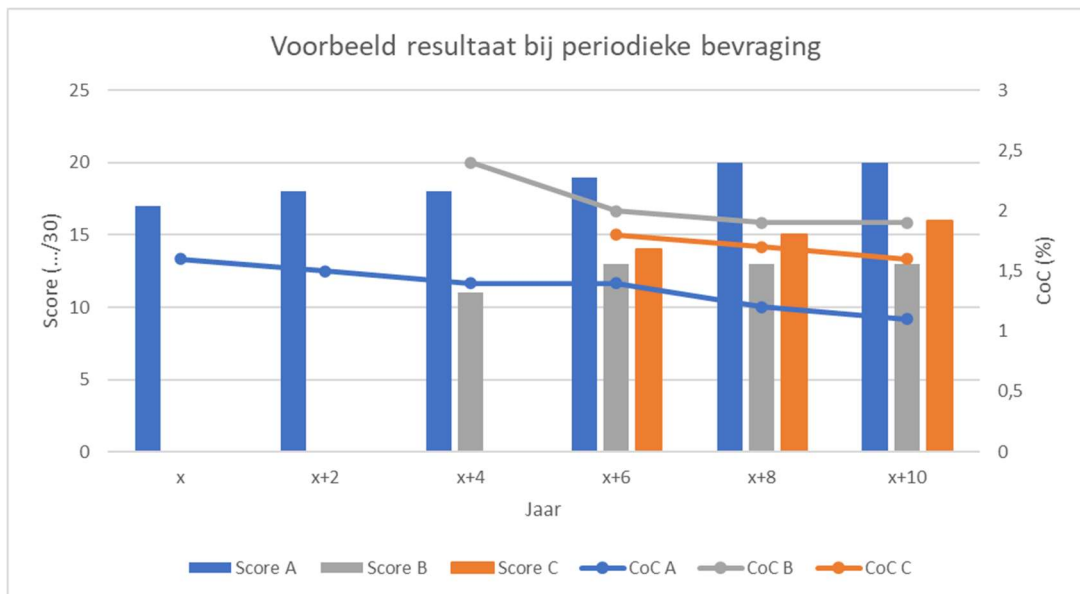
Een vragenlijst die peilt naar het beleid van een bedrijf of instantie zal altijd een momentopname geven van het beleid in kwestie. Hierdoor is het dus van belang dat een bevraging naar het corrosiemanagementbeleid van een bedrijf of instantie op regelmatige basis herhaald wordt. In het verder verloop van dit discussiepunt wordt uitgegaan van een voorbeeld met een periodieke herhaling om de twee jaar. Dit is een willekeurig gekozen interval, het is niet de lengte van de periode die in dit voorbeeld van belang is, maar wel het feit dat dit consequent herhaald wordt.

Het grote probleem bij het analyseren van de resultaten van de vragenlijsten, was een gebrek aan data (zie paragraaf 6.1). In paragraaf 6.1.1 wordt aangehaald dat dit waarschijnlijk aan een gebrek aan bewustzijn ligt. Dit wil zeggen dat indien een dergelijke bevraging herhaald wordt twee jaar later, het bewustzijn realistisch gezien niet veel is toegenomen en er dus opnieuw maar weinig data zal ontvangen zijn. Wat er dan wel is, is een tweede datapunt van de originele respondenten, aangezien men er kan van uitgaan dat als ze nu de moeite doen om de vragenlijst in te vullen, ze die tijd over twee jaar er opnieuw zullen willen insteken.

Dit proces blijft zich herhalen om de twee jaar. Optimaal geven bij elke bevraging de respondenten die twee jaar geleden ook hebben geantwoord opnieuw antwoord.

Dit heeft een tweedelig effect. Enerzijds ontstaat er data rond de evolutie van de kost van corrosie en het corrosiemanagementbeleid bij de kleine groep respondenten die al van in het begin meewerkten, anderzijds kan de data uit de voorgaande jaren gebruikt worden bij het overhalen van nieuwe respondenten.

Om terug te keren naar ons voorbeeld, wil dit dus zeggen dat er door de periodieke herhaling, elke twee jaar nieuwe data ontstaat omtrent de evolutie van de kost van corrosie en het corrosiemanagementbeleid van de respondenten alsook data van nieuwe respondenten. Dit voorbeeld heeft als resultaat de volgende fictieve grafiek (Figuur 10).



