

BMDADVIES

NAAR EEN MEESTERLIJKE BEDRIJFSVOERING

Ketenanalyse geleiderail



Leeuwenstein

GROEP



CO₂-PRESTATIELADDER

Samen zorgen voor minder CO₂

Ketenanalyse geleiderail

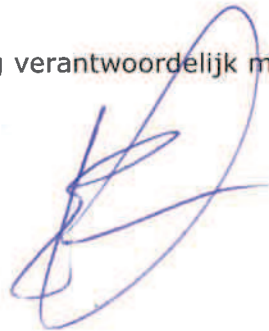
Leeuwenstein Groep

Definitief

Opdrachtgever : Leeuwenstein Groep
Contactpersoon : De heer E. van Doorn

Rapportnr. : 2014176r110815
Auteur : Huub Schoenaker

Datum: 21-08-2015 Handtekening verantwoordelijk manager ter autorisatie:



BMD Advies Centraal Nederland B.V.
Grote Molenstraat 1a
Postbus 91
6660 AB ELST
Tel.: 088 - 0318875
E-mail: info@cn.bmdadvies.nl
www.bmdadviescentraal.nl

Inhoud

| | |
|---|-----------|
| 1 Inleiding | 2 |
| 2 Ketenpartners | 3 |
| 2.1 Leeuwenstein Groep | 3 |
| 2.2 Van Doorn Geldermalsen B.V..... | 3 |
| 2.3 Steel Constructions | 3 |
| 3 Ketenanalyse en doelstelling | 4 |
| 3.1 Doelstelling Ketenanalyse | 4 |
| 4 Keten geleiderail | 5 |
| 4.1 Identificatie van de schakels in de keten | 5 |
| 4.2 Procesbeschrijving | 7 |
| 5 Emissies in de keten | 11 |
| 5.1 CO2-uitstoot per schakel in de keten | 11 |
| 5.2 Totale CO2 emissies | 14 |
| 6 Analyse en aanbevelingen | 16 |
| 6.1 Analyse | 16 |
| 6.2 Mogelijke maatregelen | 17 |
| 7 Reductiedoelstellingen en maatregelen | 19 |
| 7.1 Reductiedoelstelling | 19 |
| 7.2 Maatregelen | 19 |
| 7.3 Schakels in het voortbrengingsproces van geleiderail | 20 |
| 7.4 Verzinkingsproces | 20 |
| 8 Samenvatting en conclusies | 22 |
| 8.1 Ambitie Leeuwenstein Groep | 22 |
| 8.2 Ketenanalyses | 22 |
| 8.3 Geleiderail | 22 |
| 8.4 Dataverzameling | 23 |
| 8.5 Bewustwording | 23 |
| 8.6 Resultaten | 23 |
| 8.7 Conclusies..... | 23 |
| 9 Bibliografie | 25 |
| 10 Bijlagen | 27 |
| 10.1 CO2 uitstoot Schakel 1: Arcelor Mittal - Grondstoffen en Productie | 27 |
| 10.2 CO2 uitstoot Schakel 2 Steelconstructions | 29 |
| 10.3 CO2 uitstoot Schakel 3: Rotocoat | 30 |
| 10.4 CO2 uitstoot Schakel 4: Van Doorn | 33 |
| 10.5 CO2 uitstoot Schakel 5: Hergebruik en Recycling | 35 |

1 Inleiding

De directie van de Leeuwenstein Groep heeft zich als doelstelling gesteld ten opzichte van 2011 in 2015 haar CO2 emissies met 5% te reduceren. Een missie, die past in het kader van de CO2-Prestatieladder. In dat verband zet de Leeuwenstein Groep zich ook in voor verbeteringen in de voortbrengingsketen en binnen de branche met betrekking tot MVO en duurzaamheid. Deze inzet heeft geleid tot certificering voor niveau drie van de CO2 prestatieladder. Dit ketenonderzoek geleiderail is één van de onderdelen voor het bereiken van niveau vijf van de Prestatieladder. Een doelstelling, die voor 2015 is voorzien.

Een van de voorwaarden voor het behalen van niveau 5 is dat de Leeuwenstein Groep dient aan te tonen inzicht te hebben in haar Scope-3 emissies en emissie reductie initiatieven neemt. Als onderdeel daarvan dienen twee ketens, als veroorzaker van de meest materiële CO2 emissies, te worden geanalyseerd.

In deze rapportage wordt in dat kader de ketenanalyse geleiderail uitgewerkt. Na een algemene beschrijving van het proces van grondstof tot en met plaatsing en uiteindelijke verwijdering uit het verkeer van de geleiderail zal specifiek worden ingegaan op de verschillende fasen in het proces. Zo zal inzicht ontstaan in de volledige keten. Aan de hand van de verzamelde data zullen vervolgens de emissies per fase worden bepaald. Als vervolg op de analyse en op basis van de onderzoeksresultaten zal een haalbaar geachte reductiedoelstelling worden bepaald voor geleiderail en een daaraan gekoppeld voorstel voor maatregelen ten behoeve van de vaststelling van een reductieplan van aanpak.

Een belangrijke voorwaarde voor een geslaagde voorbereiding en realisering van de maatregelen is de zekerstelling van betrokkenheid van de ketenpartners, één van de belangrijkste missies, die de CO2 Prestatieladder promoot en door de Leeuwenstein Groep ook zal worden nagestreefd. Naar aanleiding van haar verantwoordelijkheid heeft de Leeuwenstein Groep in dat kader recent een convenant afgesloten met haar belangrijkste leveranciers. Essentie van het convenant is het commitment van de betrokken leveranciers om de in het kader van voor Leeuwenstein geleverde producten en diensten veroorzaakte CO2 emissies structureel te meten en rapporteren en een overeengekomen reductiedoelstelling van 5% van deze CO2 emissies te realiseren. Met deze werkwijze zal ook de aanpak van emissiereducties binnen de branche of sector worden bevorderd. De resultaten van deze ketenanalyse zullen met betrokken leveranciers worden gedeeld en benut als benchmark en voorbeeld voor maatregelen en verdere analyses.

Bij het uitwerken van de analyse en het opstellen van de rapportage zijn de 'Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard' en Handboek CO2 prestatieladder 3.0 d.d. 10 juni 2015 als leidraden genomen.

2 Ketenpartners

2.1 Leeuwenstein Groep

De Leeuwenstein Groep is een holding met drie werkmaatschappijen. De werkmaatschappijen verlenen diensten op het gebied van het aanleggen en onderhouden van civiele infrastructuur, groene buitenruimte, verkeersmaatregelen en incident management. In totaal werken zo'n 170 medewerkers bij de Leeuwenstein organisatie. Als familiebedrijf met een halve eeuw geschiedenis is de Leeuwenstein Groep uitgegroeid tot een betrouwbare en solide partner voor een groot aantal opdrachtgevers zoals de Rijksoverheid, waterschappen, provincies, gemeenten en (semi-) private organisaties. De Leeuwenstein Groep bestaat uit de drie werkmaatschappijen, Van Doorn Geldermalsen B.V., Dover B.V. en Signa Terra B.V. Dit ketenonderzoek naar levering en plaatsing van geleiderail vindt plaats binnen het activiteitenpakket van de werkmaatschappij van Van Doorn Geldermalsen B.V. (van Doorn). Zoals beschreven in de Scope 3 materialiteitsanalyse zijn de CO2 genererende activiteiten vergelijkbaar voor de verschillende werkmaatschappijen.

