Gebr. De Koning

ONTWERP - BETONWERKEN - WATERBOUWKUNDIGE WERKEN – FUNDERINGSWERKEN – GRONDKERENDE CONSTRUCTIES




**Auteur** L.C.J. van Dijk

**Beheer wijzigingen:**

| *Versie* | *Datum* | *Wijziging* |
|---|---|---|
| 01 | 21-06-2024 | Eerste uitgave |
| 02 | 19-08-2024 | Revisie na review specialist |
| | | |
| | | |

Copyright: Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of enige andere wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Aannemingsbedrijf Gebr. de Koning B.V..

# Inhoudsopgave

1. DIRECTIEVERKLARING 3

2. INLEIDING 4

*2.1. uitgangspunten 4*
*2.2. Vaststellen onderwerpen ketenanalyse 4*
*2.3. Doelstelling 5*

3. PROJECTAFBAKENING 5

*5*

*3.1. Professionele ondersteuning 6*
*3.2. Leeswijzer 6*

4. SCOPE KETENANALYSE 6

5. KETENSTAPPEN 6

*5.1. Ketenstappen 6*
*5.2. Ketenstappen Relinen 7*
*5.3. Uitsluitingen 7*
*5.4. Ketenpartners 7*

6. DATA CO2 EMISSIES 7

*6.1. MKI-berekening Gemeente Amsterdam 7*
*6.2. MKI-berekening Singel 8*
*6.3. Methode 8*

7. ONDERDELEN CO2 EMISSIES 9

*7.1. materiaalbesparing 9*
*7.2. Vervangen van staal 11*

8. EMISSIES VAN LEVERANCIER 11

*8.1. Verduurzaming staal 11*
*8.2. LCA stalen buispalen 12*

9. REDUCTIEMOGELIJKHEDEN 13

*9.1. Optimalisatie mogelijkheden 13*
*9.2. CO2 reductiedoelstelling 13*

10. PLANNING 13

11. PUBLICATIE 14

12. DATACOLLECTIE EN DATAKWALITEIT 14

*12.1. Referentieproject/cases 14*
*12.2. Literatuur 14*
*12.3. Databases 14*

| | Naam | Functie | Datum | Paraaf |
|---|---|---|---|---|
| Opgesteld | Leo van Dijk | Commercieel manager | 19-08-2024 | |
| Geautoriseerd | Ronald Vriends | Constructeur | 19-08-2024 | |

# 1. Directieverklaring

Gebr. De Koning zet zich in voor duurzame bedrijfsvoering via een bewustwordingsproces rondom maatschappelijk verantwoord ondernemen. Ons eerste Carbon Footprint rapport, dat de CO2-uitstoot over 2008 beschrijft, markeert het begin van deze bewustwording. We zien vele kansen om bij te dragen aan CO2-reductie in onze sector, zowel voor onze opdrachtgevers als binnen onze eigen organisatie.

We voeren innovatieve CO2-reductieprogramma's uit met ons eigen grootmaterieel en passen ons inkoopbeleid aan. We bevorderen carpoolen en het gebruik van schonere auto's om woon-werk- en werk-werkverkeer te verduurzamen. Ook letten we op ons energieverbruik door groene stroom te gebruiken en papier en gas efficiënt in te zetten.

Duurzaamheid is voor ons geen nieuw begrip; we werken al jaren aan zowel de duurzaamheid van onze eigen organisatie als aan het aanbieden van duurzame producten. Door het invoeren van de CO2-prestatieladder door ProRail, is dit proces versneld.

Onze uitdaging ligt in het meetbaar maken van duurzaamheid en CO2-reductie: wat levert het op en wat mag het kosten? De inzichten in onze huidige CO2-uitstoot komen uit een inventarisatie gebaseerd op de CO2-prestatieladder. De resultaten hiervan zijn in dit rapport te vinden.

Binnen onze organisatie wegen we duurzaamheid af tegen kosten, efficiëntie en veiligheid. Het draait om de balans tussen deze aspecten. "Verbeter de wereld, begin bij jezelf" is ons motto. Als iedereen bewust bezig is, groeit het maatschappelijk draagvlak en de bereidheid om te investeren in industrieën waar grote rendementen behaald kunnen worden.

De eerste stappen naar het kwantificeren van duurzaamheid zijn gezet met onze Carbon Footprint en de middelen om CO2-uitstoot meetbaar te reduceren. Daarnaast starten en nemen we deel aan CO2-reducerende projecten. Gebr. De Koning is bijvoorbeeld sedert jaren koploper op het gebied van emissieloos bouwen en heeft een groot elektrisch machinepark opgebouwd.

Het opstellen van periodieke rapportages is een onderdeel van de stuurcyclus binnen ons energiemanagementsysteem, geïntroduceerd via de CO2-prestatieladder. Deze cyclus is geborgd in ons KAM-zorgsysteem en de rapportage wordt opgesteld door onze Duurzaamheidscoördinator.

Directie Gebr. De Koning

# 2. Inleiding

## *2.1. uitgangspunten*

Het CO2-Prestatieladder generieke handboek, versie 3.1, geeft aan dat voor het behalen van niveau 5 van de CO2 Prestatieladder een bedrijf aantoonbaar inzicht heeft in de meest materiële emissies uit scope 3.