Figuur 10: Een voorbeeld van een mogelijk resultaat bij een periodieke bevraging

Op de X-as staat het jaar weergegeven waarin de bevraging is uitgevoerd. Het voorbeeld begint in jaar x en neemt periodiek toe met 2 jaar. Op de linkse Y-as staat de behaalde score voor het corrosiemanagementbeleid (weergegeven door balken) en op de rechtse Y-as staat de procentuele kost van corrosie (weergegeven door een lijn met punten). De verschillende fictieve respondenten worden aangeduid aan de hand van een letter en hebben elk een eigen kleur. Om de relatie tussen het corrosiemanagementbeleid en de procentuele kost van corrosie te zien moet de trend van de balken en de lijn met hetzelfde kleur vergeleken worden. Indien er een positieve invloed is van het corrosiemanagementbeleid op de procentuele kost van corrosie moeten de balken groter worden doorheen de tijd en moet de lijn dalen.

Bron: Eigen werk

Zoals Figuur 10 weergeeft, ontstaat door de periodieke herhaling van de bevraging steeds meer en meer data die uiteindelijk zal toelaten om sluitende besluiten te trekken omtrent de relatie van de geleden kost van corrosie binnen een bedrijf of instantie en hun heersende corrosiemanagementsbeleid.

De vragenlijst zelf kan op bepaalde vlakken nog geoptimaliseerd worden, zoals bijvoorbeeld vraag vier (zie paragraaf 6.2) alsook het feit dat er weinig data verkregen wordt rond de indirecte kost van corrosie (zie paragraaf 6.1.4). Deze problemen zijn echter niet nieuw bij het proberen bepalen van de kost van corrosie (zie hoofdstuk 3). In paragraaf 3.4.2 is het reeds aangehaald dat waarden rond de kost van corrosie eerder gezien moeten worden als een indicatie van grootteorde dan als een concrete waarde. Aangezien hun waarde dus vooral ligt in het aantonen van tendensen benadrukt dit nogmaals het belang van een periodieke herhaling.

Het is dus veilig om te stellen dat dit eerder gezien moet worden als een *proof of concept* waarbij de echte waarde van de vragenlijst in de toekomst ligt wanneer deze consequent over een vast interval herhaald wordt.

7 Conclusie

Als we uitsluitend kijken naar de vraag of het mogelijk is om een manier te bedenken om de kost van corrosie binnen een bedrijf of instantie te bepalen en vervolgens ook hun corrosiemanagementbeleid te analyseren om de twee naast elkaar te kunnen leggen, dan is het antwoord: ja.

Er kan op basis van de Hoar-methode een vragenlijst opgesteld worden die toelaat om de kost van corrosie te bepalen die vervolgens omgezet wordt in een procentuele kost van corrosie om vergelijk toe te laten. Vervolgens kan op basis van een vragenlijst aan het corrosiemanagementbeleid een numerieke score worden toegekend. Ten slotte wordt deze vragenlijst ingevuld door zo veel mogelijk bedrijven binnen een industriële sector, bijvoorbeeld de Vlaamse maritieme industrie. Hieruit kunnen dan eventuele lessen geleerd worden over de relatie tussen de geleden kost van corrosie en het corrosiemanagementsbeleid.

Indien we deze methode vervolgens ook uitvoeren, blijkt het antwoord verre van zo eenvoudig te zijn.

Eerst en vooral zijn er de problemen die ontstaan bij het bepalen van de kost van corrosie door middel van een vragenlijst. Meerbepaald dat men sterk afhankelijk is van de participatie van de bevroegde bedrijven (zie paragraaf 6.1.1), alsook dat er vaak geen gegevens zijn omtrent de indirecte kost van corrosie (zie paragraaf 6.1.4). Dit zijn echter geen nieuwe observaties en deze problemen vallen mooi binnen de te verwachten nadelen van het bepalen van de kost van corrosie aan de hand van de Hoar-methode.