2.2 Van Doorn Geldermalsen B.V

Van Doorn is een van de drie werkmaatschappijen van de Leeuwenstein groep (holding). Van Doorn draagt zorg voor het voorbereiden en uitvoeren van wegwerkzaamheden bij aanleg, onderhoud en calamiteiten. Daarnaast verhuurt Van Doorn verkeersvoorzieningen en materialen.

In het kader van de materialiteitsanalyse van de scope 3 emissies is vastgesteld, dat de door leveranciers in het kader van het plaatsen en leveren van geleiderail veroorzaakte emissies onderdeel is van het cluster met de meest materiële scope 3 emissies: aangekochte goederen en diensten.

In dit onderzoek wordt een analyse uitgevoerd van de gehele keten van ijzererts tot en met recycling van geleiderail. Daarbij wordt uitgegaan van de opdrachtnemer en leverancier Steel Constructions en haar directe ketenpartners in de staalproductie en verzinking. Van Doorn is verantwoordelijk voor levering, plaatsing, onderhoud en verwijdering van geleiderail. Daarom worden naast de door de leveranciers veroorzaakte CO2 emissies ook de emissies van de betreffende operatie van Van Doorn gekwantificeerd.

2.3 Steel Constructions

Zoals bovenstaand aangegeven, blijkt uit de analyse van de scope 3 emissies van de Leeuwenstein groep, dat Steel Constructions als belangrijke leverancier binnen het grootste cluster van relevante scope 3 emissies valt. Het analyseren van deze keten levert inzicht in de betreffende emissies en de gevonden besparingsmaatregelen voor Van Doorn en Steel Constructions, maar kunnen ook van toepassing zijn op belangrijke andere leveranciers binnen dit cluster. Het onderzoek zal daar nader inzicht in geven. Steel Constructions presenteert zich als "ijzersterk op het gebied van Geleiderail, Verkeersvoorzieningen, Opslagmateriaal, Logistieke middelen en Steigermateriaal". Samen met steel Constructions is de ketenanalyse verder uitgewerkt. Steel Constructions koopt het grootste deel van het staal in bij ArcelorMittal en verzinkt de meeste producten bij de verzinkerij van Rotocoat in Kampen. ArcelorMittal en Rotocoat zullen derhalve een onderdeel zijn van deze ketenanalyse.

3 Ketenanalyse en doelstelling

Een ketenanalyse houdt in dat van een bepaald product of dienst de CO₂ uitstoot wordt berekend over de gehele keten. Met de gehele keten wordt de gehele levenscyclus van het product bedoeld: van inwinning van de grondstof tot en met verwerking van afval (of recycling). In dit geval dus: van ijzererts tot en met recycling van geleiderail.

In deze ketenanalyse gaat het dus om het bepalen van de energieprestaties en het onderzoek naar de mogelijkheden tot het verminderen van deze energieprestaties in de keten van productie, leveren, plaatsen en verwijderen van geleiderail. Aan de hand van de analyse worden alle mogelijkheden bepaald, waar reducties gerealiseerd kunnen worden en waar afwegingen kunnen of nog zouden moeten worden gemaakt voor het bepalen en initiëren van concrete maatregelen.

Levering en plaatsing van geleiderail is binnen de Leeuwenstein Groep een belangrijke CO₂ factor. Met de ketenanalyse naar geleiderail verwacht de Leeuwenstein Groep een nieuwe impuls te geven aan de reductie van CO₂ in deze voortbrengingsketen en cluster van activiteiten. Door het vaststellen van een reductie-doelstelling wordt richting gegeven aan deze maatregelen. Deze zullen doelgericht en op basis van een voor de organisatie acceptabele kosten baten afweging nader moeten worden bepaald.

Denkbare maatregelen zullen zijn gebaseerd op het denken in termen van Trias Energetica: voorkomen, verduurzamen en efficiënter werken: beter en efficiënter plannen, opleiding en training van personeel, of energiezuinigere of schonere middelen in te zetten. Daarbij zullen de voorwaarden en criteria van de opdrachtgever ook betrokken moeten worden. Gebaseerd op de kosten en baten en de realiseerbare emissiereducties zullen, in goed overleg met en betrokkenheid van alle ketenpartners reductiemaatregelen moeten worden bepaald en genomen. Deze analyse zal daarbij goede ondersteuning kunnen leveren.

3.1 Doelstelling Ketenanalyse

De gehele keten zal worden doorgelicht, zodat er uiteindelijk een goed beeld ontstaat van de verschillende fasen, de hoeveelheid CO₂, die per fase wordt veroorzaakt en de CO₂ emissies overall. Concreet kunnen de volgende doelstellingen voor de ketenanalyse worden omschreven:

1. Het in kaart brengen van de gehele keten, door de schakels in de keten, de processtapen, te beschrijven en deze naar CO₂ emissies kwantificeren;
2. Vaststellen van de totale CO₂ uitstoot over de gehele keten van grondstof tot en met plaatsing en uiteindelijke verwijdering van de geleiderail uit het verkeer;
3. Vaststellen van een realistische reductiedoelstelling en van de mogelijke CO₂ reductiemaatregelen.

De analyse van de emissies in de keten en van de in de keten mogelijk geachte besparingen op energieprestaties zullen een goede basis vormen om realistische reductiedoelstellingen te formuleren. Leeuwenstein heeft een overall reductiedoelstelling voor de eigen CO₂ emissies van 5% vastgesteld. Inmiddels heeft Leeuwenstein zich met haar belangrijkste leveranciers vastgelegd op een reductie van 5% op de scope 3 emissies. Een percentage, die dus op voorhand in principe dus ook als minimum doelstelling zal gelden voor de keten van geleiderail.

4 Keten geleiderail

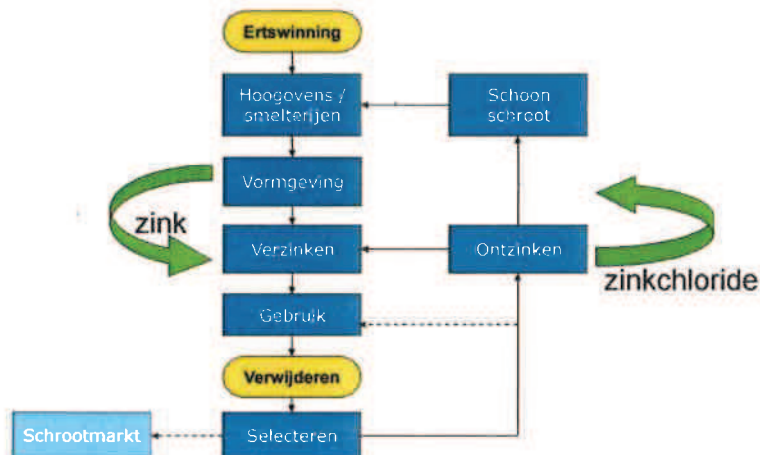
Om de keten te kunnen analyseren zullen eerst alle schakels in de keten van geleiderail worden geïdentificeerd en in detail worden beschreven. Voor de levering van geleiderail maakt Van Doorn gebruik van de diensten van Steel Constructions. Vanuit dit perspectief zal onderstaand de keten nader worden beschreven en geanalyseerd. De keten geleiderail kan ook gezien worden als een voorbeeldketen van ijzererts tot recycling. Dit kan betekenen dat deze ketenanalyse ook als voorbeeld zou kunnen dienen voor andere bedrijven in de branche of met soortgelijke producten. Het precieze detailniveau van ijzererts tot recycling wordt nog niet gehaald aangezien het vanuit het perspectief van Van Doorn en Steel Constructions niet mogelijk is geweest in dit onderzoek ook het gedeelte van winning tot aan staalproductie te kwantificeren.