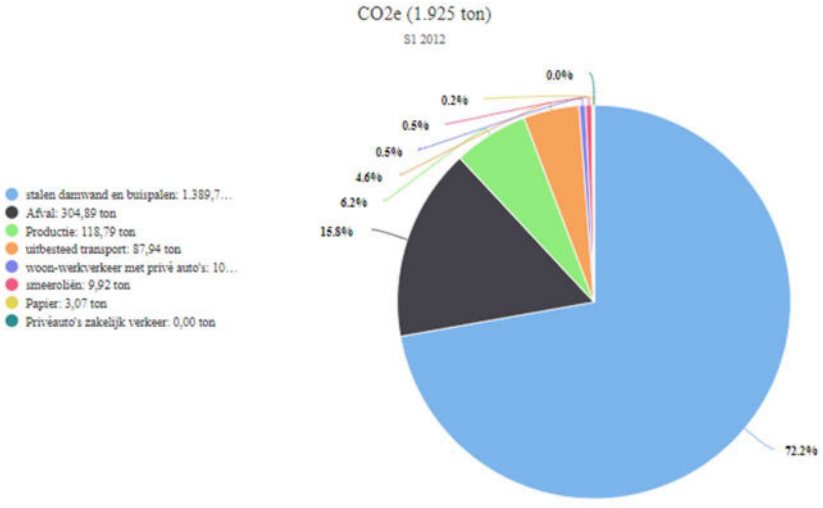
Daarnaast kan een “klein bedrijf” uit deze scope 3 emissies tenminste 1 analyse van GHG genererende (ketens van) activiteiten voorleggen. De volgende nadere (rand)voorwaarden worden gesteld aan een dergelijke ketenanalyse:

1. De ketenanalyses dienen betrekking te hebben op de projectenportefeuille.
2. Als een ketenanalyse niet (meer) uit de top 6 voortkomt, krijgt de organisatie één jaar respijt om dit te corrigeren.
3. De organisatie dient eigen analyses uit te (laten) voeren. Het meeliften bij de uitvoering van een betaalde opdracht van een klant is niet toegestaan.
4. Er dient 1 ketenanalyse te worden gemaakt voor een van de twee meest materiële emissies én 1 andere ketenanalyse voor een van de zes meest materiële emissies uit de rangorde. *kleine organisaties dienen slechts 1 ketenanalyse voor een van de twee meest materiële emissies uit de rangorde te maken.
5. A Corporate Accounting and Reporting Standard geeft de herkenbare structuur van elke ketenanalyse:
    a. Beschrijf de betreffende keten
    b. Bepaal welke scope 3 categorieën relevant zijn
    c. Identificeer de partners in de keten
    d. Kwantificeer de scope 3 emissies
6. Het resultaat van de analyse dient een aanvulling te zijn op de bestaande (gepubliceerde) kennis en inzichten en dient bij te dragen aan het voortschrijdend maatschappelijk inzicht.

## *2.2. Vaststellen onderwerpen ketenanalyse*

Gebr. De Koning heeft in 2008 het plan gevat om haar duurzame ambities en duurzame ontwikkelingen te vertalen in een CO2 Prestatieladder certificering. Jaarlijks worden de doelstellingen herijkt. Zo is in 2023 de doelstelling bijgesteld naar een 75% CO2 reductie, ten opzichte van 2012, te behalen in 2030.

Gebr. De Koning heeft in samenwerking met Spanbeton een ketenanalyse uitgevoerd voor spanwanden. Samen hebben ze een strategie voor CO2-reductie ontwikkeld om de uitstoot binnen de keten van betonnen damwanden te verminderen. In 2011 en 2012 kende de markt voor betonnen damwanden echter een ongunstige ontwikkeling, waardoor de initiatieven op een lager pitje werden gezet. Daarom is er een vervolgtraject gestart met een ander product dat binnen Gebr. De Koning een hoge CO2-uitstoot veroorzaakt.




*Afb. 1: Uitstoot CO2, scope 3*

In 2015 werd een ketenanalyse uitgevoerd voor de optimalisatie van damwandconstructies. Momenteel zien we een verschuiving in ons portfolio van damwandprofielen naar buispalen, wat heeft geleid tot een nieuwe ketenanalyse op dit gebied.

Zoals hieronder weergegeven is een belangrijk onderdeel voor het behalen van het niveau 5 van de CO2 prestatieladder, het verkrijgen van inzicht in de scope 3 emissies van de organisatie. In het document “Rapportage scope 3 emissies” zijn de meest materiële scope 3 emissiecategorieën in kaart gebracht, volgens de stappen van de Corporate Value Chain (Scope 3) standaard van het GHG-protocol.

Gebr. De Koning koopt materialen in. Uit de Scope 3 inventarisatie (zie afbeelding 1) van Gebr. De Koning blijkt dat binnen de scope 3, staal, en met name definitieve stalen damwand en buispalen, een groot deel van de Co2 productie (72.2%) voor zijn rekening neemt.

### *2.3. Doelstelling*

Sinds 2008 heeft Gebr. De Koning een certificering verworven binnen het kader van de CO2-prestatieladder. Dankzij de halfjaarlijkse rapportages over de CO2-voetafdruk heeft het bedrijf inzicht gekregen in haar maatschappelijke rol en de impact van haar bedrijfsvoering op de uitstoot van CO2. Als gevolg hiervan heeft Gebr. De Koning de afgelopen jaren een actief beleid geïmplementeerd om de CO2-uitstoot te verminderen, wat succesvol blijkt uit de voetafdrukrapportages. Met de ambitie om een grotere bijdrage te leveren aan de reductiedoelstellingen van scope 3, streeft Gebr. De Koning ernaar een CO2-ketenanalyse uit te voeren voor grondkerende constructies; stalen buispalen wanden gebruikt in GWW-projecten.

Deze ketenanalyse vormt een uitbreiding op de eerder uitgevoerde analyses. De keuze voor een analyse van stalen buispalenwanden is meerledig:

- G-Kracht, waarvan Gebr. De Koning aandeelhouder is, heeft een meerjarig contract met de Gemeente Amsterdam om buispaal-kadeconstructies te realiseren.
- Afgelopen jaren heeft er rondom de wereld een sterk duurzaamheids-bewustwordingsproces plaatsgevonden. Bij buispalen zitten we nog aan het begin van dit proces.
- Het gebruiken en installeren van buispaalconstructies betreft een kernactiviteit van het bedrijf.

