



Ketenanalyse STS-kranen

Analyse van CO2-reductie bij levensduurverlenging van kranen

Opdrachtgever: Iv-Groep b.v.

Revisie: 2

Datum: 18 december 2023

Iv-Consult b.v.

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek



Titel document: Ketenganalyse STS-kranen

Ondertitel document: Analyse van CO2-reductie bij levensduurverlenging van kranen

Revisie: 2

Datum: 18 december 2023

Opdrachtgever: Iv-Groep b.v.

Project: Ketenganalyse STS-kranen

Opgesteld door:	JRI	Paraaf:
Gecontroleerd door:	JSC	Paraaf:
Goedgekeurd door:		Paraaf:



Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1.	Leeswijzer	4
1.2.	Afkorting	5
2	Kranenketen	6
2.1.	Gehele keten	6
2.2.	Ontwerp	6
2.3.	Productie kraan	7
2.4.	Transport	7
2.5.	Installatie	7
2.6.	Gebruik	7
2.7.	Levensduurverlenging	7
2.8.	Afbraak en sloop	7
3	Scope van de ketenanalyse	8
3.1.	Onderwerp analyse	8
3.2.	Ketenstappen binnen ketenstudie	9
3.2.1.	Levensduuranalyse	9
3.2.2.	Monitoring	10
3.2.3.	Reparatie	10
3.2.4.	Vervanging	11
3.2.5.	Opwaardering	11
3.3.	Ketenpartners	11
4	CO₂ emissie binnen ketenstap	13
4.1.	Kwantificeren emissies	13
4.1.1.	Productie nieuwe kraan	13
4.1.2.	Levensduuranalyse	14
4.1.3.	Monitoring schade	14
4.1.4.	Reparatie of vervanging	15
4.1.5.	Opwaarderen kraan	15
4.2.	Conclusie	16
5	Reductiemogelijkheden	18
6	Reductiedoelstellingen	19
BIJLAGEN		20
A.	Bronvermelding	20



1 Inleiding

Een cluster bedrijven binnen Iv-Groep, bestaande uit Iv-Infra, Iv-Water, Iv-Bouw, Iv-Consult en Iv-Industrie (hierna: 'Iv-Groep') is gecertificeerd voor niveau 5 van de CO₂-Prestatieladder. Door het behalen van niveau 5 werkt Iv-Groep actief mee aan het reduceren van de CO₂-uitstoot in de keten en van de sector.

Een belangrijk onderdeel van niveau 5 van de CO₂-prestatieladder is het verkrijgen van inzicht in de Scope-3-emissies van de organisatie. Dit is de uitstoot tijdens de levenscyclus van een product, voordat een bedrijf het inkoopt, vervaardigd of verkoopt. In het Strategisch plan heeft Iv-Groep de belangrijkste Scope-3-emissiecategorieën in kaart gebracht volgens de stappen van de Corporate Value Chain (Scope 3) standaard van het GHG-protocol. Om inzicht te verkrijgen in de belangrijkste scope-3-emissies is er een kwalitatieve en kwantitatieve dominantie analyse uitgevoerd. Op basis van de inventarisatie zijn ketenanalyses uitgevoerd van de meest materiële scope-3-emissies.

Iv-Groep heeft drie ketenanalyses uitgevoerd:

- 1 CO₂-reductie in ontwerp van bruggen
- 2 CO₂-reductie in ontwerp sliblijn
- 3 CO₂-reductie in activiteit afvalwaterzuivering

Omdat er destijds is gebleken dat er weinig projecten vielen binnen de doelstelling welke was opgesteld in relatie tot het "ontwerp sliblijn", is besloten om in 2018 een nieuwe ketenanalyse op te stellen: activiteit afvalwaterzuivering. Daarnaast is gebleken dat er weinig projecten vielen binnen de doelstelling welke was opgesteld in relatie tot het "ontwerp van bruggen". Daarom is de in dit rapport gepresenteerde nieuwe ketenanalyse opgesteld: levensduurverlenging STS-kranen. Op basis hiervan kan vervolgens een nieuwe doelstelling worden bepaald voor de CO₂-reductie in activiteit levensduurverlenging van STS-kranen. Het doel van dit rapport is om reductiemogelijkheden te onderzoeken en reductiedoelstellingen te bepalen.

1.1. Iv-Consult

Als specialist in werktuigbouw, heeft Iv-Consult veel kennis van kranen en ervaring in het ontwerpen en advies geven over STS-kranen. De scope van deze ketenanalyse is de levensduurverlenging van STS-kranen, omdat Iv-Consult binnen haar werkzaamheden juist hier invloed op uit kan oefenen en dit type projecten regelmatig voorkomt binnen Iv-Consult. Voor een haventerminal is een containerkraan een grote investering en daarom is de levensduur van de kraan verlengen een interessante mogelijkheid die tegelijkertijd de CO₂ emissie binnen de levenscyclus kan reduceren. Omdat het merendeel van de levensduurverlengingsprojecten van Iv-Consult zich richten op STS-kranen, is dit type kraan het onderwerp van de analyse.

1.2. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt het onderwerp van deze ketenanalyse beschreven en de gekozen ketenstap toegelicht. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de scope van de ketenanalyse behandeld. Hierin worden ook de systeemgrenzen en ketenpartners verkend en de ketenstappen welke in deze ketenstudie



aan bod komen. In hoofdstuk 4 worden de CO₂ emissies geïdentificeerd en gekwantificeerd. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van de analyse en de mogelijkheden tot reductie besproken en in hoofdstuk 6 worden de reductiedoelstellingen geformuleerd. Ten slotte worden de resultaten in hoofdstuk 7 bediscussieerd.