In de dit jaar tevens door Leeuwenstein uitgevoerde ketenanalyse Verkeersgeleiding wordt uitgebreid ingegaan op de mogelijkheden om bij de voorbereiding en uitvoering van verkeersgeleidingsmaatregelen op CO2 emissies te besparen. Het betreft maatregelen, die voor een belangrijk deel ook bij de plaatsingswerkzaamheden van geleiderail van toepassing zijn.

4.1 Identificatie van de schakels in de keten

Hieronder is op vereenvoudigde wijze de keten te zien die de geleiderail volgt en hoe deze circulair kan worden opgezet.

Geleiderail keten



(Schaik, Hest, Richter, & Wolthers, 2014)

Onderstaande tabel geeft de schakels in de geleiderailketen van Van Doorn weer.

| Categorie | Partner(s) |
|--|---|
| Winnen van grondstoffen | Staalleverancier: Arcelor Mittal |
| Verwerken ijzererts tot staalrollen | Staalleverancier; Arcelor Mittal |
| Transport heen | Logistiek dienstverlener in opdracht van Arcelor Mittal |
| Opslag en verwerking | Steel Constructions |
| Verwerken staal tot halffabricaten geleiderail | Steel Constructions |
| Vrachtransport naar verzinkerij | Steel Constructions |
| Verzinken | Verzinkerij: Rotocoat, Kampen |
| Vrachtransport terug | Steel Constructions |
| Opslag verzinkte materialen | Steel Constructions |
| Transport naar Leeuwenstein Groep | Steel Constructions |
| Opslag | Van Doorn |
| Transport naar projectlocatie | Van Doorn |
| Plaatsen en onderhoud | Van Doorn |
| Demontage geleiderail | Van Doorn /extern bedrijf |
| Transport | Logistiek dienstverlener |
| Recycling / hergebruik | Recycling bedrijf |

In het kort betreft het de volgende activiteiten per ketenpartner in de volgorde van opdracht tot hergebruik/recycling:

4.1.1 Wegbeheerder, opdrachtgever

De opdrachtgever, doorgaans de wegbeheerder, geeft opdracht voor het leveren en plaatsen van geleiderail. De opdracht kan door Van Doorn ook in onderaanneming worden aangenomen. De specificaties voor de geleiderail en de locatie en voorwaarden voor plaatsing zijn vooraf door de opdrachtgever aangegeven.

4.1.2 Van Doorn

Van Doorn, vertaalt deze opdracht naar bestelling voor de resp. leveranciers, de planning van de plaatsing en het plaatsen en onderhouden van de geleiderails. Alsmede ook het vervangen van geleiderails na eventuele calamiteiten. Het werk van Van Doorn binnen verkeersgeleiding wordt in een separate ketenanalyse belicht (ketenanalyse Verkeersgeleiding, augustus 2015).

4.1.3 Steel Constructions

Steel Constructions, gevestigd in Geldermalsen, is voor Leeuwenstein de leverancier op het gebied van geleiderail en verkeersvoorzieningen. Steel levert tevens logistieke middelen en steiger materiaal. Zij produceren en leveren zowel vanuit eigen voorraad, als op bestelling. In de onderzochte keten zorgt Steel Constructions voor de productie en levering van de geleiderails en de palen.

4.1.4 Staalleverancier Arcelor Mittal

Steel Constructions betreft het staal bij twee leveranciers: Franko Geldermalsen bij Arcelor Mittal Staalhandel BV te Born of haalt deze zelf bij Lichtgitter GmbH te Stadtlohn, Duitsland. Het staal dat in het kader van deze ketenanalyse voor de geleiderail wordt gebruikt, is afkomstig van Arcelor Mittal. Arcelor Mittal wint de grondstoffen, het ijzererts, de steenkool en het kalksteen in op verschillende plaatsen in de wereld en zet deze om in stalen rollen. Op bestelling van Steel Constructions worden de staalrollen door Arcelor Mittal afgeleverd op de vestiging in Geldermalsen.

4.1.5 Verzinkerij Rotocoat

Voor het verzinken van de geleiderailmaterialen, waaronder de palen en de planken, zoals geleiderail in vakjargon wordt genoemd, wordt door Steel Constructions gebruik gemaakt van de diensten van de Rotocoat vestiging te Kampen. Steel Constructions verzorgt zelf de aan- en afvoer van de producten.

4.1.6 Transport en montage

Van Doorn plant en verzorgt transport naar en montage op locatie, volgens vooraf gegeven specificaties. Voor wat betreft de montage en plaatsing van geleiderail zijn ook verkeersgeleiding maatregelen vereist. De wijze van werken met verkeersgeleiding is in de ketenanalyse Verkeersgeleiding uitgewerkt. Maatregelen, die in het kader van de analyse Verkeersgeleiding worden benoemd, passen ook in het kader van de plaatsing van geleiderail.

4.1.7 Hergebruik of recycling

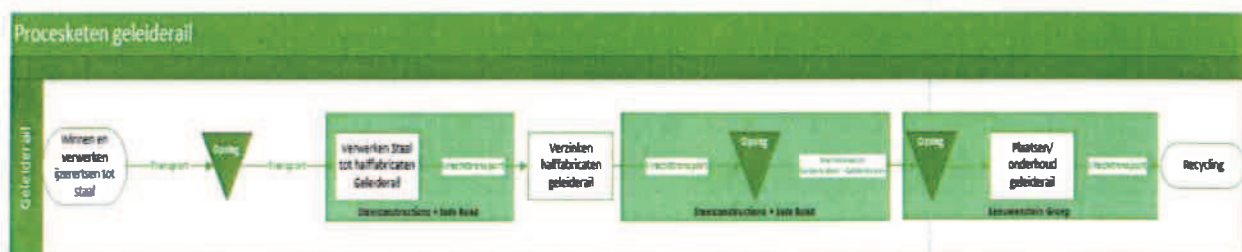
Vanuit het perspectief van de ladder van Lansink wordt er eerst gekeken naar preventie en als dit niet mogelijk is vervolgens naar hergebruik en dan naar recycling. (Lansink, 1974) Indien geleiderail uit het verkeer moet worden genomen, ligt de reden meestal bij de leeftijd van het materiaal. Afhankelijk van de leeftijd en staat van het materiaal blijkt geleiderail in uitzonderlijke gevallen te kunnen worden gedemonteerd ten behoeve van hergebruik en komt deze, na verwijdering, in opslag bij Van Doorn. Daarna kan het worden gebruikt, bij voorbeeld bij herstelwerkzaamheden na een calamiteit. (Rijkswaterstaat, 2013) In het geval dat geleiderail niet meer hergebruikt kan worden, wordt de geleiderail door een daarin gespecialiseerd bedrijf opgeknipt en opgevouwen en met de uit de grond getrokken palen afgevoerd naar een staal-recycling bedrijf.