# 3. Projectafbakening

De analyse en weergave van deze ketenanalyse is gebaseerd op de voorschriften uit de NEN 14040:2006, de NEN 8006 en de EN 15804. Deze normen geven de richtlijnen weer waarop levenscyclus analyses dienen te worden opgesteld en hoe deze moeten worden weergegeven.



*Afb. 2: buispalenwand, Amsterdam*

### *3.1. Professionele ondersteuning*

Deze ketenanalyse wordt opgesteld door Gebr. De Koning in samenwerking met de buispaalleveranciers Gebr. De Koning wordt daarmee ondersteund door CO2 management. De kennis en gebruikte informatie is afkomstig vanuit diverse LCA's die zijn opgesteld door deze leveranciers of de opgestelde LCA's jaarlijks die zijn opgenomen in de Nationale Milieudatabase (NMD).

### *3.2. Leeswijzer*

De opbouw van dit document is gebaseerd op de Corporate Value Chain (scope 3) Standaard. Daarnaast is, waar nodig, de methodiek van de Product Accounting & Reporting Standaard aangehouden. Zie onderstaande tabel.

| CVC (scope 3) Standard | Ketenanalyse | Omschrijving |
|---|---|---|
| Business goals & inventory Design | Hoofdstuk 1 | Doelen |
| Overview of scope 3 Emissions | Hoofdstuk 1 | Overzicht scope 3 emissies |
| Setting the Boundary | Hoofdstuk 3 | Scope ketenanalyse |
| Collecting Data | Hoofdstuk 5 | Data CO2 emissies |
| Allocating Emmisions | Hoofdstuk 5 | Onderverdelen emissies |
| Accouting for supplier emissions | Hoofdstuk 7 | Emissies leverancier |
| Setting a reduction target | Hoofdstuk 8 | Reductiedoelstelling |

# 4. Scope ketenanalyse

De bedrijfsactiviteiten van Gebr. De Koning zijn onderdeel van een keten van activiteiten. Zo moeten materialen die worden ingekocht eerst geproduceerd worden (upstream) en gaat het transporteren, gebruik en verwerken van opgeleverde producten ook gepaard met energieverbruik en emissies (downstream).

Zoals in hoofdstuk 1.2 is weergegeven blijkt dat binnen de scope 3, categorie stalen damwand, waaronder ook de buispalen vallen, een groot deel van de CO2 productie voor zijn rekening neemt. Binnen de ketenanalyse optimalisatie damwand is vanaf 2015 door optimalisatie gedurende het ontwerp grote reducties behaald en is volgens voorspelling verlopen. Tijdens het ontwerpproces voor het plaatsen van definitieve damwand worden meerdere keuzes gemaakt. Een groot aantal factoren hebben invloed op de uiteindelijke vormgeving van de damwandconstructie. Een dergelijke optimalisatieslag lijkt is ook te behalen binnen kadeconstructies met stalen buispalen.

Als basis wordt de casus Singel Amsterdam genomen. Dit is een binnen het Innovatiepartnerschap kademuren Amsterdam gerealiseerde kadeconstructie gebaseerd op een buispaalconstructie.

# 5. Ketenstappen

### *5.1. Ketenstappen*

Hieronder is de traditionele keten weergegeven van offerte voor het leveren en aanbrengen van buispalen tot en met de verwerking van stalen buispalen tot schroot.

| Stappen | Omschrijving |
|---|---|
| 1 | Aanvraag offerte |
| 2 | Ontwerp door intern/extern ingenieursbureau |
| 3 | Calculatie |
| 4 | Opdracht van klant |
| 5 | Inkoop staalconstructie |
| 6 | Extractie & productie van Grondstoffen |
| 7 | Productie van staal |
| 8 | Walsen, snijden en walsen |
| 9 | Transport naar plaatsingslocatie |

| | |
|---|---|
| 10 | Installeren staalconstructie |
| 11 | Verwijderen van de buispalen (einde van de levensduur) |
| 12 | (Afval)verwerking van de buispalen |

### *5.2. Ketenstappen Relinen*

De markt waar Gebr. De Koning in beweegt is in enkele jaren tijd sterk veranderd door andere contractmethoden. Dit geeft een bedrijf als Gebr. De koning de ruimte om creatief om te gaan met het ontwerpen van kademuren. Deze situatie geeft Gebr. De Koning de mogelijkheid om het proces te relinen en een ontwerpstap toe te voegen. Na opdracht van de klant wordt, indien toegestaan, het ontwerp tegen het licht gehouden en de constructie volledig opnieuw ontworpen.

Hieronder de ketenstappen gerelined weergegeven.

| Stappen | Omschrijving |
|---|---|
| 1 | Aanvraag offerte |
| 2 | Ontwerp door intern/extern ingenieursbureau |
| 3 | Calculatie |
| 4 | Opdracht van klant |
| 5 | Optimalisatie ontwerp kademuur |
| 6 | Inkoop buispalen |
| 7 | Extractie & productie van Grondstoffen |
| 8 | Productie van staal |
| 9 | Walsen, snijden en walsen tot een buispaal |
| 10 | Transport naar plaatsingslocatie |
| 11 | Plaatsen van de buispalen |
| 12 | Verwijderen van de buispalen (einde van de levensduur) |
| 13 | (Afval)verwerking van de buispalen |

De ketenanalyse richt zich op dat aspect dat de grootste CO2 reductie kan realiseren. Door de kademuren constructies optimaal te ontwerpen zal worden bespaard op het aantal te produceren (donker grijs) en te verwerken kilo’s stalen buispalen en daarmee een CO2 reductie realiseren (lichtgrijs)

### *5.3. Uitsluitingen*

De ketenanalyse draait om de optimalisatie van het ontwerp van buispaalconstructies. In de ketenanalyse wordt zowel het upstream deel (inkoop) meegenomen als het downstreamdeel beschouwd.