Vervolgens is er de methode om aan de hand van open vragen een corrosiemanagementbeleid te quoteren. Hier kunnen enkele opmerkingen gemaakt worden. Bij het opstellen van de vragen is het belangrijk dat deze niet te gesloten zijn voor het antwoord dat verwacht wordt, aangezien dit de scores kan beïnvloeden. Vraag vier (Is er personeel aanwezig in het bedrijf specifiek opgeleid of met specifieke kennis rond de corrosie problematiek?) is een voorbeeld hiervan. Ook het gebruik van een puntenverdeling op basis van een schaal kan zorgen voor grote puntenverschillen ondanks relatief kleine verschillen in antwoord. Dit alles betekent dat de vragenlijst rond het

corrosiemanagementbeleid wat optimalisatie kan gebruiken. Deze opmerkingen zijn in mijn opinie allesbehalve groot genoeg om te verhinderen dat dit kan beschouwd worden als een proof of concept.

Het was de bedoeling om deze vragenlijst door zoveel mogelijk bedrijven te laten invullen. Het feit dat er maar twee ingevulde vragenlijsten verkregen zijn, vormt absoluut een probleem. Dit is niet genoeg om sluitende conclusies te kunnen trekken omtrent de relatie tussen de geleden kost van corrosie van een bedrijf of instantie en hun corrosiemanagementsbeleid.

Om dit probleem, namelijk een gebrek aan gegevens aan te pakken is het volgens mij nodig om consequent dezelfde bevraging op periodieke basis te herhalen.

Algemeen kan er dus gesteld worden dat ondanks het feit dat er geen sluitende conclusies kunnen worden getrokken omtrent de relatie tussen de geleden kost van corrosie van een bedrijf of instantie en hun corrosiemanagementsbeleid, het wel mogelijk is om de nodige gegevens te verzamelen aan de hand van een gecombineerde vragenlijst.

Bibliografie

- American Institute of Chemical Engineers (z.d.). Introduction to Incident Investigation. Geraadpleegd op 29 mei 2021 van aiche.org/ccps/introduction-incident-investigation
- Bhaskaran, R., Palaniswamy, N., & Rengaswamy, N.S. (2005). A review of differing approaches used to estimate the cost of corrosion (and their relevance in the development of modern corrosion prevention andp control strategies). *Anti-corrosion Methods and Materials*. 25, 29-41.
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft. (2005). Profile of the German Water Industry. Bonn, Duitsland. wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH.
- Committee on cost of corrosion in Japan. (2001). Cost of Corrosion in Japan. *Zairyo-to-Kankyo*, 50 (11), 490-512. <https://doi.org/10.3323/jcorr1991.50.490>
- Conference on research in income and wealth. (1955). *Input-output analysis: an appraisal*. Princeton, NJ: Princeton university press.
- Eliaz,N. (2019). Corrosion of Metallic Biomaterials: A Review. *Materials*, 12(3), 407.
- Eurostat. (2020, 23 maart). Gross domestic product (GDP) at current market prices By NUTS 2 regions [Dataset]. Geraadpleegd op 29 mei 2021 van https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nama_10r_2gdp&lang=en
- Hays, G.F. (z.d.). Now is the Time. Geraadpleegd op 29 mei 2021 van http://corrosion.org/Corrosion+Resources/Publications/_/nowisthetime.pdf
- Helmerich, R., & Zunkel, A. (2014). Partial collapse of the Berlin Congress Hall on May 21st, 1980. *Engineering failure Analysis*, 43, 107-119.
- Hoar, T.P. (1971). *Report of the committee on corrosion and protection*. Londen, Verenigd Koninkrijk: HMSO.
- Hou, B., Li, X., Ma, X., Du, C., Zhang, D., Zheng, M., Xu, W., Lu, D., & Ma, F. (2017). The cost of corrosion in China. *Npj Materials Degradation*, 1(1), 1-10.