1.3. Afkortingen

CO ₂	Koolstofdioxide
GHG	Green house gas
NDT	Non-destructive testing
STS	Ship-to-shore



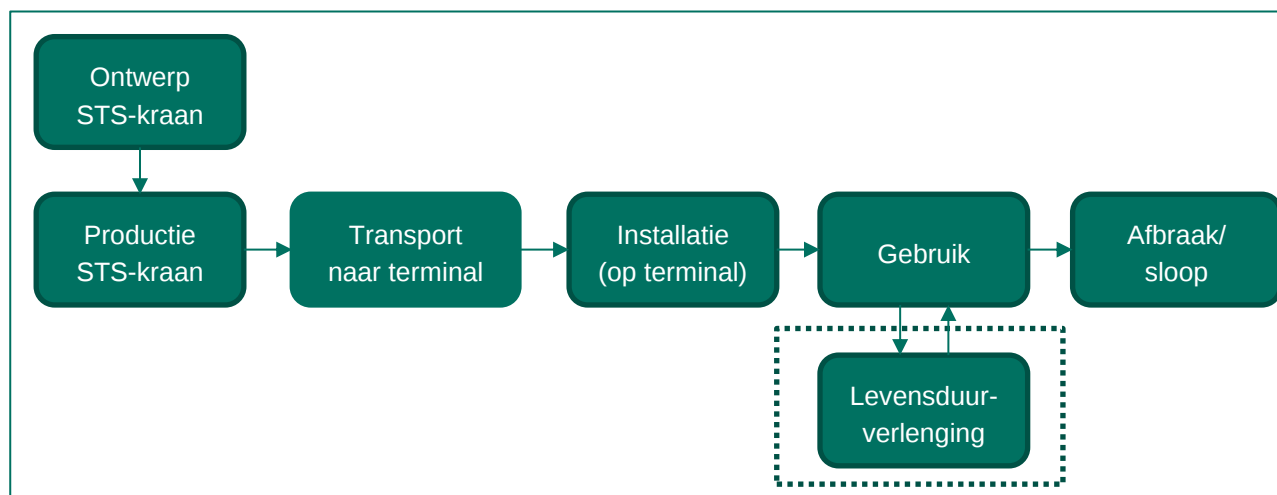
2 Kranenketen

Iv-Consult ontwerpt en adviseert op het gebied van zware werktuigkundige en grote staalconstructies. Er zijn diverse markten waarin Iv-Consult opereert, waaronder de kranenmarkt. Voor onder andere ship-to-shore (STS) kranen kan de CO₂ emissie gereduceerd worden door de levensduur van deze kranen te verlengen nadat de technische levensduur bereikt is. CO₂ uitstoot bij de bouw van een nieuwe kraan kan op die manier worden uitgesteld. Omdat het merendeel van de levensduurverlengingsprojecten van Iv-Consult zich richten op STS-kranen, is dit type kraan het onderwerp van de analyse.

In dit hoofdstuk wordt de gehele kranenketen toegelicht om te bekijken bij welke stappen CO₂ emissie aan bod komt. Bovendien komt de verder te beschouwen ketenstap levensduurverlenging aan bod, waardoor deze beschouwd kan worden in het licht van de gehele kranenketen. Door de emissie van de hele keten af te zetten tegenover de emissie van de ketenstap, kan duidelijk worden waarom juist binnen deze ketenstap een CO₂ emissie reductie bewerkstelligd kan worden.

2.1. Gehele keten

De gehele keten van de levensduur van een STS kraan is weergegeven in Figuur 2-1. In de volgende paragrafen worden de stappen kort besproken.



Figuur 2-1: Levensduurverlenging als onderdeel van de STS-kraan keten

2.2. Ontwerp

Nadat een kraanterminal besloten heeft een (nieuwe) STS-kraan aan te schaffen, wordt deze ontworpen door een kraanproducent. Tijdens de ontwerpfase wordt bepaald hoe de kraan er precies uit komt te zien en hoeveel materiaal er gebruikt gaat worden. De kraan produceert in deze stap geen CO₂ uitstoot.



2.3. Productie kraan

De kraan wordt in deze stap vervaardigd en (deels) opgebouwd. De materialen die gebruikt worden voor de kraan, dienen geproduceerd te worden. De CO₂ uitstoot die in deze stap voorkomt, wordt veroorzaakt door het energiegebruik van de producenten van onderdelen en materialen.

2.4. Transport

De kraan wordt van de productielocatie getransporteerd naar de eindgebruiker op de terminal. Dit transport vindt doorgaans plaats middels schepen. De CO₂ uitstoot die in deze stap voorkomt, wordt veroorzaakt door de uitstoot van de vervoersmiddelen en uitstoot uit de productie van de brandstof.

2.5. Installatie

Op de kade dient de kraan geïnstalleerd te worden. Dit kan onder meer bestaan uit het opbouwen van de kraan zijn met behulp van mobiele kranen, jacking systemen en/of straddle carriers. Het energiegebruik van het materieel zorgt voor CO₂ uitstoot.

2.6. Gebruik

Nadat de kraan geïnstalleerd is, wordt deze in gebruik genomen. Vanuit gebruik zijn er diverse aspecten die voor CO₂ uitstoot zorgen. Allereerst kost het energie om containers over te slaan. Een kraan maakt gebruik van elektriciteit onder hoogspanning en de productie van elektriciteit zorgt voor CO₂ uitstoot. Ten tweede zijn er diverse onderdelen in de kraan die slijtage ondervinden en onderhouden, geïnspecteerd en vervangen dienen te worden. De productie van de slijtageonderdelen en onderhoudsmiddelen en het transport naar de kraan zorgt voor CO₂ uitstoot in deze stap.

2.7. Levensduurverlenging

Zodra de theoretische levensduur van de kraan bereikt is, kan de levensduur mogelijk nog verlengd worden voordat de kraan afgebroken en gesloopt wordt. Bij een levensduurverlenging zou er extra CO₂ uitstoot vrij kunnen komen door aanpassingen aan de kraan, door extra materiaal en productie van onderdelen.

2.8. Afbraak en sloop

De laatste stap in de keten is als de kraan zijn functie niet langer (veilig) meer kan vervullen. De kraan zal uit gebruik genomen worden en vervolgens afgebroken en gesloopt worden. Bij het slopen van de kraan kunnen materialen bij een afvalverwerker hergebruikt of gerecycled worden. Het afbreken van de kraan zorgt voor CO₂ uitstoot, veroorzaakt door het energiegebruik en het transport van het materieel.