### *5.4. Ketenpartners*

Bij het uitvoeren van de ketenanalyse is Arcelor Mittal betrokken. Arcelor Mittal is producent van stalen buispalen en is marktleider in Nederland.

# 6. Data CO2 emissies

### *6.1. MKI-berekening Gemeente Amsterdam*

Sinds 2018 is Gebr. De Koning binnen de combinatie G-kracht betrokken bij het innovatiepartnerschap kademuren Amsterdam. Naast G-Kracht hebben 2 anderen IPK-partners een ontwerp gemaakt en gerealiseerd.
De Gemeente Amsterdam heeft een vergelijking gemaakt op het gebied van duurzaamheid tussen de 3 betrokken partijen binnen het Innovatiepartnerschap Kademuren (IPK). Hiervoor is gekozen voor het maken van een MKI-berekening. Naast de 3 IPK-partners is er ook een referentieproject berekend in DuboCalc. De referentieberekening betreft een traditionele betonnen L-wand. De berekening is gemaakt om de IPK-partners te vergelijken met de traditionele methode.

Uit de MKI-berekening blijkt dat de combinatie G-kracht het laagste scoort (hogere MKI) in vergelijking met de 2 andere partijen. Wel komt uit de berekening naar voren dat het ontwerp duurzamer is dan een ontwerp met een traditionele L-wand (referentie-ontwerp. Bij de vergelijking moet worden opgemerkt dat er een conservatieve aanname is gedaan naar de dimensionering van de kademuren en dat de buispalen niet als terugwinbaar zijn beschouwd. Bij de levensduur wordt uitgegaan van een levensduur van 100 jaar. Er is gebruik gemaakt van de data uit de Nationale Milieu Database (NMD), categorie 3. De onderdelen van het ontwerp van G-kracht zijn in een tabel gezet met daarbij de bijbehorende MKI-score (Griffioen & Dusseldorp, Duurzaamheidsadvies middels MKI ter vergelijking tussen de IPK's, 2023).

| Inschrijving | MKI-waarde |
|---|---|
| G-kracht | 25,98 K |
| Kade2.020 | 22,80 K |
| Koningsgracht | 12,82 K |
| Referentieberekening | 32,04 K |

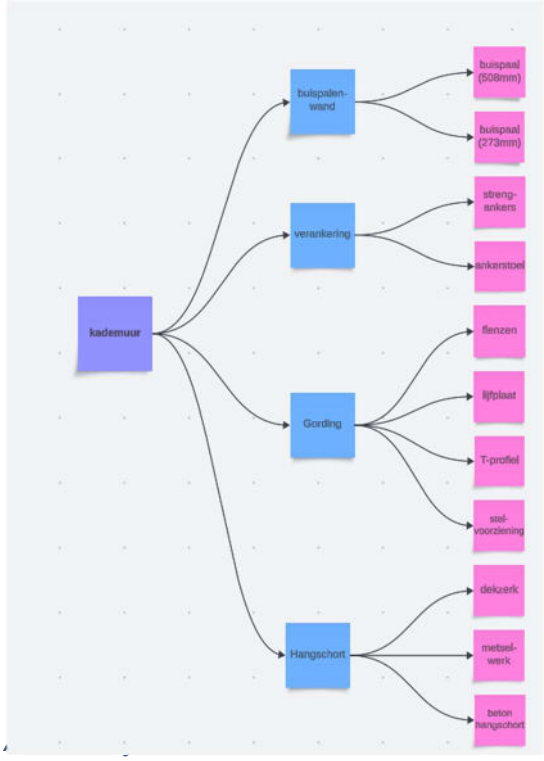
*Afb. 3 - MKI-scores van IPK-partners*

### 6.2. *MKI-berekening Singel*

Voor het onderzoek is een eigen MKI-berekening gemaakt om een beter inzicht te krijgen in de componenten van de uitkomst van Gemeente Amsterdam. In het vervolg van het onderzoek wordt het slechtst scorende onderdeel gekozen om te verbeteren. De MKI-berekening zal daarnaast ook als referentiewaarde worden gebruikt in dit onderzoek. De later te maken MKI-berekeningen van de oplossingsvarianten worden vergeleken met de MKI-berekening.

### 6.3. *Methode*

De MKI-berekening is gemaakt in het programma DuboCalc. Het programma bevat een bibliotheek waar LCA's uit de NMD in staan. De gebruikte materialen zijn ingeladen in de berekening, waar de juiste hoeveelheid aan toe is gekend, in de juiste eenheid. Voor de materialen die gebruikt zijn in de berekening zijn geen LCA's uit categorie 1 of 2 te vinden, uitgezonderd het beton van de hangschorten. Dit betekent dat de milieu impact van de materialen is verrekend met een factor 1,3. De berekening van het project is gemaakt over een lengte van 20 meter. Voor de opbouw van de berekening is een objectenboom gemaakt. Als hoofdonderdelen heeft de objectenboom de buispalenwand, de verankering, de gording en het hangschort.




Als uitgangspunt van de MKI-berekening is er 20 meter kademuur genomen. De 20 meter komt overeen met de gebruikte lengte in de berekening van Gemeente Amsterdam.

Uit de resultaten blijkt dat de MKI-score van het pilotproject neer komt op €23,20 K. De score is ongeveer hetzelfde resultaat als dat van Gemeente Amsterdam. Echter zijn de twee resultaten niet goed met elkaar te vergelijken. De onderbouwing van de berekening van Gemeente Amsterdam is niet beschikbaar.
De grootste impact op het resultaat is de buispalenwand (ongeveer. 75%). De buispalen zijn van staal, een materiaal wat bij de productie een grote impact heeft op het milieu. Het ontwerp is gebaseerd op stalen buispalen, wat resulteert in veel ton staal in vergelijking met andere oplossingen Ook blijkt uit de berekening dat het gebruik van materieel een minimale impact heeft op het gehele project. Het transport van de productieplaats tot de projectlocatie en de uitvoeringsfase hebben samen een bijdrage van 7,6% van de totale impact op het milieu.