1. preventie
2. hergebruik
3. recyclen
4. verbranden
5. storten



4.2 Procesbeschrijving

In deze paragraaf wordt het proces nader in detail beschreven aan de hand van onderstaand schematisch overzicht.



Onderstaand worden de verschillende stappen binnen in het proces uitgewerkt en uitgelegd.

4.2.1 Winnen en verwerken ijzerertsen tot staal

Gewonnen ijzerertsen worden aangevoerd naar Arcelor Mittal en bewerkt tot staal. Voor het staal wordt gebruik gemaakt van staalsoort S235, Staal 37. Vervolgens wordt het staal, in rollen van 645 meter, 25 ton per rol, gereed gemaakt en in drie rollen per vracht vervoerd naar Steel Constructions te Geldermalsen en daar opgeslagen voor de verwerking tot de geleiderail. De palen worden in lengtes van 12 meter en in bundels van 37 palen getransporteerd en afgeleverd. Het betreft de zelfde staalsoort, S235, staal 37. Per vrachtwagen kunnen zes bundels van 37 palen worden vervoerd.

4.2.2 Verwerken rollen en palen tot halffabricaten geleiderail

Bij Steel Constructions worden de rollen met een vorkheftruck naar de productiemachine vervoerd. Bij de machine worden de rollen door middel van een kraan in de machine gehangen. Vervolgens worden deze rollen als het ware afgerold en door een geautomatiseerde machine omgevormd tot geleiderail. Op standaard afstanden worden de gaten voor de latere bevestigingen gestanst en vervolgens op lengte geknipt. In een tijdsbestek van anderhalf uur worden zo per rol van 650 meter 150 lengtes, zogenaamde A1 planken, geproduceerd. Vanaf dat moment zijn deze onbewerkte planken, zoals deze in vakjargon genoemd worden, gereed voor verzinking. De planken worden per rek van 50 stuks gebundeld voor transport en opslag. Steel Constructions verzorgt zelf het transport naar de verzinkerij van Rotocoat te Kampen. Per transport kunnen 16 rekken worden vervoerd. De bundels palen worden met 7 zaagsneden verwerkt tot 7 maal 37 palen van 1,6110 meter en 13,1 kg per paal. Vervolgens worden de palen in de "palenmachine" aan de boven en onderkant geplet en voor de montage van gaten voorzien.

Steel Constructions is geheel verantwoordelijk voor de planning van het transport binnen deze stap in de keten en streeft naar volle ladingen. Om zo efficiënt mogelijk te werken neemt Steel Constructions direct verzinkte onderdelen mee terug. Nadat de verzinkte producten zijn teruggekomen van de verzinkerij, zijn deze gereed voor de verkoop en kunnen op afroep vervoerd en geleverd worden aan de Leeuwenstein Groep.

4.2.3 Verzinken halffabricaten geleiderail

De onderdelen van de geleiderail worden voor het verzinken bij de verzinkerij van Rotocoat in Kampen afgeleverd door Steel Constructions. Vervolgens worden de te verzinken onderdelen opgehangen aan een ketting, waarmee ze in het verzinkbad kunnen worden gedompeld. De onderdelen komen als thermisch verzinkte staalproducten uit het proces. Thermisch verzinken van staal gaat de volgende stappen door:

- het ontvetten in alkali;
- beitsen, spoelen, fluxen (d.m.v. ammonium chloride);
- spoelen, drogen;
- zinkbad met vloeibaar zink van 450 °C. De zinklaag die zo op het materiaal wordt aangebracht, legeert met het staal (zinklegering) waardoor er een onverbreekelijke laag ontstaat.

(Wooley, 2008)



Basisproces discontinu thermisch verzinken

4.2.4 Opslag Steel Constructions

Na het verzinken worden de onderdelen, al dan niet na tussenopslag, terug vervoerd naar Steel Constructions resp. Van Doorn. Vanuit de locatie van Steel Constructions wordt Van Doorn aangeleverd. Voor deze logistiek streeft Steel Constructions naar efficiënte logistiek en volle ladingen.

4.2.5 Opslag Leeuwenstein

Nadat de verzinkte delen geleiderail zijn besteld komen deze binnen op de opslagplaats van Van Doorn te Geldermalsen. Hier vindt tussenopslag plaats. Er is altijd een voorraad beschikbaar van enkele honderden meters geleiderail, om snel te kunnen reageren, bijvoorbeeld om in verband met een ongeval per direct een gedeelte geleiderail te kunnen vervangen. Afhankelijk van de geplande uitvoering van opdrachten worden door Van Doorn de bestellingen bij Steel Constructions geplaatst.

4.2.6 Plaatsen/onderhoud geleiderail door Van Doorn

De benodigde planken en onderdelen voor de te plaatsen lengte worden door Van Doorn in Geldermalsen geladen voor transport naar de locatie. Daar worden deze met een auto met laadkraan gelost over de lengte waar de geleiderail wordt gemonteerd. Nadat alle onderdelen zijn uitgezet bepalen de richters de plaats waar de palen moet worden geslagen. De positie daarvan wordt bepaald door de gaten in de gereed gelegde geleiderail. Deze geleiderail wordt nauwkeurig neergelegd, daar deze dient als rail voor de hei-installatie, waarmee de palen worden geslagen. Dit zorgt ervoor dat de palen over het tracé volledig parallel aan het wegdek worden geslagen en de geleiderail zodanig wordt gemonteerd, dat er geen afwijkingen naar rechts en links ontstaan.



Hei-installatie geplaatst op de geleidrail



Hei-installatie die een paal de grond in slaat.

De palen worden in de grond geslagen door een kleine heinstallatie. Hierop worden de opzetstukken, de diagonaalstukken en de planken gemonteerd. In de bochten worden extra opzetstukken gemonteerd, als veiligheidsmaatregel voor voertuigen die van de weg raken. De afstand tussen elke paal van de geleiderail is vooraf gepland en wordt bepaald door de gaten in de planken.



Diagonaal- en opzetstukken op paal gemonteerd

4.2.7 Hergebruik en recycling

Hergebruik heeft in het kader van de circulariteit van processen voorkeur vóór recycling (Lansink, 1974) In geval van hergebruik worden bij vervangen/verwijdering van de geleiderail alle onderdelen op dezelfde wijze gedemonteerd als zij zijn gemonteerd. Deze worden vervolgens met de laadkraan opgeladen en retour naar de vestiging van Van Doorn in Geldermalsen gebracht.

Indien de geleiderail is afgeschreven, wordt deze verwijderd door deze in stukken te snijden en de palen uit de grond te trekken. Het verwijderde deel wordt opgevouwen en voor transport zo klein en plat mogelijk gemaakt en vervolgens naar een oud ijzer handelsbedrijf gebracht. Hier ondergaat het restproduct een recyclingproces zodat het materiaal weer opnieuw gebruikt kan worden.