3 Scope van de ketenanalyse

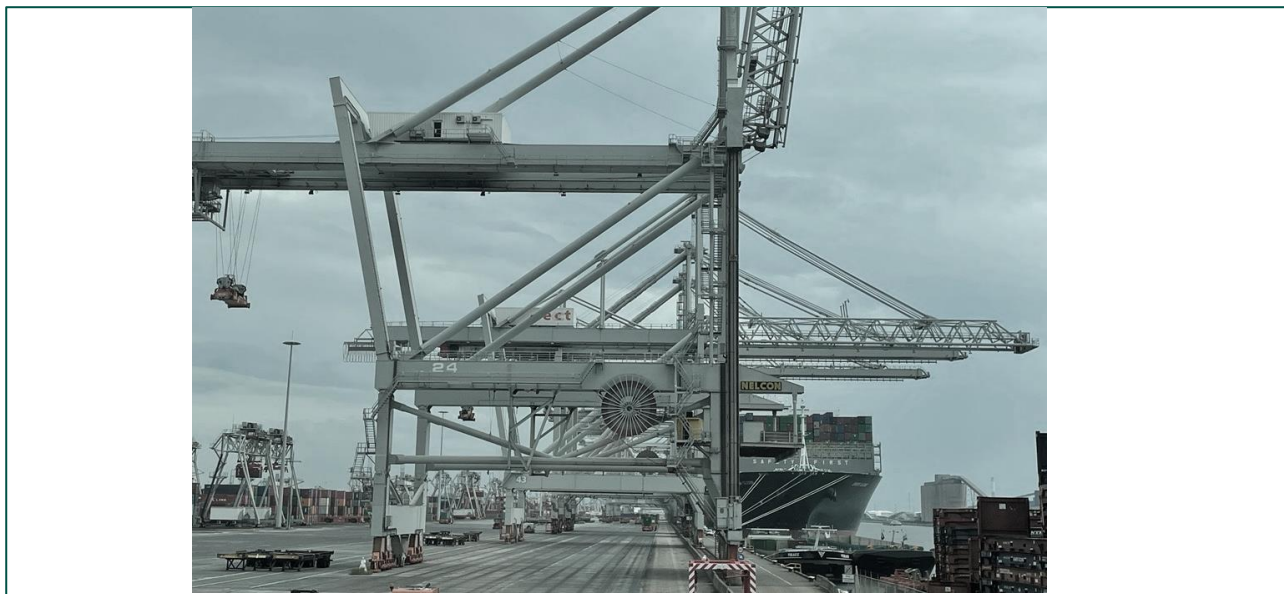
Binnen deze analyse wordt er met name gefocust op de scope 3 CO₂ emissie. De directe emissies uit energiegebruik (scope 1 emissie) en indirecte emissie uit productie van elektriciteit en mobiliteit (scope 2 emissie) zijn geen doel om in kaart te brengen. Middels deze ketenanalyse wordt gekeken naar de punten waarin Iv-Consult invloed uit kan oefenen op het reduceren van de CO₂ emissie uit de upstream en downstream van de diensten die Iv biedt.

3.1. Onderwerp analyse

Volgens de ontwerpnorm zijn veel STS-kranen aan het eind van hun levensduur. De kranen zijn dan afgeschreven en nieuwe kranen dienen gekocht te worden. Dit is een flinke investering die niet altijd nodig is. Levensduurverlenging van kranen is vaak een goede optie, waardoor het afschrijven van kranen uitgesteld kan worden.

De gehele keten van de levensduur van een STS-kraan is reeds in hoofdstuk 2 besproken. De ketenstap die onderwerp is van de huidige analyse, is de levensduurverlenging van de STS-kranen. De CO₂ emissie kan gereduceerd worden door de levensduur van deze kranen te verlengen nadat de technische levensduur bereikt is. CO₂ uitstoot bij de bouw van een nieuwe kraan kan op die manier worden uitgesteld en extra CO₂ uitstoot bij de verlenging kan geminimaliseerd worden.

Een referentieproject van een levensduurverlenging van een STS kraan is gekozen, zodat gedetailleerde info beschikbaar is en CO₂-emissie gekwantificeerd kan worden. Het gekozen referentieproject is de NC2 kraan van ECT (referentie: COPA220112), zie Figuur 3-1.