In dit onderzoek is daarom gekozen om te richten op de buispalen. Een verbetering van de buispalen heeft een relatief grote impact t.o.v. andere onderdelen zoals het hangschort (zie afb. 4). Dit betekent niet dat verbeteringen van andere onderdelen niet nuttig zijn, maar wel dat deze een significant kleiner impact hebben op de MKI-score dan de buispalenwand.

| Onderdeel | MKI-score |
|---|---|
| Palen | 22.600 |
| Ankers | 1.006 |
| Gording | 2.133 |
| Hangschort met metselwerk | 167 |
| **Overig** | 76 |
| **Totaal** | **25.982** |

*Afb. 4 - Opbouw berekening Kademuur*

# 7. Onderdelen CO2 emissies

In dit hoofdstuk worden verschillende optimalisaties beschreven die bijdragen aan het verduurzamen van de kademuur. De optimalisaties dienen te voldoen aan de gestelde eisen van Gemeente Amsterdam. De optimalisaties zijn onderverdeeld in 4 categorieën, deze zullen in hoofdstuk @ worden uitgelicht. De categorieën zijn als volgt:

- Materiaalbesparing
- Vervangen van staal
- Geen verankering toepassen

## *7.1. materiaalbesparing*

***Herwinbare buispaal***

Één van de redenen voor de toepassing van stalen buispalen is de mogelijkheid om ze te hergebruiken na de levensduur van 100 jaar (of langer). Het grootste deel van de buispaal komt niet in aanraking met zuurstof en zal minimaal corroderen. Na het herwinnen van de buispalen zijn deze geschikt voor hergebruik, Afhankelijk van de conditie van het staal. Een andere mogelijkheid is het recyclen van het staal, deze optie is altijd mogelijk voor de buispalen. Ook in de MKI-score heeft het terugwinnen invloed. Als de buispaal terug gewonnen kan worden, wordt er voor fase D een korting toegekend in de LCA van de palen. Voordat de buispalen uit de grond zijn gehaald zijn er nog wel uitdagingen om op te lossen. De grootste uitgaging is de kracht waarmee de buispaal uit de grond wordt gehaald, die schade voor de omgeving kan veroorzaken en het veroorzaken van gaten in de ondoordringbare lagen.Deze gaten in kunnen, doordat verschillende waterlagen met elkaar in contact komen, verzilting van het oppervlaktewater veroorzaken.

Voordat het materiaal hergebruikt kan worden, moet het materiaal demontabel zijn. Er wordt hier rekening mee gehouden in het ontwerp.

Er worden tijdens het trekken van de buispalen geen problemen verwacht. Internationaal is al ervaringen met het trekken van buispalen opgedaan. Hierbij wordt dezelfde machine gebruikt als die bij het aanbrengen van de buispalen. Na 100 jaar is het deel van de buispaal dat in contact komt met zuurstof echter zodanig aangetast dat de buispalen niet sterk genoeg meer zijn om uit de grond te worden getrokken.

Voor de uitdagingen van het trekken van de buispalen, het ontstaan van gaten in de bodem, zijn oplossingen te vinden. Op dit moment zijn er al methodes om gaten in ondoordringbare lagen op te vullen. Voorbeelden hiervan zijn betoniet en Dämmer. De vloeistoffen worden in de gaten gespoten om het gat te dichten, waardoor er geen water meer langs kan stromen. Nadeel van deze technieken is de negatieve impact op het milieu.

***Verlengen ontwerplevensduur***

De huidige eis van de ontwerplevensduur van de kademuren is 100 jaar. Het ontwerp leent zich er echter goed voor om de levensduur te verlengen. De stalen buispalen kunnen na de 100 jaar worden gebruikt, als deze op de juiste manier worden behandeld.

Een voordeel aan het ontwerp is dat de kademuur goed demonteerbaar is. Na 100 jaar kan de bekleding worden verwijderd of worden hersteld. Wanneer de bekleding in een slechte staat is kan deze worden vervangen. Door de buispalen her te gebruiken voor een ‘nieuwe kademuur’ hoeft er geen nieuw materiaal te worden geproduceerd. Het heroverwegen van de functie van de buispalen na 100 jaar resulteert in een stuk efficiënter concept op het gebied van duurzaamheid. Om te bepalen of de buispalen nog wel geschikt zijn voor de nieuwe kademuur, zal er de staat van het staal wel de gehele levensduur moeten worden gemonitord.

Er zitten echter wel onzekerheden vast aan het verlengen van de levensduur. Over 100 jaar is het mogelijk dat er met zwaardere belastinggevallen gerekend wordt. Bij een ontwerp wat geoptimaliseerd is voor de huidige belastinggevallen, kunnen de belastingen over 100 jaar te groot zijn voor de kademuur.

Ook moeten de stalen buispalen in een goede conditie verkeren om levensduurverlenging mogelijk te maken. Als de buispalen zijn aangetast door corrosie, kan de stabiliteit van de kademuur niet meer gewaarborgd worden. Een mogelijke oplossing voor het tegengaan van corrosie is kathodische bescherming wat later in dit hoofdstuk wordt toegelicht. Kathodische bescherming kan ook een oplossing bieden voor het monitoren van het staal.