5 Emissies in de keten

In dit hoofdstuk worden, per fase van het proces, de CO₂-emissies bepaald en geanalyseerd in aansluiting op de in het vorige hoofdstuk beschreven keten. In de keten vinden energieprestaties plaats, door winning van grondstoffen, productie, handling of transport. Deze prestaties zijn gekwantificeerd naar CO₂ emissies. Aan de hand van de analyse van de vastgestelde emissies per schakel kan de CO₂ uitstoot over de gehele keten worden berekend. Zo kan ook de totale CO₂ uitstoot worden vastgesteld over gehele keten van het door Leeuwenstein gebruikte geleiderail en vertaald naar de gemiddelde CO₂ emissies per meter geleiderail. Door de betrokken leverancier, Steel Constructions, worden naast geleiderail ook palen geleverd. De onderstaande analyse gaat van deze twee producten uit.

Als basis om de keten uit te werken is er voor gekozen de productie en de plaatsing van 10 km geleiderail onder de loep te nemen. Op deze wijze kan worden afgeleid wat, vanuit de gehele keten, de CO₂ emissies van geleiderail zijn per lengte eenheid van ijzererts tot recycling. Voor het bepalen van de CO₂ emissies is uitgegaan van de opgaven van de resp. ketenpartners of van de informatie, zoals opgenomen in www.co2emissiefactoren.nl.

5.1 CO₂-uitstoot per schakel in de keten

5.1.1 Schakel 1: Levering stalen voorproducten

Het staal dat in de geleiderail wordt gebruikt komt van Arcelor Mittal uit Born (L). Arcelor Mittal wint de grondstoffen op verschillende plaatsen in de wereld. Deze grondstoffen worden binnen verschillende fabrieken in de wereld omgezet tot staal. Aangezien er binnen Europa beter wordt gekeken naar Energieprestaties en CO₂-emissies is de CO₂ footprint van 1 ton staal iets lager ten opzichte van de gemiddelde uitstoot wereldwijd. Arcelor Mittal geeft aan dat wereldwijd de uitstoot per ton 'nieuw staal' gemiddeld op 2,0- 2,1 ton CO₂ ligt ten opzichte van 1,7-1,8 ton CO₂ in Europa. Daarnaast geeft Arcelor Mittal aan dat er voor lange producten zoals balken en stafstaal het staal uit ongeveer 70% gerecycled staal (schroot) bestaat en dit een CO₂ uitstoot per ton staal oplevert die 25% van de Europese uitstoot is. (Buys, Nico (Arcelor Mital Staalhandel B.V), 2015).

5.1.1.1 CO₂ uitstoot van grondstof tot staalproduct.

Staal bestaat uit verschillende grondstoffen, die eerst gewonnen worden in verschillende delen in de wereld. Op dit moment is door Arcelor Mittal de CO₂ uitstoot opgegeven van grondstof tot productie. Voor de productie van staal zijn drie verschillende grondstoffen nodig, namelijk ijzererts, steenkool en kalksteen. Deze grondstoffen zijn afkomstig van verschillende mijnen binnen en buiten Europa. Voor elke kilo 'nieuw' staal is 1,4 kilo ijzererts, 0,8 kilo steenkool en 0,3 kilo kalksteen nodig. (Worldsteel Association, 2015). Gebaseerd op de hoeveelheid staal die er geproduceerd moet worden voor 10 kilometer geleiderail (837.771 kg), betekent dit dat de volgende grondstoffen benodigd zijn:

| Staalproductie | Gewicht in kg | |
|--------------------------|----------------|-----------|
| IJzererts | 1.111.364 | kg |
| Steenkool | 635.065 | kg |
| Kalksteen | 238.149 | kg |
| Eindproduct staal | 837.771 | kg |

Op dit moment is door Arcelor Mittal nog geen onderscheid gemaakt van waar deze producten precies vandaan komen en hoe deze vervoerd worden richting Arcelor Mittal in Born. Voor de analyse is daarom uitgegaan van de Europese uitstoot van gemiddeld 1,75 ton CO₂ per ton, inclusief winning, vortransport naar en productie bij Arcelor Mittal in Born (Buys, Nico (Arcelor Mital Staalhandel B.V), 2015).

Voor geleiderail zijn palen en rollen staal nodig. Arcelor Mittal geeft aan dat de rollen staal en de palen allebei van 'nieuw staal' wordt gemaakt. Voor 10 kilometer geleiderail zijn 31 rollen staal nodig van 25.000 kg per rol. Dit betekent dat er voor de rollen staal 775.000 'nieuw' staal nodig is. Daarnaast is er 62.771 kg staal nodig voor de palen.

Zie bijlage 10.1.1 voor de berekening van de hoeveelheid staal die er nodig is om de palen te produceren.

5.1.1.2 Transport en handling levering aan Steel Constructions

De geproduceerde rollen en palen van staal worden vanuit Arcelor Mittal in Born vervoerd naar Steel Constructions in Geldermalsen. Dit betekent een transport van 31 staalrollen en 664 palen van 12 meter (4.651 palen/7) naar Steel Constructions. De 31 staalrollen worden per 3 rollen op 1 truck vervoerd. Dit betekent dat er 10,3 oftewel 11 ritten nodig zijn. Voor de handling geldt, dat een heftruck maximaal 1 rol per keer kan tillen en vervoeren.

De palen worden aangeleverd in bundels van 37 stuks van 12 meter lange palen. Dit betekent dat er in totaal 18 bundels moeten worden vervoerd. Per rit kunnen 6 bundels van 37 twaalf-meter palen worden vervoerd. Dit houdt in dat er in totaal 3 ritten voor nodig zijn om alle palen te vervoeren.

In bijlage 10.1.2 is de berekening van de hoeveelheid staal die er nodig is om de palen te produceren in detail uitgewerkt.

Voordat Steel Constructions met de productie van de geleiderail start is er al sprake van de volgende "embedded " CO2 emissie:

| Staalproductie en transport | Ton CO2 |
|-----------------------------|--------------|
| Staalproductie | 1.466 |
| Natransport | 2 |
| Totaal | 1.468 |

5.1.1.3 Schakel 2: Productie geleiderail en palen

Na opslag bij Steel-Constructions ondergaat het voorproduct staal verschillende vervolgstappen om tot een onverzinkte geleiderail te worden gevormd. Vanuit de opslag gaan de rollen met een heftruck richting walsmachine, waar deze d.m.v. een kraan op de machine wordt geplaatst. De machine walst, stanst en snijdt de rollen op lengte. Per 50 lengtes worden deze in een rek geplaatst. Deze rekken worden vervolgens gebruikt voor opslag en transport naar de verzinkerij. De aanname van Steel-Constructions is dat de machine voor het walsen van de staalrollen 3.000 kW per uur gebruikt en voor de handelingen per staalrol ongeveer 7 minuten. De verschillende stappen bij elkaar levert een uitstoot van CO2 uitstoot van 75,4 ton CO2 op wat neerkomt op ongeveer 7,5 kg CO2 per geproduceerde meter plank.