- International Organization for Standardization, (2018). ISO 31000:2018(en) Risk management — Guidelines. Geraadpleegd op 29 mei 2021 van <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en>
- Koch, G.H., Brongers, M.P.H., Thompson, N.G., Virmani Y.P., & Payer, J.H. (2002). Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States (No. FHWA-RD-01-156). United States. Federal Highway Administration.
- Koch, G., Varney, J., Thompson, N., Moghissi, O., Gould, M., & Payer, J. (2016). International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies Study. NACE International, 216.
- Kubba, S. (2010). Green Construction Project Management and Cost Oversight (1st ed.). Butterworth-Heinemann.
- Kutz, M. (2005). Handbook of Environmental Degradation of Materials. Norwich, NY: William Andrew Publishing.
- Morshed,A. (2008). Enhancing asset value through corrosion management. *Material performance*, 47(12), 66-71.
- NACE international (2016a). *Corrosion management financial tools*. Geraadpleegd op 29 mei 2021 van <http://impact.nace.org/corrosion-management-financial-tools.aspx>
- NACE international (2016b). *Corrosion management system elements* Geraadpleegd op 29 mei 2021 van <http://impact.nace.org/corrosion-management-system-elements.aspx>
- NACE international (2016c). *Strategies for successful corrosion management*. Geraadpleegd op 29 mei 2021 van <http://impact.nace.org/strategies-for-successful-corrosion-management.aspx>
- National transportation Safety Board. (1984). Highway Accident Report – Collapse of a Suspended Span of Interstate Route 95 Highway Bridge over the Mianus River Greenwich, Connecticut, June 28, 1983. Geraadpleegd op 29 mei 2021 van <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HAR8403.pdf>

- National transportation Safety Board. (2008). Highway Accident Report – Collapse Of I-35W Highway Bridge Minneapolis, Minnesota August 1, 2007.
Geraadpleegd op 29 mei 2021 van <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HAR0803.pdf>
- Payer, J.H., Dippold, D.G., Boyd, W.K., Berry, W.E., Brooman, E.W., Buhr, A.R., & Fisher, W.H. (1978). Economic Effects of Metallic Corrosion in the United States—Appendix B Part II. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- PoundSterlingLive. (z.d.-a). U.S. Dollar to Japanese Yen Spot Exchange Rates for 1975 from the Bank of England [Dataset]. Geraadpleegd op 29 mei 2021 van <https://www.poundsterlinglive.com/bank-of-england-spot/historical-spot-exchange-rates/usd/USD-to-JPY-1975>
- PoundSterlingLive. (z.d.-b). U.S. Dollar to Japanese Yen Spot Exchange Rates for 1997 from the Bank of England [Dataset]. Geraadpleegd op 29 mei 2021 van <https://www.poundsterlinglive.com/bank-of-england-spot/historical-spot-exchange-rates/usd/USD-to-JPY-1997>
- Reason, J., Hollnagel, E., Paries, J. (2006). Revisiting the “Swiss cheese” model of accidents. EUROCONTROL, 35.
- Revie, R.W. (2011). Uhlig’s Corrosion Handbook (3^{de} ed.). Hoboken, NJ: John Wiley&Sons, Inc.
- Schmitt, G. (2009). Global Needs for Knowledge Dissemination, Research, and Development in Materials Deterioration and Corrosion Control. World Corrosion Organization, 38, 14.
- Sesana, M. M., & Salvalai, G. (2013). Overview on life cycle methodologies and economic feasibility for nZEBs. Building and Environment, 67, 211–216.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.05.022>
- The World Bank. (z.d.). GDP (current USD) – Japan [Dataset]. Geraadpleegd op 29 Mei 2021 van https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?end=1975&locations=JP&name_desc=false&start=1960&view=chart

Tiwari, A., Rawlins, J., & Hihara, L.H. (2014). Intelligent Coatings for Corrosion Control (1ste ed.) Elsevier-BH Press.

Uhlig, H.H. (1950), The Cost of Corrosion to the United States. Corrosion, 6(1), 14-33.

Vectorpocket. Geraadpleegd op 29 mei 2021 van

https://nl.freepik.com/vrije-vector/beschadigde-geroeste-stalen-buizen-realistische-vector-set_5902339.htm#page=3&query=roest&position=30

Wei, K., & Zhiqiang, L. (2008). Survey of Corrosion Cost in China and Preventive Strategies. Corrosion Science and Technology, 7(5), 259-264.

Welcomia. Geraadpleegd op 24 oktober 2020 van

https://nl.freepik.com/vrije-photo/roest-op-metalen-achtergrond_1179165.htm

Zipf, R. (2003). Fixed Income Mathematics. Elsevier Gezondheidszorg.