Het verlengen van de levensduur van de kademuur kan worden gezien als een geschikte manier om het ontwerp te verduurzamen. Het repareren van de bekleding kan op de R-ladder op trede 5 of 6 worden geschaald als de staat goed genoeg is. Wanneer de staat onvoldoende wordt geacht kan recyclen een goede oplossing zijn (R9). De palen kunnen hoger op de ladder worden geschaard; Als er over 100 jaar wordt besloten om de levensduur te verlengen wordt er afgezien van een nieuwe kademuur. Door het afzien van een nieuwe kademuur kan deze methode op de hoogste trede (R1) worden geplaatst. Dit zorgt voor een meest circulaire kademuur. Daarnaast kan deze optimalisatie ook zorgen voor het verbeteren van de LCA. Door het verlengen van de levensduur wordt het productieproces gedaan voor meer jaar, waardoor een nieuw productieproces wordt uitgesteld. Daardoor gaat de LCA-waarde met levensduurverlenging omlaag.

***Zonder verankering***
Bij deze oplossing wordt de verankering weggelaten in het ontwerp. Dit kan alleen als de grondeigenschappen, de te keren hoogte en de belasting gunstig zijn. Het is daarom belangrijk om deze parameters goed duidelijk te krijgen. Zonder de verankering kunnen de buispalen op de eerste zandlaag worden gefundeerd, waardoor een buispaal van 14 meter voldoet. De dikte uit het ontwerp van project Singel (9 mm) is echter niet voldoende om de horizontale krachten op te vangen en wordt daarom verhoogd naar een dikte van 10 mm. Dit resulteert in een minimale reductie van 0,15 ton staal per paal. Ook wordt de verankering niet meegenomen in het ontwerp. Bovendien zijn de krachten op de gording ook afgenomen, waardoor deze minder groot gedimensioneerd kan worden

De verankering in het project Singel vangt de horizontale krachten op, maar omdat de verankering met een steile hoek wordt aangebracht, resulteert dit ook in hoge verticale krachten in de kademuur. Daardoor kunnen de buispalen in Singel niet op de eerste zandlaag gefundeerd worden, maar moeten de buispalen tot op de 2$^{e}$ zandlaag worden gedrukt om de draagkracht te realiseren. In het vervolgproject Klovenierburgswal is gekeken of daarom de verankering weggelaten kan worden en zijn zij daarin geslaagd. Met berekeningen is aangetoond dat de kademuur voldoet aan de strenge eisen ten opzichte van de verplaatsing

Door het weglaten van de verankering, reductie van het staal en een minder zware gording is de MKI-score verlaagd naar 16,7 K. De afname wordt veroorzaakt door een reductie van de buispalen (3,1K) en het ontbreken van de verankering (2,6 K) in de berekening. Daarnaast kan de oplossing ook op de hoogste trede van de R-ladder worden geplaatst, trede R1 (heroverwegen/weglaten). Bovendien worden de gording en de buispalen ook lichter uitgevoerd (R2, verminderen). Als de buispalen teruggewonnen kunnen worden is het ook mogelijk om de buispalen her te gebruiken (R4) of te recyclen (R9).

### *7.2. Vervangen van staal*

Deze oplossingsvariant is als enige van de oplossingen gericht op de kleine buispalen, die tussen de constructieve palen worden aangebracht als gronddichting. Bij deze oplossing is er gezocht naar een passende alternatieve biobased grondstof.



*Afb. 6 - Gebouw HAUT, te Amsterdam*

Hout maakt een opmars als bouwmateriaal in de bouwsector. Bij steeds meer gebouwen wordt er gebruik gemaakt van een houtskelet. Een bekende voorbeelden van het gebruik van hout is bijvoorbeeld het gebouw HAUT in Amsterdam, een woontoren (FPW, 2024). Dit soort projecten tonen aan dat er veel mogelijk is met het bouwen met hout. Hout wordt steeds meer gebruikt, doordat het materiaal over duurzame eigenschappen beschikt. Het hout komt uit beheerde bossen, welke speciaal voor houtkap worden beheerd. Wanneer het beheren van de bossen op de juiste manier wordt gedaan, kan na 20-120 jaar opnieuw worden gekapt. De grondstoffen voor andere populaire bouwmaterialen ontstaan na meerdere eeuwen. Hout kan daardoor gezien worden als een onuitputtelijke grondstof. Een andere reden waarom hout duurzaam is, is dat het produceren van hout 20x minder energie kost dan het produceren van staal. Hier komt bij dat hout in de gebruikersfase $CO_2$ opslaat. $CO_2$ wat opgenomen is tijdens de groei van de boom, blijft in de levensduur in het hout zitten totdat het verbrand of verteerd (Verdouw, sd).

Ook is het gebruik van hout een beproefd concept voor kademuren. De huidige kademuren in Amsterdam zijn gefundeerd op houten palen. Sommige kademuren zijn wel 300 jaar oud, waarmee aangetoond kan worden dat hout lang meegaat als fundering van een kade constructie.

Het volledig toepassen van hout in het ontwerp van G-kracht is niet realistisch. Wanneer de grote buispalen (508 mm) worden vervangen door houten palen, zal de paalfundering met de huidige hoge belastingeisen niet sterk genoeg zijn. Ook zal de uitvoeringsmethode drastisch moeten worden aangepast. Het GRB-systeem is alleen geschikt voor het aanbrengen van stalen buispalen. Daarom is deze optie niet meegenomen in dit onderzoek. Wel is er naar andere opties gekeken om hout toe te passen in het ontwerp. De kleine buispalen (273 mm) hebben in het ontwerp een grond kerende functie. De buispalen hebben daarentegen geen constructieve functie, waardoor deze palen wel in hout uitgevoerd zouden kunnen worden. De 4 meter lange buispalen kunnen worden vervangen door houten palen als deze ook voldoen aan de eisen voor G-kracht. In het huidige ontwerp worden de strengankers gekoppeld aan de gording door de kleine buispalen. Wanneer de kleine buispalen in hout uitgevoerd worden, moet er worden aangetoond dat het hout sterk genoeg is om de krachten over te dragen en/of aanpassingen worden gemaakt aan de huidige manier van verankeren. Naast het afdragen van de ankerkrachten moet het hout ook de waterdoorlatendheid van de kademuur waarborgen. Er mag geen grond met het water, wat door de kademuur kan stromen, meespoelen. Daarvoor moet dan ook een nieuwe constructie worden ontworpen.