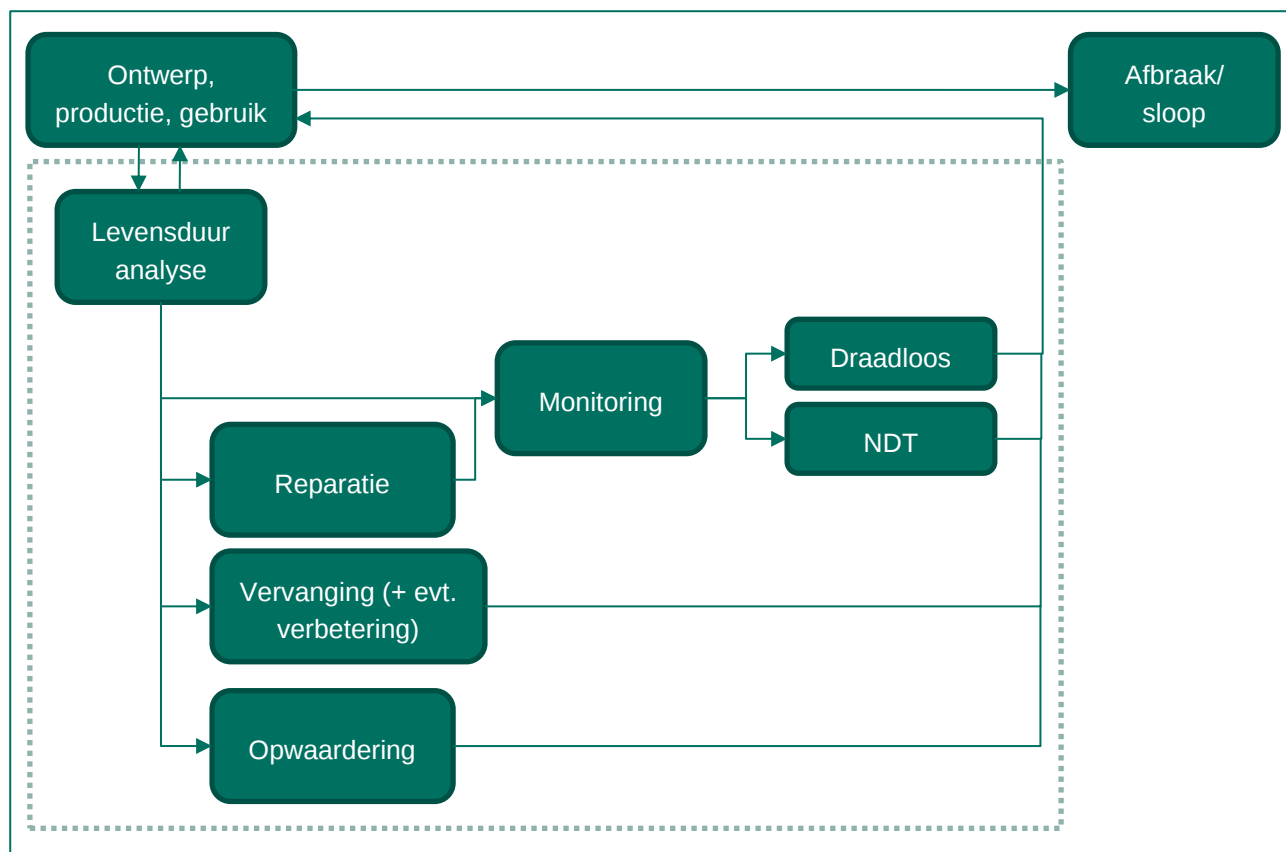


Figuur 3-1: Nelcon NC2 kadekraan. Locatie: Hutchison ports ECT Rotterdam



3.2. Ketenstappen binnen ketenstudie

Binnen de gekozen ketenstap: levensduurverlenging, zijn meerdere stappen te onderscheiden. Omdat iedere kraan uniek is in ontwerp en gebruik, zijn niet alle stappen van toepassing voor iedere STS-kraan. Desondanks worden alle stappen in dit document besproken en toegelicht. De mogelijk te nemen stappen zijn weergegeven in Figuur 3-2.



Figuur 3-2: Ketenstappen binnen levensduurverlenging, als onderdeel van de STS-kraan keten

3.2.1. Levensduuranalyse

Bij het ontwerp van een kraan is het toekomstig gebruik geschat en vaak in een bepaalde vermoeiingscategorie geschaard volgens een (inmiddels) verouderde norm. Het daadwerkelijke gebruik van de kraan kan uiteindelijk geheel anders zijn. Bij een herberekening van de vermoeiing van de STS kraan, kan, door middel van het inschatten van het afgelopen en toekomstige gebruik van de kraan, de levensduur van de kraan (beter) ingeschat worden. Bovendien zijn er in nieuwere normen meer nuances mogelijk in het inschatten van vermoeiingsschades door middel van meer categorieën. Hierdoor kan na een herberekening van de levensduur de kraan mogelijk langer gebruikt worden dan de ontwerplevensduur.

Het analyseren van de levensduur is een ketenstap die Iv-Consult voor haar klanten uitvoert. De activiteit vindt voornamelijk plaats op kantoor. Rekenmodellen worden gebruikt voor de berekening en eventueel wordt



de kraan nog ter plaatse geïnspecteerd. Het product van deze fase is inzicht in de mogelijke vervolgstappen die genomen kunnen worden voor de levensduurverlenging en inzicht in de zwakke punten van de kraan.

In deze fase wordt CO₂ uitstoot veroorzaakt door de kantoorgebouwen en energiegebruik, maar deze vallen onder de scope 1 en 2 footprint van Iv-groep. Er wordt in deze fase dus nog geen CO₂ uitgestoten die vallen onder scope 3.

3.2.2. Monitoring

Als de zwakke punten van de kraan door middel van de levensduuranalyse in kaart zijn gebracht, is bekend welke onderdelen van de kraan als eerste vermoeiingsscheuren zullen gaan vertonen. Wanneer de onderdelen daadwerkelijk gaan falen is onbekend. Op vermoeiingssommen zit namelijk een grote spreiding. De werkelijke levensduur kan daardoor een stuk langer zijn.

Als de onderdelen met de kortste levensduur bereikbaar zijn, kan ervoor gekozen worden om deze onderdelen NDT te onderzoeken. Allereerst kan de laskwaliteit bepaald worden en hiermee het vermoeiingsdetail eventueel gecorrigeerd worden in de levensduuranalyse. Bovendien kan met een regelmatig NDT onderzoek de scheurvormingsontwikkeling in kaart gebracht worden. Als er een bepaalde maximum toegestane scheur is vastgesteld voor een onderdeel, kan de kraan totdat de drempel is bereikt, gebruikt worden. De levensduur van de kraan wordt daarmee verlengd met een onbekende hoeveelheid tijd. De frequentie van het onderzoek hangt van het detail af. Immers, een slechte kwaliteit detail heeft een langzamere scheurgroei dan een hoge kwaliteit detail.

Een relatief nieuwe methode om de scheurgroei te monitoren is een continue draadloze monitoring met behulp van sensoren. De sensoren worden op de kritische locaties aangebracht en zodra een bepaalde scheurgroei of scheurgroeisnelheid geconstateerd wordt en deze een vooraf bepaalde drempelwaarde bereikt, kan het onderdeel nader onderzocht worden of de kraan uit bedrijf genomen worden. De levensduur van de kraan wordt daarmee verlengd met een onbekende hoeveelheid tijd.

In deze fase wordt CO₂ uitstoot veroorzaakt door de productie van de monitoringsapparatuur en de uitstoot als gevolg van de plaatsing van de monitoringsapparatuur of het gebruiken ervan. Deze CO₂ uitstoot valt onder scope 3.

3.2.3. Reparatie

Als er aanzienlijke (vermoeiings)schade geconstateerd is aan de kraan door middel van een inspectie of als een zwak onderdeel volgt uit de levensduuranalyse, is het mogelijk om deze onderdelen te repareren. Hiermee wordt eventuele schade aan de kraan in de toekomst op tijd voorkomen. Het repareren van schade wordt enkel uitgevoerd als hiermee de levensduur van de gehele kraan verlengd wordt.

Voor het repareren van een onderdeel moet mogelijk geslepen en gelast worden en hiermee wordt energie gebruikt welke zorgt voor CO₂ uitstoot. Om het onderdeel te bereiken kan er een hoogwerker benodigd zijn. Bovendien kunnen er mogelijk onderdelen toegevoegd of aangepast worden om het detail te verbeteren. De productie en het transport van de onderdelen zorgt voor CO₂ uitstoot. Allen vallen onder scope 3.



3.2.4. Vervanging

Soms is reparatie van een zwak onderdeel niet meer mogelijk, maar dient een stuk uit de kraan vervangen te worden. Hiermee wordt een nieuw stuk staal in de kraan ingebracht die nog geen vermoeiingsschade heeft opgebouwd. Het zwakke onderdeel wordt nu juist sterk in termen van levensduur en de algehele levensduur van de kraan wordt verbeterd tot de levensduur van het eerstvolgende zwakste onderdeel.