Per bundel worden de palen aangeleverd en bij de machine gezet. De aanname van Steel Constructions is dat de machine, die gebruikt wordt om de palen te snijden, pletten en er gaten in te boren, ongeveer 1.000 kW per uur verbruikt. Er zijn 664 12- meter palen die door de machine worden gehaald waarna er in totaal 4.651 uitkomen. De aanname is dat er per paal ongeveer 5 minuten nodig is. Dit betekent dat er 55,3 uur nodig is om de palen gereed te krijgen. Dit betekent dus dat er in totaal 55,3 uur × 1.000 kW= 55.300 kWh nodig is. Het resultaat is in totaal 29,1 ton aan CO2 op. In bijlage 10.2 is de calculatie uitgewerkt voor de processtap productie Steel Constructions.

| Productie geleiderail en transport | Rail | Palen | Ton CO2 |
|------------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Productie | 75,4 | 29,7 | 105,1 |
| Handling | incl. | incl. | incl. |
| Totaal | 75,4 | 29,7 | 105,1 |

5.1.2 Schakel 3: Verzinken door Rotocoat.

Steel-Constructions verzorgt het transport van de verschillende halffabricaten naar de verzinkerij van Rotocoat in Kampen. Per truck kunnen 16 rekken geleiderail, waardoor er drie trips nodig zijn. Bij Rotocoat worden de halffabricaten verzinkt door middel van thermische verzinking. Voor het thermisch verzinken van staal in een zinkbad van 450 graden Celsius wordt veel gas verbruikt. Rotocoat heeft aangegeven dat per ton staal 35,2 m³ gas wordt gebruikt. Op basis van de 775 ton staal betekent dit dat er in totaal 27.280 m³. Dit levert 50 ton aan CO₂ op. Daarnaast is er een aanname dat over het gehele proces 500 kWh per verzinking wordt verbruikt. Rotocoat geeft aan dat ze 80 geleiderails per keer in een verzinkingsbad onderdompelen. Dit betekent dat Rotocoat 30 keer dit proces moet volmaken voordat alle 2.326 planken zijn verzinkt. Er is aangenomen dat binnen het gehele proces 1,5 uur aan elektriciteit nodig is voor 80 lengtes en dit komt neer op 22.500 kWh. Dit is vooral toe te wijzen aan het optillen en laten zinken van de planken en platen. Nadat het staal is geïnspecteerd zal het per truck naar de tussenopslag worden vervoerd. De handlings die binnen Rotocoat worden gedaan worden met elektrische trucks gedaan en aangenomen is dat deze een verbruik hebben van 4,5 kWh (Jungheinrich, 2015). Uiteindelijk zal het voor- en natransport nog voor 0,9 ton CO₂ bijdragen aan de totale uitstoot voor de palen.

Aangenomen is dat in de verzinkerij de palen in de zelfde hoeveelheid staal (62.770 kg) als de bundels worden verzinkt. Dit betekent dus dat er 37 (12-meter palen) × 7 palen = 259 palen tegelijk verzinkt worden en dat deze in 3 setjes van 259 palen worden vervoerd. Voor het verzinken van de 62,8 ton aan palen is dus 2.210 m³ aan gas nodig en wordt er 4,0 ton CO₂ uitgestoten. Daarnaast is er voor het verzinkingsproces 4.500 kWh verbruikt gebaseerd op 9 draaiuren van 500 kWh wat neerkomt op 3,2 ton CO₂.

| Verzinken | Rail | Palen | Totaal |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| Verzinken | Ton CO ₂ | Ton CO ₂ | Ton CO ₂ |
| Verzinkproces gas | 49,9 | 4,0 | 53,0 |
| Verzinkproces elektriciteit (incl. handling) | 22,4 | 3,2 | 25,6 |
| Subtotaal | 72,3 | 7,2 | 79,5 |
| Voor – en natransport | 0,9 | 1,5 | 2,4 |
| Totaal | 73,2 | 11,8 | 85,0 |

De calculatie voor Schakel 3 is verder uitgewerkt in bijlage 10.3.

5.1.3 Schakel 4: Ontvangst, opslag en plaatsen geleiderail door Van Doorn

Vanuit de opslag bij Steel-Constructions gaan de stukken geleiderails en palen naar Van Doorn, waar deze worden opgeslagen. Wanneer geleiderails van –bijvoorbeeld- 10km geplaatst moet worden zal door Van Doorn 1 kraan, 1 bestelbus met arbeiders en 3 trucks met geleiderails worden ingezet. Het aantal trucks is gebaseerd op het vervoeren van geleiderails naar het betrokken weggedeelte in de al eerder aangegeven rekken. De plaatsing van de geleiderail is verantwoordelijk voor het grootste gedeelte van de uitstoot binnen deze schakel. Er is uitgegaan van een kwartier per plaatsing van 1 lengte geleiderail. De kraan moet 2.326 lengtes plaatsen dit komt dus neer op 581 uur. Met een verbruik van de opgegeven 10 liter per uur betekent dit dat er voor de plaatsing door de kraan 5.814 liter wordt verbruikt en er dus 18,25 ton CO₂ wordt uitgestoten. Dit is het grootste gedeelte van de in totaal 22 ton CO₂ die wordt uitgestoten. Voor het plaatsen is er uitgegaan van een transport over een afstand van 100 kilometer.

Naast de geleiderails zullen ook de palen nog vervoerd moeten worden. Er is vanuit gegaan dat de palen in dezelfde hoeveelheden worden gehandeld als in de vorige schakel, namelijk 259 palen en dat het vervoer 776 palen bedraagt. Dit levert in totaal 1,4 ton CO₂ op. Daarnaast zal er tijdens de plaatsing van de palen ook gebruikt moeten worden van de kraan en dit is gebaseerd op 3 minuten per paal. Dit levert in totaal 232,5 uur op en met

een verbruik van 10 liter per uur zal dit 2.325 liter diesel opleveren. Dit betekent een uitstoot van 7,3 Ton CO₂. De gehele calculatie van de plaatsing door Van Doorn is te vinden in bijlage 10.4

| Ontvangst t/m plaatsing | Rail | Palen | Ton CO ₂ |
|---------------------------------------|------|-------|---------------------|
| Transport en overige handlings | 4,1 | 1,4 | 5,5 |
| Plaatsing kraan | 18,3 | 7,3 | 25,6 |
| Totaal | | | 31,1 |

5.1.4 Schakel 5: Recycling en Scrapping

Nadat geleiderail verwijderd wordt komen de oude geleiderails terug. Deze oude geleiderails zullen of worden hergebruikt (na behandeling) of worden gerecycled of gescrapt. In deze studie wordt aangenomen, dat ongeveer 50% van de vervangen geleiderails zal worden gerecycled. Dit komt neer op $2.326 \times 50\% = 1.163$ lengtes. De geleiderails die worden gerecycled worden in de verschillende rekken vervoerd. Dit komt neer dat er 24 rekken nodig zijn om de 1.163 lengtes te voeren. Als er 16 rekken in 1 truck kunnen dan betekent dit dat er voor de recycling van 10 km geleiderails ook twee trucks nodig zijn voor de afvoer naar de ijzerhandelaar. Aangenomen is dat het recycling bedrijf binnen een straal van 50 kilometer van Van Doorn zit. Voor de CO₂ emissies, verbonden aan het recycling proces, wordt uitgegaan dat deze worden gezien als eerste stap in het volgende proces. Het proces van verwijderen ten behoeve van recycling komt neer op 77 ton CO₂. Indien wordt hergebruikt vallen de snij- en vouw activiteiten en gerelateerde emissies voor de betreffende lengte weg, maar is er extra demontage tijd benodigd.