Er is een relatief grote reductie van de MKI-score te zien, door het toepassen van hout. De MKI-score komt in het ontwerp met een houten grond kerende wand neer op 20,1 K, omdat de MKI-score van de buispalen met 3,1 K wordt verlaagd ten opzichte van het referentieproject. Ondanks dat hout wordt gezien als een circulair bouwmateriaal is het niet goed in te schalen op de R-ladder. Na de levensduur is het hout niet herbruikbaar. Daar tegenover staat wel dat bij het kappen van bossen voor het hout, nieuwe bossen gepland kunnen worden.

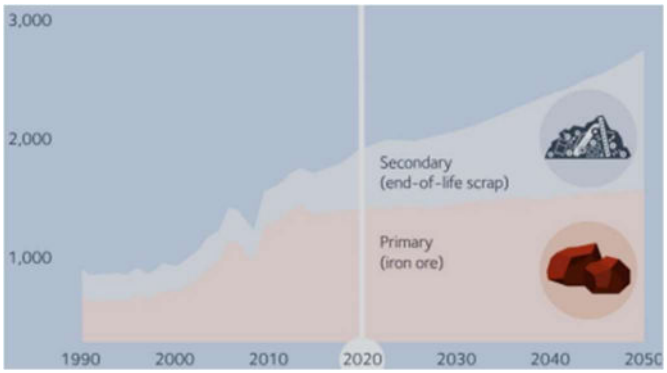
# 8. Emissies van leverancier

### *8.1. Verduurzaming staal*

Het productieproces heeft een grote stempel op de milieu impact van staal. Bij het produceren van staal komen veel schadelijke stoffen vrij voor het milieu. Om de kademuur te verduurzamen kan daarom gekeken worden naar de oorsprong van het materiaal. Hoe wordt dit geproduceerd? En hoe is dit proces te verduurzamen?

Op dit moment zijn er 2 gebruikelijke methodes voor het produceren beschikbaar. Hierbij worden 2 verschillende soorten ovens in gezet om het staal te produceren, hoogovens en vlamboogovens. Hoogovens worden gebruikt voor het produceren van massaproductie. In deze ovens wordt de primaire grondstof ijzererts en koolstof omgezet in staal. Het omsmelten gebeurt bij een temperatuur van ongeveer 2200 graden. Bij dit proces komt er veel koolstofdioxide (2000 – 2800 kg CO2/ton staal) vrij. Doordat de grondstoffen uit primaire bronnen worden gehaald, is het productieproces niet op de R-ladder terug te vinden, maar wordt dit gezien als onderdeel van een lineaire economie.

Een schonere manier van produceren van staal is het gebruik maken van een vlamboogoven. Hierbij wordt schroot omgezet in nieuw bruikbaar staal. Er wordt hier dus geen gebruik gemaakt van primaire grondstoffen, maar wordt er 100% schroot gebruikt. Deze methode heeft significant minder energiegebruik voor het produceren van staal, doordat er geen koolstof aan ijzererts toegevoegd hoeft te worden. Daarnaast kan de oven met groene energie worden verhit waardoor er minder CO2 vrij komt (300 – 400 kg CO2/ton staal (bij groene energie)). Het probleem voor de vlamboogoven is dat er niet genoeg schroot beschikbaar is om volledig op deze ovens over te gaan. Op dit moment wordt er 25% geproduceerd door vlamboogovens, tegenover 75% met hoogovens. Dit kan in de toekomst 50% - 50% worden, maar zal nooit volledig kunnen worden toegepast in de staalindustrie.



*Afb. 7 - Verdeling ijzererts - schroot*

Om in de toekomst toch groener staal uit erts te produceren, moeten de hoogovens worden vervangen. Daarom is er een nieuwe innovatie ontwikkeld. Uit de innovatie ontstaat een nieuwe methode van produceren, de Direct Reduced Iron (DRI). Dit is een methode om staal te produceren vanuit erts met veel lagere CO2-uitstoot. In de ovens wordt er bij een relatief lage temperatuur (ongeveer. 1000 graden) zuurstof van het ijzererts gescheiden met behulp van reducerende gassen. Dit gas kan bijvoorbeeld waterstof of aardgas zijn. Hierna ontstaat er ruwijzer, wat verder wordt behandeld in vlamboogovens. Na de reductie van de uitstoot zal er ongeveer 1000 – 1500 kg CO2/ton staal overblijven. Omdat het ook in de toekomst niet geheel mogelijk is om klimaatneutraal staal te produceren, wordt er ook geïnvesteerd in het opslaan van CO2.

Het staal dat wordt gebruikt voor de stalen buispalen wordt geproduceerd uit de traditionele hoogovens. Het produceren van stalen buispalen wordt gezien als massaproductie, omdat de buispaal wordt gemaakt uit staalplaat, wat wordt geproduceerd in rollen. Dit staal wordt in het juiste formaat gewalst en wordt daarna aan elkaar gelast. De rollen worden in massa geproduceerd, omdat er nog vele andere bestemmingen zijn voor plaatstaal. De productiesnelheid van de hoogoven is op dit moment een stuk sneller dan de DRI en de vlamboogoven. Wel is ArcelorMittal, een grote leverancier, bezig met het vervangen van de Hoogovens door de duurzamere DRI-methode. Dit betekent dat in de toekomst staal groener geproduceerd kan worden ten opzichte van nu. In de MKI-berekening zal dat dan terug te zien zijn.