Lijst van Bijlages

Bijlage 1: De algemene vragenlijst gebruikt in China in 2014 om volgens de Hoar-methode de kost van corrosie te bepalen.

Bijlage 2: Verdeling van de Amerikaanse economie in 5 categorieën en 26 sectoren.

Bijlage 3: Bereken procentuele kost van corrosie in Japan

Bijlage 4: Corrosie kost en management vragenlijst

Bijlage 5: Cost of corrosion and corrosion management questionnaire

Bijlage 1: De algemene vragenlijst gebruikt in China in 2014 om volgens de Hoar-methode de kost van corrosie te bepalen.

1. Basic information		
Company name Address Industry Scale of enterprise	<input type="checkbox"/> Large enterprise (more than 5000 people) <input type="checkbox"/> Medium enterprise (200–5000 people) <input type="checkbox"/> Small enterprise (less than 200 people)	
	2013	2014
Annual gross output value (million RMB) Portion of company's output value of the total output value of the industry (%) Annual production cost (million RMB) Market share of major products (%)		
2. Construction and anti-corrosion costs		
Total construction cost of the company (million RMB) Run-time	Starting Year Current Year	
Anti-corrosion investment of new construction (million RMB) The number of corrosion protection personnel in the company		
3. Direct cost (million RMB)	2013	2014
New corrosion protection equipment Renovation / maintenance of old corrosion protection equipment Depreciation of fixed assets for corrosion protection equipment Corrosion resistant materials Coatings Electrochemical protection Corrosion inhibitor, biocides, cleaning agent, etc. Corrosion allowance Third party anti-corrosion project investment Corrosion inspection and monitoring Anti-corrosion personnel (salaries, medical insurance, training) Other anti-corrosion costs		
4. Indirect cost (million RMB)	2013	2014
Compensation for environmental pollution caused by corrosion Compensation for casualties caused by corrosion Factory downtime cost caused by corrosion Product quality loss caused by corrosion Other indirect cost of corrosion (please specify)		

Bron: Aangepast van Hou et al., 2017

Bijlage 2: Verdeling van de Amerikaanse economie in 5 categorieën en 26 sectoren.

Category	26 Analyzed Sectors
Infrastructure	Highway Bridges
	Gas and Liquid Transmission Pipelines
	Waterways and Ports
	Hazardous Materials Storage
	Airports
	Railroads
Utilities	Gas Distribution
	Drinking Water and Sewer Systems
	Electrical Utilities
	Telecommunications
Transportation	Motor Vehicles
	Ships
	Aircraft
	Railroad Cars
	Hazardous Materials Transport
Production and Manufacturing	Oil and Gas Exploration and Production
	Mining
	Petroleum Refining
	Chemical, Petrochemical, Pharmaceutical
	Pulp and Paper
	Agricultural
	Food Processing
	Electronics
	Home Appliances
Government	Defense
	Nuclear Waste Storage

Bron: Aangepast van: Kutz, 2005

Bijlage 3: Bereken procentuele kost van corrosie in Japan

Om te bepalen hoeveel de kost van corrosie bedroeg als percentage van het toenmalige bruto binnenlands product, werd de beschikbare data, in Amerikaanse dollar, rond het bruto binnenlands product van Japan in 1975 en 1997 omgezet naar yen aan de hand van de gemiddelde wisselkoers voor de dollar naar de yen uit 1975 en 1997 (Tabel 21). Deze bekomen waarde wordt vervolgens tegenover de kost van corrosie in Japan geplaatst om een procentuele waarde te bekomen (tot op twee cijfers na de komma) (Tabel 22).

Tabel 21: Bepalen Japans BBP in yen voor 1975 en 1997

Bron: Eigen werk

	1975	1997
Maximale wisselkoers (JPY per USD) (PoundSterlingLive, z.d.-a; PoundSterlingLive, z.d.-b)	306,75	130,85
Minimale wisselkoers (JPY per USD) (PoundSterlingLive, z.d.-a; PoundSterlingLive, z.d.-b)	284,5	111,29
Gemiddelde wisselkoers (JPY per USD)	295,625	121,07
BBP (miljard USD) (The World Bank, z.d.)	521,54190567	4414,73284
BBP (miljard JPY)	154180,825864	534491,704939