De levensduur van de kraan wordt mede bepaald door de geometrie en de lasuitwerking van aansluitingen. Door onderdelen met slechte details in de kraan te vervangen en tegelijkertijd het detail te verbeteren, wordt een aanzienlijk langere levensduur van het nieuwe onderdeel bereikt. Dit kan met name de levensduur helpen indien na vervanging het onderdeel nog steeds de zwakste schakel van de constructie is in termen van levensduur.

Voor het vervangen van een onderdeel, vindt er productie en transport plaats, en bovendien moet mogelijk geslepen en gelast worden. Al deze stappen zorgen voor CO₂ uitstoot en vallen onder scope 3 emissie.

3.2.5. Opwaardering

Om de economische levensduur van een kraan te verlengen, dient een kraan soms vergroot te worden. Zowel de hoogte van een kraan als de lengte van de klap kan aangepast worden door additioneel staal toe te voegen. We spreken dan van een verhoging van de kraan en een verlenging van de klap. Hierdoor kunnen bredere en hogere schepen bediend worden. Het op deze manier opwaarderen van een kraan kan tot een beperkte maat, omdat de kraanonderdelen hierdoor anders belast worden.

De economische levensduurverlenging kan tezamen met een technische levensduurverlenging plaatsvinden, indien de kraan al een redelijk deel van zijn ontwerplevensduur is gebruikt.

Voor het aanpassen van de kraan op deze manier, dienen grote stukken constructiestaal toegevoegd worden. Deze worden geproduceerd en getransporteerd naar de opbouwlocatie. CO₂ uitstoot wordt in deze stappen veroorzaakt door energiegebruik van producenten en transport. Bovendien moet er aan de originele kraan mogelijk geslepen en gelast worden. Al deze stappen zorgen voor CO₂ uitstoot en vallen onder scope 3 emissie.

3.3. Ketenpartners

Ketenpartners zijn organisaties of individuen die actief zijn binnen de keten van de STS-kraan. Deze partners dient Iv-Consult te betrekken en te informeren bij de levensduurverlenging van een STS-kraan.

De belangrijkste ketenpartner binnen de ketenstudie is allereerst de terminal, ofwel de eigenaar en eindgebruiker van de kraan. Deze ketenpartner is uiteindelijk degene die een besluit neemt over de kraan en welke mogelijke levensduurverlengende maatregelen er genomen dienen te worden.

Een andere ketenpartner is de kraanmachinist. Indien de kraanmachinist geen vertrouwen (meer) heeft in de kraan, zal deze niet meer hiermee willen werken. Daardoor is het voor de terminal van belang om de



kraanmachinist tevreden te houden. De kraanmachinist dient tot op zekere hoogte daarom meegenomen te worden in het proces en is de eindgebruiker.

De kraanproducent is binnen de ketenstap “levensduurverlenging” betrokken bij het enerzijds aanleveren van de documentatie over de kraan. Deze is benodigd om een gefundeerde levensduuranalyse uit te voeren. Bovendien kan de kraanproducent ook een rol spelen in het opwaarderen van een kraan, middels engineering en productie van de nieuwe kraanonderdelen. Uiteraard is de kraanproducent betrokken bij de ketenstap “productie nieuwe kraan”.

De aannemer is een ketenpartner voor de reparatie of vervanging van onderdelen van de kraan. Bovendien kan deze het onderhoud uitvoeren gedurende de verlengde levensduur van de kraan.



4 CO₂ emissie binnen ketenstap

4.1. Kwantificeren emissies

In deze ketenanalyse wordt de invloed van de levensduur-verlengende maatregelen op de CO₂-emissie bekeken. De hoofdzakelijke emissie komt voort uit de winning van grondstoffen voor productie van materialen en gebruik van energie (upstream emissie).

De gerapporteerde CO₂-uitstoot in dit hoofdstuk is gebaseerd op het referentieproject van een levensduurverlenging van een STS kraan, de NC2 kraan van ECT (COPA220112).

In de volgende sub paragrafen wordt de CO₂-uitstoot per ketenstap uitgewerkt voor de referentiekraan, waarbij stappen met verwaarloosbare CO₂-emissie niet meegenomen worden. Voorbeelden zijn afschrijvingen van apparatuur, het energieverbruik van testapparatuur en reiskilometers. De bronvermelding van de data is te vinden in bijlage A.

4.1.1. Productie nieuwe kraan

De originele kraan is ontworpen op een levensduur van 2 miljoen cycli. De kraan heeft momenteel al 3 miljoen cycli ondervonden en is dus feitelijk afgeschreven. Zonder verder (levensduur-) onderzoek zullen deze kranen direct vervangen worden door nieuwe STS kranen. De productie zorgt voor een CO₂ emissie van ca. 629 ton inclusief transport, sloop en afvalverwerking. Omdat het een algemeen kengetal is voor constructiestaal, zal er niet gerekend worden met een grote afstand voor transport. Daarom wordt het zeetransport van een kraan vanuit China extra meegenomen in de uitstoot. Het zeetransport van een dergelijke kraan vanuit China naar Rotterdam zorgt voor een additionele uitstoot van ca. 327 ton.

Nieuwe kranen die ECT besteld dienen minimaal 4.5 miljoen cycli te kunnen maken. Een kraan maakt op deze terminal gemiddeld 300.000 cycli per jaar. Een nieuwe kraan zal dus ongeveer 15 jaar gebruikt worden in de praktijk.

	CO ₂ -uitstoot	Info
Productie nieuwe STS kraan (1330 ton)	629 ton [Ref 1]	Productie staal, inclusief transport, aanbrengen, sloop en afvalverwerking
Transport STS kraan	327 ton [Ref 2, Ref 3]	Van Shanghai via Kaapstad naar Rotterdam (5 kranen op een schip)
Skidden naar uiteindelijke locatie (1 dag)	-	Inclusief in "productie kraan"
Opbouw en eindmontage kraan met behulp van hoogwerkers	-	Inclusief in "productie kraan"
Totaal	956 ton	
Totaal per jaar	64 ton / jaar	



4.1.2. Levensduuranalyse

Bij een herberekening van de vermoeiing van de STS kraan, kan, door middel van het inschatten van het afgelopen en toekomstige gebruik van de kraan, de levensduur van de kraan (beter) ingeschat worden. Mogelijk kan de kraan dus langer gebruikt worden dan de ontwerp levensduur. Dit zorgt voor geen extra CO₂ emissie. Als de kraan niet zomaar langer gebruikt kan worden, volgt uit een levensduuranalyse vaak een aantal kritieke punten die door middel van een (visuele) inspectie op de huidige staat worden gecontroleerd. Hierbij is voor enkele details een hoogwerker mogelijk nodig om inspectiepunten te bereiken, die voor CO₂ emissie zorgt.