### *8.2. LCA stalen buispalen*

Uit gesprekken met Arcelor Mittal blijkt dat men druk bezig is met het opstellen van de LCA's van stalen buispalen met de hierboven verschillende wijze van produceren. De wereldwijde versnippering (elk land heeft zijn eigen LCA-eisen) van eisen rondom de LCA vertraagd echter dit proces.

# 9. Reductiemogelijkheden

## *9.1. Optimalisatie mogelijkheden*

Bij optimalisatie van buispaalconstructies en daarbij het verminderen van CO2 uitstoot voldoet het teruggrijpen naar bestaande ideeën onvoldoende. Er zal moeten worden gezocht naar oplossingen zoals krachtenwerking, levensduurverlenging, toepassen van andere materialen en
Door het team van specialisten van De Koning Constructies is een lijst samengesteld met mogelijkheden tot optimalisaties welke een CO2 reductie tot gevolg zullen hebben.

## *9.2. CO2 reductiedoelstelling*

Aangezien er grote fluctuaties tussen de projecten optreden is op het eerste gezicht lastig een doelstelling te formuleren. Zoals in voorgaand hoofdstuk is besproken, is de vorm van de referentie, het oorspronkelijke ontwerp, een belangrijk graadmeter voor de uitkomst. Door te richten op projecten die zich er voor lenen is het mogelijk een doelstelling te formuleren. Gezien het groot aantal projecten met het als referentie “ontwerp offerte stadium” is een doelstelling van 8% in 2024 een realistische uitdaging. Gedurende de tijd dient er meer grip te worden ontwikkeld op de grote verschillen in percentage optimalisatie.
Zoals eveneens in voorgaand hoofdstuk is aangegeven zal de doelstelling, vanwege het lerende effect, elk opvolgende jaar lager moeten worden ingezet; de kwaliteit van de offertes neemt toe.

| Jaar | Doelstelling optimalisatie (%) |
|---|---|
| 2024 | 8 |
| 2025 | 6 |
| 2026 | 5 |
| 2027 | 4 |

Gezien de inkoopvolumes van definitieve stalen buispalen wordt hiermee en belangrijke CO2 reductie bewerkstelligd.

# 10. Planning

Indien verdere stappen en vervolgonderzoeken naar aanleiding van dit rapport worden ondernomen is het aan te bevelen onderstaande stappen daar in mee te nemen.

**2024: Onderzoek naar andere opbouw kademuur.**
Gesprek met opdrachtgever, Gemeente Amsterdam, over huidige en toekomstige eisen van de maaiveldbelastingen, flexibele levensduur, en andere uitgangspunten van de constructie en MKI berekeningen.

**2024: Onderzoek naar andere opbouw kademuur.**
Bij het maken van de keuze tussen de oplossingen, is het belangrijk om parameters als belasting gevallen, grondopbouw en kerende hoogte duidelijk te hebben. Aan de hand van de resultaten kan de dimensionering worden geoptimaliseerd of de verankering worden weg gelaten. De onverankerde kademuur staat bovenaan de lijst met oplossingen.

**2025: Onderzoek mogelijkheid van het terugwinnen van de buispalen:**
Om aan te tonen dat een kade ontwerp circulair is, is het nodig om aan te tonen dat de buispalen uit de grond te halen zijn. Met onderzoek naar het terugwinnen van buispalen kan overtuigd worden dat dit tot de mogelijkheden behoort. Naast de circulariteit zal de MKI-score ook worden gereduceerd, omdat de buispalen te recyclen of her te gebruiken zijn, wat een korting geeft in de berekening.

**2026: Verleng de levensduur van de buispalen:**
In gesprek gaan om de stalen buispalen een langere levensduur te geven. De buispalen zijn aan het eind van de nu verwachte levensduur, met de juiste behandeling, geschikt om langer mee te gaan. Door het verlengen van de levensduur worden de kansen op een circulair ontwerp benut.

**2027: Opstellen product specifiek LCA:**

In samenwerking met ArcelorMittal opstellen van een LCA van de buispalen. Door het maken van een LCA worden onzekerheden uitgesloten en wordt een lagere MKI-score gehaald. In de LCA kunnen daarmee ook positieve eigenschappen van staal mee worden genomen.

# 11. Publicatie

Gezien de bijzonder concurrentiegevoelige informatie zal maar een gedeelte van deze rapportage worden gepubliceerd.

# 12. Datacollectie en datakwaliteit

## *12.1. Referentieproject/cases*

Er zijn slechts een beperkt aantal cases rondom stalen buispalen uitgevoerd. :

| Ketenanalyse | Schrijver | Versie/datum |
|---|---|---|
| Betonpalen versus stalen buispalen | Wallaard Noordeloos | Juni 2016 |

## *12.2. Literatuur*

| Literatuur | Omschrijving | Beheer |
|---|---|---|
| CUR 166 | Richtlijn toepassing damwand- en buispaalconstructies | CUR |
| Eurocode | Europese normen voor het toetsen van de constructieve veiligheid | NEN |
| NEN 8700 | norm voor het beoordelen van bestaande constructies en voor verbouw | NEN |
| Praktijkonderzoek naar corrosie bij damwanden | Aanpassing Norm corrosietoeslag buispalen | Deltares |
| Corrosie van stalen constructies in de grond | Aanpassing Norm corrosietoeslag buispalen | Deltares |

## *12.3. Databases*

| Database | Omschrijving | Beheer |
|---|---|---|
| CO2 management Database | Emissies en conversiefactoren | CO2 management |
| DuboCalc | Berekening milieukosten | DuboCalc |
| MKI database Arcolor | Milieukosten buispalen | Arcelor |
| | | |