Tabel 22: Bepalen van de kost van corrosie in Japan als procent van het BBP

Bron: Eigen werk

	Uhlig		Hoar		Input/output	
	1975	1997	1975	1997	1975	1997
BBP (miljard JPY)	154180,825864	534491,704939	154180,825864	534491,704939	/	534491,704939
Corrosie kost (miljard JPY)	2550,93	3937,69	1038,1	5258,2	/	9694,716
Percentage (%)	1,65	0,74	0,67	0,98	/	1,81

Bijlage 4: Corrosie kost en management vragenlijst

Corrosie kost en management vragenlijst

Ik ben Nathaniël Simonart, een laatstejaarsstudent aan de Hogere Zeevaartschool Antwerpen. Voor mijn thesis probeer ik de economische impact van corrosie in de maritieme sector in Vlaanderen na te gaan. Enerzijds door te kijken naar de financiële impact, en anderzijds hoe er mee omgegaan wordt op beleidsniveau.

Om dit te doen heb ik de hierop volgende vragenlijst opgesteld. Deze bestaat uit dertien gesloten vragen en zes open vragen. De bedoeling is om na te gaan of de kost van corrosie in maritiem Vlaanderen relatief hoog of net laag is, en of dit kan verklaard worden aan de hand van het gevoerde corrosiebeleid.

De gegevens bekomen uit deze vragenlijst zullen worden opgeslagen in een database en anoniem verwerkt voor publicatie. Indien het gewenst is dat deze gegevens verwijderd worden, kan men hiervoor dr. Geert Potters contacteren op geert.potters@hzs.be.

Alvast bedankt voor de tijd en moeite.

Deel 1: Algemene informatie

- 4 *Bedrijfsnaam:*
- 5 *Industrietak:*
- 6 *Jaarlijkse omzet (om de procentuele kost van corrosie te kunnen bepalen):*

Deel 2: Kost van corrosie

Hierbij wordt geïnformeerd naar de monetaire waarde van de gevraagde kostenpost gedurende het afgelopen financiële jaar. Dit kan een bedrag zijn, dit kan nul zijn of ook niet gekend.

- 11 *Corrosie resistente materialen:*
- 12 *Anti-corrosie coatings:*
- 13 *Elektrochemische bescherming:*
- 14 *Inspecties naar corrosie:*

- 15 *Personeelskost van personeel bezig met corrosiebestrijding:*
- 16 *Schadevergoedingen voor milieuvervuiling wegens corrosie:*
- 17 *Schadevergoedingen voor geleden menselijke schade wegens corrosie:*
- 18 *Tijdsverlies wegens corrosie:*
- 19 *Kwaliteitsverlies wegens corrosie:*
- 20 *Andere corrosie gerelateerde kosten, zowel direct als indirect:*

Deel 3: Corrosie management

Corrosie management is een heel breed begrip en kan op veel verschillende manieren gedaan worden. Daarom wordt er aan de hand van een aantal open vragen gepeild naar hoe het er bij jullie specifiek aan toe gaat.

Om verwarring te vermijden gaan de vragen vergezeld van een woordje uitleg. Indien een vraag blanco gelaten wordt, zal ervan uitgegaan worden dat de vraag iets behandelt dat niet van toepassing is binnen het bedrijf.

Vraag 1:

Hoe groter de aanwezigheid van corrosie hoe groter de kans op incidenten en hoe groter de aangerichte schade en bijhorende kosten. Bij goed corrosie management moet dit risico gekend zijn en gecontroleerd worden.

Wat verstaat u onder corrosierisicomanagement en hoe wordt dit uitgevoerd?

Vraag 2:

Er zijn verschillende manieren om onderhoud in te plannen. Dit kan periodiek gebeuren of pas nadat een inspectie heeft aangetoond dat corrosie een bepaalde getolereerde hoeveelheid heeft overschreden.

Hanteren jullie een corrosietolerantie en/of op welke manier wordt corrosie gerelateerd onderhoud gepland en uitgevoerd?

Vraag 3:

Verschillende anti-corrosiemaatregelen brengen andere kosten met zich mee, hoge initiële kosten en lagere lopende kosten of net omgekeerd. Door middel van bijvoorbeeld een levenscycluskost analyse kan de financieel meest voordelige methode gekozen worden.