	CO ₂ -uitstoot
Levensduuranalyse	0 ton
Inspectie met behulp van hoogwerker (ca. 3 uur)	25 kg [Ref 9]

4.1.3. Monitoring schade

Bij een levensduuranalyse kunnen de pijnpunten van de kraan in kaart gebracht worden. Deze onderdelen met de kortste levensduur worden verwacht als eerste vermoeiingsscheuren te vertonen. Er kan gekozen worden om deze onderdelen actief te monitoren vanaf het moment dat deze onderdelen de berekende maximale levensduur bereikt hebben. Omdat er een grote spreiding zit op de vermoeiingsanalyse, kunnen deze onderdelen mogelijk veel langer gebruikt blijven worden. In het overzicht is er vanuit gegaan dat de kraan 5 jaar langer gebruikt kan worden, en dus 5 jaar lang gemonitord wordt. Er worden twee verschillende methoden gepresenteerd: een draadloos sensorsysteem, die gedurende 5 jaar lang continu meet (op afstand); en NDT testen, waarin elke 3 maanden gemeten wordt op locatie. Het interval van 3 maanden is een gemiddelde en hangt af van de uitvoering van het detail en de locatie van de pijnpunt.

Inspectiemethode		CO ₂ -uitstoot per locatie, per 5 jaar
Draadloos sensorsysteem	Productie monitoringsapparatuur (1 batterij + 1 sensor (equivalent aan LED lamp) 8 stuks	8 kg [Ref 5, Ref 6, Ref 7]
	Plaatsing monitoringsapparatuur met behulp van hoogwerker (ca. 3 uur)	25 kg [Ref 9]
NDT testen	Monitoren met behulp van hoogwerker (1x per 3 maanden, ca. 3 uur)	500 kg [Ref 9]



4.1.4. Reparatie of vervanging

Om schade in de toekomst op tijd te voorkomen, is het soms mogelijk om onderdelen van de kraan te repareren, te vervangen en/of eventueel details in de kraan te verbeteren. De kraan kan dan na deze aanpassing meer cycli aan.

Voor de NC2 kranen is bekend dat de hangstangen (13 ton per stuk) een slecht vermoeiingsdetail hebben die de levensduur aanzienlijk verkort en deze worden daarom niet gerepareerd, maar een segment wordt vervangen. Dit gebeurt op een revisielocatie, op circa 40 km afstand van de terminal, en de hangstangen worden hier naartoe verscheept met bargetransport. De waarden in de tabel zijn hierop gebaseerd.

	CO ₂ -uitstoot	
Nieuw segment hangstang (30 kg)	170 kg [Ref 1]	Additioneel staal 2x6 delen
Demontage en montage hangstangen (2x13 ton)	-	Demontage en montage inclusief in productie staal
Transporteren hangstang naar revisielocatie (2x13 ton)	73 kg [Ref 2]	2x bargetransport (ca. 40 km per reis)
Segment vervangen (30 kg)	Inclusief in productie staal	Slijpen en lassen 2x6 delen
Totaal	243 kg	

4.1.5. Opwaarderen kraan

Naast het bereiken van de (berekende) technische levensduur, kan het soms ook nodig zijn voor een kraaneigenaar om een kraan op te waarderen. Dat wil zeggen; in staat stellen om grotere schepen te bedienen. Hierdoor wordt de economische levensduur verlengd. Een STS-kraan kan meestal aangepast worden naar een grotere hoogte (verhogen van de kraan) en een (beperkte) grotere lengte (verlengen van de klap). Hierdoor heeft een kraaneigenaar niet direct een nieuwe kraan aan te schaffen die grotere schepen kan bedienen, maar kan na aanpassing de huidige kraan ook gebruikt worden.

Voor de NC2 kraan was deze vraag niet van toepassing, maar een opwaardering zou voor andere kranen wel mogelijk zijn. Daarom wordt in het overzicht zowel een verlenging van de klap ingeschat, als een verhoging van de kraan. Aangenomen wordt, dat de productie van deze nieuwe onderdelen in China plaatsvindt.

	CO ₂ -uitstoot	
Verlengen klap (ca. 20 ton)	9.5 ton [Ref 1]	
Verhoging kraan (ca 130 ton)	62 ton [Ref 1]	
Transporteren naar revisielocatie	37 ton [Ref 2, Ref 3]	Zeetransport van China naar Rotterdam
Segment toevoegen, Slijpen en lassen	-	Inclusief in productie staaldelen
Mobiele kraan – 1 week	-	Inclusief in productie staaldelen
Jacking – 5 dagen	-	Inclusief in productie staaldelen
Totaal	108 ton	



4.2. Conclusie en discussie

Een grote onzekerheid binnen het bepalen van de relatieve CO₂-uitstoot is de verlenging van de levensduur. Het is op voorhand niet altijd te zeggen hoeveel langer de kraan meegaat na het nemen van een verlengende maatregel. In deze analyse is uitgegaan van de verlenging van de levensduur met 5 jaar, maar dit is een inschatting. De daadwerkelijke verlenging hangt af van een aantal factoren, onder andere het beoogde gebruik versus het daadwerkelijke gebruik van de kraan, de norm waar de kraan mee berekend is (de marges) en de uitvoering van de details en lassen.