Tijdens het plaatsen van de geleiderail worden niet alle oude geleiderails in zijn geheel mee teruggenomen. In sommige gevallen is een geleiderail zo slecht als komt er een gespecialiseerd bedrijf die de geleiderail opknijpt en opgevouwen en met de uit de grond getrokken palen afgevoerd naar een staal-recycling bedrijf. Er is aangenomen dat van de geleiderails 5% niet meer bruikbaar is en dat het snijden en vouwen per lengte ongeveer 15 minuten in beslag neemt en dat het materieel dat hier voor verantwoordelijk is 10 liter per uur verbruikt. Kortom, 116 lengtes (5% van 2.326) zullen worden gesneden en gevouwen wat neer komt op 29,25 uur en 259 liter. Uiteindelijk betekent dit 0,9 ton CO₂ voor het snijden en vouwen.

| Verwijdering | Ton CO ₂ |
|--------------------------------|---------------------|
| Natransport en scrappen | 77 |
| Snijden en vouwen | 1 |
| Totaal | 78 |

5.2 Totale CO₂ emissies

Samengevat leiden de genoemde stappen in de keten tot onderstaand totaaloverzicht van per schakel veroorzaakte CO₂ emissies.

| Schakels in Keten | Ton CO ₂ | % van Totaal |
|---|---------------------|--------------|
| Schakel 1 ArcelorMittal | 1.468 | 83% |
| Schakel 2 Steel Constructions | 105 | 6% |
| Schakel 3 Rotocoat | 85 | 5% |
| Schakel 4 Leeuwenstein/Van Doorn | 31 | 2% |
| Schakel 5 Recycling | 78 | 4% |
| Totaal | 1.767 | 100% |

Binnen de gehele keten blijkt het aandeel van Van Doorn, voor de veroorzaakte CO2 emissies zeer klein. Deze is echter van belang voor het verkrijgen van het totaaloverzicht. De leverancier van het voorproduct is als eerste schakel al verantwoordelijk voor 83% van de totale CO2 uitstoot. Als initiatiefnemer van deze ketenanalyse zal van Doorn met een dergelijk geringe eigen bijdrage toch het initiatief kunnen nemen tot forse – upstream- reducties van CO2.

| Activiteiten | Ton CO2 | Percentage |
|--|--------------|-------------|
| Voortransport en staalproductie | 1.468 | 83% |
| Overige uitstoot | 299 | 17% |
| Totaal | 1.767 | 100% |

Binnen de keten geleiderail is Van Doorn met 2% een kleine speler. Uit de materialiteitsanalyse van Van Doorn blijkt het geleiderail één van de grootste CO2 factoren. De uitdaging voor emissiereductie ligt upstream. Door keuze van partners en vastleggen van voorwaarden kan Van Doorn tot een bepaalde hoogte invloed uitoefenen op de reductie van CO2 emissies. Zoals uit een onderzoek van Schaik, Hest, Richter en Wolthers (2014) blijkt, dat er door het samenwerken binnen de geleiderail keten veel winst gehaald kan worden. Door met de partners vanuit ketenperspectief op reducties aan te dringen kan geleiderails op een duurzamere manier worden geproduceerd. Daarbij moet gedacht worden aan ander materiaal en het verzinkt aanleveren van staal.

De eerste schakels van de keten leveren de grootste bijdrage aan CO₂ uitstoot. De grootste reductie in de keten zal dan ook te behalen zijn, door op een slimme manier samen te werken met de ketenpartners aan het begin van de keten.

Bij volgende stappen kan Van Doorn ook gebruik maken van de resultaten van het eerdergenoemde onderzoek van Schaik, Hest, Richter en Wolthers (2014). Uit dat onderzoek komt onderstaand staatje, waarin blijkt dat binnen alle schakels extra winst te halen is en dat dit alleen te behalen is door goed samen te werken.

| Voordeel door duurzame geleiderails | |
|--|---|
| Arcelor Mittal | Schoon schroot |
| Steel Constructions | Tweede handelsstroom |
| Rotocoat | Extra bijdrage aan duurzaam ondernemen. |
| Van Doorn | Duurzame geleiderail die concurrerend kan worden aangeboden |
| Recyclingbedrijf | Grote stroom aan herbruikbaar materiaal |

6 Analyse en aanbevelingen

In dit hoofdstuk volgt eerst een analyse van de aangetroffen stand van zaken. Vervolgens wordt een beschrijving gegeven van alle denkbare maatregelen. Het betreft een totaal overzicht van maatregelen, het proces volgend en van quick-wins tot lange termijn maatregelen. Daarbij wordt nog geen gewicht of prioriteit aan die maatregelen toegekend.

6.1 Analyse

Uit de analyse van de keten blijkt, dat het grootste aandeel van de CO₂ emissies wordt veroorzaakt in de eerste drie schakels: het proces tot en met de productie van het staal. Daar zullen dus ook de grootste reducties gerealiseerd moeten kunnen worden. Daarom zullen in eerste instantie binnen deze schakels de besparingsmogelijkheden nader moeten worden onderzocht. Als downstream schakel zal Van Doorn daar, vanuit een zeer bescheiden positie, alleen invloed kunnen doen gelden, als de krachten gebundeld worden, met name met de opdrachtgever. Een thema, dat op de agenda van de volgende bespreking met de opdrachtgever zal moeten staan. De opdrachtgever bepaalt immers de specificaties waar geleiderail aan moet voldoen en daarmee de keuze van grondstof en voorproduct.

6.1.1 Beschikbare informatie, onderzoeken, testinformatie

Zoals het onderzoek van Schaik, Hest, Richter en Wolthers (2014) zullen de afgelopen jaren meer onderzoeken zijn uitgevoerd naar efficiency en reductie mogelijkheden. Zo zijn er uitgebreide tests gedaan, met de actuele specificaties van de geleiderail als resultaat. Zo bleek tijdens de inventarisatieronde ook, dat elders in Nederland door RWS proeven worden gedaan met de inzet van lichtere palen. Zo lopen er ook LCA onderzoeken naar het gebruik van een reno-rail (geleiderail uit gerenoveerd materiaal).

6.1.2 Specificaties, criteria, voorwaarden en richtlijnen

De nu voorliggende analyse kan op eerdere onderzoeken een goede aanvulling vormen. Naast de doelstelling van CO₂ emissiereductie zijn er binnen de keten en het toepassingsgebied een groot aantal criteria, richtlijnen en voorschriften van toepassing bij de productie en plaatsing en zeker bij de toepassing van geleiderail. Deze hebben te maken met kosten, kwaliteit, Arbo en veiligheid. Bij vervolgstappen zullen deze integraal tegen elkaar afgewogen moeten worden. Dat vereist, dat deze allen bekend moeten zijn en "gewicht" moeten krijgen, om mede beoordeeld te kunnen worden.