Wordt er rekening gehouden met dergelijke financiële methoden om de financiële impact van verschillende anti-corrosiemaatregelen te bepalen bij investeringen?

Vraag 4:

Om optimaal de geleden kost van corrosie te kunnen bepalen is er een zekere vakkennis nodig. Ook bij het beslissen welke anti-corrosiemaatregel het beste is op technisch en financieel vlak is specifieke kennis nodig.

Is er personeel aanwezig in het bedrijf specifiek opgeleid of met specifieke kennis rond de corrosie problematiek?

Vraag 5:

Is het huidige systeem van corrosiemanagement onderhevig aan revisie door middel van bijvoorbeeld periodieke controles of reviews?

Vraag 6:

Uit elk incident valt wel iets te leren, welke dingen verkeerd gingen, wat beter gedaan kan worden maar ook wat goed ging. Op basis van de lessen die hieruit geleerd worden kan vervolgens het beleid verbeterd worden.

Worden incidenten onderzocht en is corrosie een aspect in deze onderzoeken?

Bijlage 5: Cost of corrosion and corrosion management questionnaire

Corrosion cost and corrosion management questionnaire

I am Nathaniël Simonart, a last year student at the Antwerp Maritime Academy. For my thesis I am trying to ascertain the economic impact of corrosion in the maritime sector in Flanders, by on the one hand looking at the financial impact and on the other by looking how it is treated on management levels.

To try and achieve this, I made the following questionnaire. It consists of 13 closed questions and 6 open questions. The aim is to determine if the cost of corrosion in maritime Flanders is high or low, and if this result can be explained by the corrosion policy currently in use.

The data obtained from this questionnaire will be stored in a database and will be processed anonymously before publication. If you want this data removed from this database, you can contact Dr. Geert Potters at geert.potters@hzs.be

Thanks in advance for your time and effort.

Part 1: General information

- 1 Company name:
- 2 Branch of industry:
- 3 Yearly revenue (to calculate percentual cost of corrosion):

Part 2: Cost of corrosion

This part informs about the monetary value of the cost item described during the past financial year. This can be any amount, this can be zero or this can be unknown.

- 1 Corrosion resistant materials:
- 2 Anti-corrosie coatings:
- 3 Elektrochemical protection:
- 4 Corrosion related inspections:
- 5 Personnel cost for anti-corrosion personnel:

- 6 *Compensation for environmental pollution due to corrosion:*
- 7 *Compensation for casualties due to corrosion:*
- 8 *Downtime due to corrosion:*
- 9 *Loss of quality due to corrosion:*
- 10 *Other corrosion related costs, direct or indirect:*

Part 3: Corrosion management

Corrosion management is a very broad concept and can be understood and executed in many different ways. Due to this a series of open questions is used to try and ascertain how this is specifically done within your company.

To avoid confusion, the questions are accompanied by a small explanation. If a question is left unanswered, it will be assumed that the question pertains to something that is not applicable within your company.

Question 1:

The more corrosion present, the bigger the risk of incidents and the larger the damage and the accompanying costs. With good corrosion management, this risk must be known and controlled.

What do you understand as corrosion risk management and how is this done?

Question 2:

There are many ways to schedule maintenance. This can be done periodically or after an inspection has shown that corrosion has reached a certain allowed amount.

Do you have a corrosion allowance and/or in which way is corrosion related maintenance planned?

Question 3:

Different anti-corrosion measures carry different costs, high initial costs with little to no running costs or the other way around. By means of a life cycle cost analysis the financially most viable option can be selected.

Are similar financial methods used to determine the financial impact of anti-corrosion measures when deciding on new investments?

Question 4:

To optimally determine the suffered cost of corrosion, a certain amount of know how is needed. This same know how is also needed to decide on the best anti-corrosion measures both technically and financially.

Does the company employ personnel with specific knowledge or education on corrosion issues?

Question 5:

Is the current system of corrosion management subject to revisions by means of, for example, a system of periodic controls or reviews?

Question 6:

Every incident is an opportunity to learn, what went wrong, what could have been done better or what went well. Based on these lessons learned, the management system can be improved.

Are incidents investigated and does corrosion play a role in these investigations?