Om een goed vergelijk te maken, worden er uit de ketenstapanalyse van hoofdstuk 3.2 zes situaties meegenomen:

1. Geen levensduuranalyse uitvoeren, maar een nieuwe kraan bestellen.
2. Na de levensduuranalyse kan er zonder verdere maatregelen één jaar langer met de kraan veilig gewerkt worden.
3. Na de levensduuranalyse zijn er een aantal pijnpunten die op termijn als eerste kunnen gaan falen. Deze zullen gedurende 5 jaar draadloos gemonitord worden, waarmee de kraan veilig gebruikt kan worden.
4. Na de levensduuranalyse zijn er een aantal pijnpunten die op termijn als eerste kunnen gaan falen. Deze zullen gedurende 5 jaar elke 3 maanden door middel van NDT gemonitord worden, waarmee de kraan veilig gebruikt kan worden.
5. Na de levensduuranalyse zijn er specifieke pijnpunten die op termijn als eerste kunnen gaan falen. Deze worden gerepareerd, waarna de kraan minimaal 5 jaar langer veilig gebruikt kan worden.
6. Na 10 jaar de kraan gebruikt te hebben, wordt besloten de klap te verlengen en de kraan te verhogen, zodat de kraan grotere schepen kan bedienen. Daarna wordt de kraan nog minimaal 5 jaar gebruikt.

In Figuur 4-1 is de CO₂-uitstoot per situatie per jaar weergegeven. De situatie die voor de grootste CO₂-uitstoot zorgt is overduidelijk de opwaardering van de kraan. De technische levensduur wordt hier namelijk niet mee verlengd, dus de kraan kan nog steeds maar circa 15 jaar gebruikt worden. Dit wordt gevolgd door het bestellen van een nieuwe kraan.

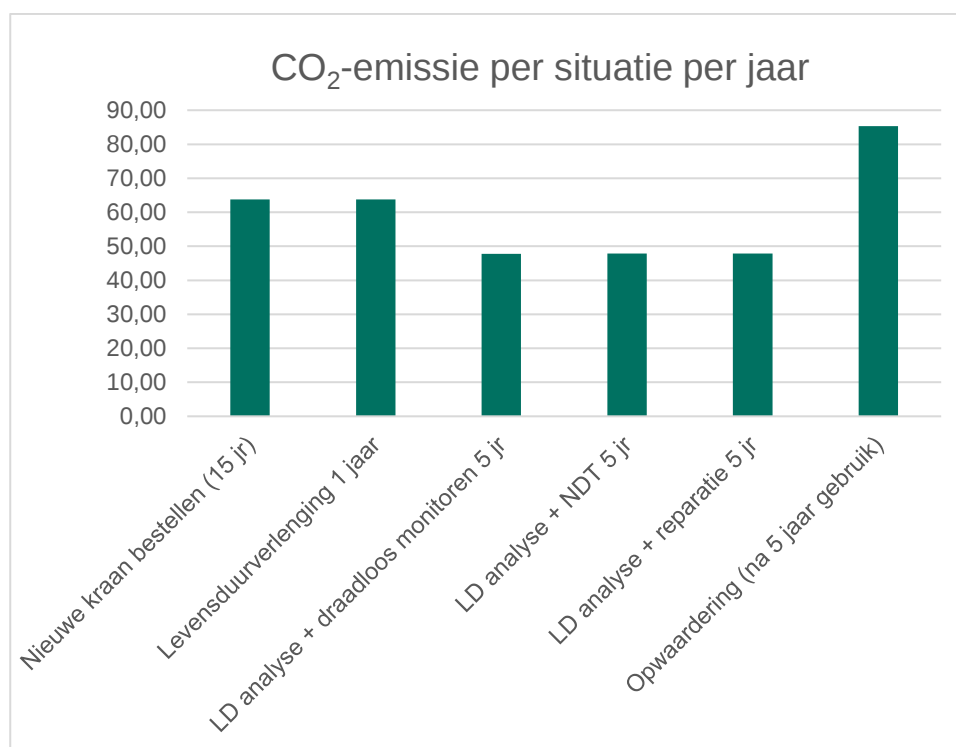
De situatie met reparatie of monitoring zorgt voor de minste CO₂-uitstoot. Het verschil in uitstoot tussen monitoren of (beperkte delen) repareren is nihil. Interessant is dat bij een beperkte reparatie, dit voor minder uitstoot zorgt dan het regelmatig monitoren door middel van NDT. Bovendien geeft de reparatie voor de kraaneigenaar meer zekerheid over de levensduur van het desbetreffende onderdeel.

Uiteraard zijn de beschouwde opties fictieve situaties die niet één op één met elkaar vergeleken kunnen worden. Na het opwaarderen van de kraan is het interessanter om de technische levensduur later alsnog te verlengen, omdat deze kraan al grotere schepen kan behandelen. Hiermee kan de CO₂-uitstoot van de opwaardering over meer jaren uitgesmeerd worden dan 5 jaar. Om niet oneindig veel situaties te beschouwen, is hier echter gekozen voor slechts een opwaardering. Ook is het verlengen van de levensduur met 5 jaar door enkel te monitoren niet gewaarborgd. Het zou kunnen dat na één jaar al dusdanige vermoeiingsschade is ontstaan, dat de kraan niet langer veilig gebruikt kan gaan worden. In dat geval is de levensduurverlenging maar heel beperkt geweest en de CO₂-reductie ten opzichte van een nieuwe kraan



bestellen marginaal. Het is ook mogelijk dat na de levensduuranalyse, de kraan meer dan één jaar langer gebruikt kan worden. Dan zal deze situatie qua uitstoot steeds dichterbij de buurt komen van de monitoring of reparatiesituatie.

Wat in de situaties niet beschouwd is, is de staat van de overige onderdelen, zoals de mechanische uitrusting. Als deze onderdelen aan het einde van de levensduur zijn, kunnen ze niet gemonitord worden om de levensduur te verlengen. Dan dient er een keuze gemaakt te worden om of de onderdelen te vervangen en de kraanstructuur te monitoren, of toch een nieuwe kraan te bestellen. Wat de minste CO₂-uitstoot veroorzaakt, is weer afhankelijk van de hoeveelheid te vervangen mechanische onderdelen en de verlenging die mogelijk is middels monitoren (wat op voorhand niet helemaal te voorspellen is).



Figuur 4-1: CO₂-emissie per jaar per beschouwde situatie



5 Reductiemogelijkheden

Op basis van het inzicht wat is ontstaan in de CO₂-emissie van de keten, zijn reductiemogelijkheden bepaald. Binnen het referentiekader van de mogelijkheden voor de restlevensduur van een kraan, is het mogelijk om te kiezen voor oplossingen die weinig CO₂ emissie hebben. Men moet zich echter beseffen dat de levensduur-verlengende maatregelen niet op iedere kraan toegepast kunnen worden, maar afhankelijk zijn van het ontwerp en (historisch) gebruik van de kraan.

Als de levensduur van een kraan technisch verlengd wordt, levert dit direct een CO₂-emissie vermindering op, indien er gekeken wordt naar de CO₂ emissie vanuit productie verdeeld over de gebruiks jaren. Door de verlenging kan de kraan immers langer gebruikt worden, en dus de emissie over meer jaren uitgesmeerd worden. Als er echter uit economisch perspectief een kraan verlengd wordt, dus door middel van het opwaarderen van de kraan, neemt de CO₂-emissie juist toe. Het is dan dus beter voor de CO₂-emissie om eerst de technische levensduur van de kraan te voldoen en dan een nieuwe kraan te bestellen met andere specificaties.

Indien het mogelijk is voor de kraan, is de levensduur verlengen door middel van (draadloos) monitoren of (beperkte) reparatie een mogelijkheid waarin er veel CO₂ gereduceerd wordt ten opzichte van de kraan afschrijven. Een nieuwe kraan aanschaffen levert veruit de grootste CO₂ emissie op (als alleen technische levensduurverlenging wordt beschouwd).



6 Reductiedoelstellingen

Op basis van de reductiemogelijkheden, zijn reductiedoelstellingen voor Iv-Consult afgeleid.

Het analyseren van de levensduur van een kraan kan, afhankelijk van de uitkomst, een grote reductie van de CO₂ emissie opleveren. Daarom dient Iv-Consult actief klanten te benaderen om levensduuranalyses onder de aandacht te brengen.

Iv-Groep beoogt CO₂ te besparen door:

- Opdrachten binnen te halen die betrekking hebben op levensduuranalyses van kranen
 - 10 kranen per jaar
- Opdrachtgevers te adviseren over de verschillende mogelijkheden van levensduurverlenging
 - Duurzamere oplossingen zoals monitoren moeten onder de aandacht gebracht worden
 - Proactief monitoren zodat lokale reparaties/versterkingen niet nodig zijn of alleen beperkt toegepast hoeven te worden

De invloed die Iv-Groep kan uitoefenen op de CO₂ emissie is het grootst als:

- De opdrachtgever nog geen keuze heeft gemaakt over levensduurverlenging van een kraan
- De opdrachtgever open staat voor duurzame opties



BIJLAGEN

A. Bronvermelding

- Ref 1. https://www.duurzaaminstaal.nl/p/591/tool_milieubelasting_middenkolom_bms.html
<http://www.dutchhall.nl/rekenvoorbeeld-lca-data/>
- a. Uit bron: Vuistregel voor (constructie) staal is 0.473 kg CO₂ uitstoot per kg staal.
 - b. Uit bron: De CO₂ emissie van balkstaal is 480kg CO₂ per ton geproduceerd staal. Dit is de emissie die vrijkomt bij productie uit de grondstoffen, transport naar de bouwplaats, aanbrengen in het werk, sloop en afvalverwerking.
- Ref 2. <https://www.klimaathelpdesk.org/answers/waar-is-het-snelst-co2-vermindering-te-halen-bij-vrachtvervoer-per-schip-of-door-de-lucht/>
- a. Uit bron: Voor grote olietankers, bulkcarriers en containerschepen zijn de emissies typisch 2-10 gCO₂/tkm. Aangenomen: 0.008 kgCO₂/tkm.
 - b. Uit bron: Voor kleine schepen, zoals bij kustvaart, ligt de CO₂-emissie rond de 20-50 gCO₂/tkm. Aangenomen: 0.035 kgCO₂/tkm
 - c. Eén tonkilometer is het vervoer van 1 ton over 1 kilometer.
- Ref 3. <http://www.shiptraffic.net/2001/05/sea-distances-calculator.html>
- a. Uit bron: Afstand van Shanghai naar Rotterdam via Kaapstad: 9250 nm + 7340nm = 30720 km.
- Ref 4. <https://www.metaalmagazine.nl/nieuws/sustainability-last-of-kans/95581/>
- a. Uit bron: De mkb-maakindustrie heeft tot nu toe nog weinig te maken met regels rondom duurzaamheid en daarom zijn er weinig tot geen gegevens bekend voor dergelijke producten.
- Ref 5. <https://www.megaman.nl/co2-besparing>
- a. Uit bron: Ter vergelijking: CO₂ uitstoot van het gehele fabricageproces van een LED lamp is rond de 100 gram per lamp.
 - b. Een sensor unit is vergelijkbaar met een LED lamp.
- Ref 6. <https://www.change.inc/mobiliteit/zweeds-onderzoek-voetafdruk-autobatterij-minder-groot-dan-gedacht-33021>
- a. Uit bron: 64 kWh accu veroorzaakt 4000-7000 kilo CO₂
 - b. Omrekening voor dit project; 1 kWh is gelijk aan ca. 86 kgCO₂
- Ref 7. <https://www.batterijenhuis.nl/oplaadbare-batterijen/18650>
- a. Uit bron: 18650 batterij ca. 2600-3500 mAh (3.6 V): 11 Wh.
 - b. Dit komt overeen met de accu van de sensor.
- Ref 8. BAM pcc tool
- a. Uit bron: Mobiele hijskraan 100 ton gebruikt ca. 93 kgCO₂/uur
 - b. Uit bron: Mobiele hijskraan 40-60 ton gebruikt ca. 67 kgCO₂/uur



- Ref 9. TNO-rapport: De inzet van bouwmachines en de bijbehorende NO_x- en CO₂-emissies, TNO 2018 R10465
- a. Uit bron: Graafmachine (werktuig 1, tabel 5) heeft gemiddelde uitstoot van 42 kg CO₂/uur
 - b. Uit bron: Een hoogwerker heeft ca. 20% van de CO₂-emissies van een graafmachine
 - c. Hiermee heeft een hoogwerker een uitstoot van ca. 8.4 kg CO₂/uur



No 29-4, Jalan SP 2/1
Taman Serdang Perdana -
Seksyen 2
43300 Seri Kembangan,
Selangor
Maleisië

P.J. Oudweg 4
1314 CH Almere
Nederland

iv-Consult b.v.
Noordhoek 37
3351 LD Papendrecht
Nederland

www.iv-consult.nl
Telefoon +31 88 943 3100
Postbus 1155
3350 CD Papendrecht