6.1.3 Bewustwording en inzicht

Bij de uitvoering van dit onderzoek blijkt, dat er veel data beschikbaar zijn. Maar het gezegde data-rich and information poor gaat binnen de keten van geleiderail op. Het ontbreekt aan een totaal overzicht en daarmee aan een goede basis voor integrale afwegingen. Op diverse trajecten worden initiatieven genomen. Vastgesteld kan echter worden, dat geen van de schakels in de keten integraal inzicht heeft in de eigen positie ten aanzien van de CO₂ emissies en al helemaal niet in de eigen positie in de gehele keten. Er zijn en zullen in het kader van verbeteringen in het ontwikkeltraject trade-offs gemaakt moeten worden. Om sub-optimalisaties te voorkomen is dat alleen mogelijk vanuit een goed totaal overzicht.

Naast efficiency van de eigen operatie klinkt in de geleiderail-keten, met name bij de uitvoerders in de praktijk, ook de wens door naar een betere afstemming met de opdrachtgever en wegbeheerder. In de operatie van plaatsing en verwijdering kunnen daardoor namelijk extra transporten en inefficiënte (werk)tijden voorkomen worden. Een thema, dat in de ketenanalyse Verkeersgeleiding ook uitgebreid aan de orde komt.

6.1.4 Krachtenbundeling en regievoering

De informatie van eerdere onderzoeken en de ervaring vanuit de tests in het verleden zullen moeten worden gebundeld en betrokken in volgend onderzoek. Daartoe kan Van Doorn, mede op basis van de nu voorliggende resultaten, initiatief nemen.

Vanwege het belang van de eerdergenoemde criteria zoals in het kader van Arbo en veiligheid en omdat er nog onvoldoende inzicht is in de balans van kosten en baten per schakel en overall, kan nu nog geen voldoende gewicht worden gegeven aan de denkbare (lange termijn) maatregelen. In het volgende hoofdstuk zal daarop worden teruggekomen.

6.2 Mogelijke maatregelen

Onderstaand volgen mogelijke maatregelen voor het bereiken van reducties. Het betreft quick-wins, die de betrokken schakels al direct zelf kunnen nemen. Daarnaast worden de lange termijn maatregelen genoemd. Daarvoor zullen vooral met de ketenpartners in afstemming met elkaar de noodzakelijke trade-offs moeten worden gemaakt.

Een juiste kosten baten afweging zal gewicht en prioriteit aan de resp. maatregelen moeten geven. De quick-wins kunnen doorgaans door de betrokken ketenpartner zelfstandig en direct worden uitgevoerd. Voor de lange termijn maatregelen is de afstemming met ketenpartners essentieel om sub-optimalisaties te voorkomen.

6.2.1 Keten initiatief

Uit de analyse van de schakels in de keten blijkt vooral dat voor een optimale en integrale aanpak gericht op CO2 reductie van geleiderail alle schakels, inclusief vertegenwoordigers van de opdrachtgever/wegbeheerder, de krachten zullen moeten bundelen. In verband met de zware criteria en richtlijnen vooraf voor het product, is de opdrachtgever daarbij een erg belangrijke schakel. Om een dergelijk initiatief vervolgens succesvol te laten zijn, zal over een dergelijk proces met voldoende autoriteit en draagvlak regie moeten worden gevoerd. Van Doorn kan daarin een initiatief nemen, maar de regie zal vooral commitment moeten hebben van de opdrachtgever die, om te beginnen, de productcriteria voorschrijft.

6.2.2 Overall

Bij de Quick wins is vooral te denken aan algemene verbeteringen binnen de verschillende bedrijven in de keten:

- Inzet van groene stroom
- Inzet elektrische vervoermiddelen (e.g. vervoer van wegwerkers)
- Inzet van biodiesel, waar (logistiek) mogelijk
- Overgang naar elektrische heftrucks
- Proces efficiency verbeteringen

Langere termijn reducties:

Het is voor lange termijn reducties een basisvoorwaarde om vooraf te komen tot een integrale, door alle ketenpartners gedragen beschrijving van de geleiderail keten. Inclusief de registratie van de relevante performance indicatoren en criteria per schakel. Dat is de enige manier om overall verbeteringen te kunnen afwegen en sub-optimalisaties te onderkennen en voorkomen. Overall kan in afstemming met de ketenpartners nader onderzoek naar de volgende alternatieven worden overwogen voor het bereiken van substantiële reducties in het hele "geleiderail" proces:

- Inzet van dunner staal;
- Minder virgin materiaal als grondstof voor staal;
- Alternatieven voor staal, zoals bijvoorbeeld kunststoffen;
- Aanleveren van voorverzinkt staal, waardoor schakel 3 wordt uitgeschakeld;
- Integreeren van productie van de producten en verzinken op één locatie.

Als we naar de resp. schakels kijken gelden bovendien de volgende overwegingen, die voor een gestructureerde aanpak nader in kaart gebracht en afgewogen moeten worden:

6.2.3 Schakel 1: IJzererts en staalproductie

- Nader onderzoek naar de herkomst van grondstoffen en het gerelateerde transport;
- Nader onderzoek naar uitstoot per processtap binnen het produceren van staal;
- Reductiemogelijkheden door te werken met dunner staal en andere samenstelling van staal.

6.2.4 Schakel 2: Productie geleiderail

- Nader onderzoek naar mogelijke reducties per productie geleiderail processtap, waarbij bij Steel-Constructions elke minuut winst 26 kg CO₂ reductie oplevert:
 - o Walsen
 - o Stansen
 - o Op maat snijden/zagen
 - o Handling

Als er in elke stap 1 minuut bespaard kan worden zou dat dus $4 \text{ min} \times 26 \text{ kg} = 104 \text{ kg}$ CO₂ besparing opleveren per 10 km.

- Nader onderzoek naar mogelijke reducties per processtap voor de palen, waarbij bij Steel-Constructions elke minuut winst 9 kg CO₂ reductie op:
 - o Snijden
 - o Pletten
 - o Boren
- Gezien het zeer geringe aandeel aan de totale footprint mogen daar geen grote reducties worden verwacht. Maar gedacht kan nog worden aan analyse van:
 - o Transport en handling, waarvoor aannames zijn gedaan. Toch is het aan te bevelen ook voor deze activiteiten een nader onderzoek te doen naar het verbruik van de ingezette middelen: de vorkheftrucks en de vrachtwagens;
 - o Footprint Steel Constructions (de scope 1 emissies voor kantoor en gebouwen): deze zijn niet meegenomen in de cijfers.

6.2.5 Schakel 3: Verzinkingsproces

- Onderzoek naar effectief gasverbruik per uur binnen het verzinkingsproces;
- Onderzoek naar effectief elektriciteitsverbruik per uur binnen het verzinkingsproces;
- Onderzoek naar uitstoot en tijdsduur per processtap binnen het thermisch verzinken bij Rotocoat.

6.2.6 Schakel 4 en 5: Plaatsen en verwijderen

Het plaatsen en verwijderen betreffen activiteiten, die relatief een zeer gering aandeel hebben binnen de totale footprint van geleiderail. Maar evenals dat gold voor de Footprint van Steel Constructions is het aan te bevelen ook voor Van Doorn en het recycling proces de emissies voortdurend te monitoren en te analyseren op mogelijke reducties, waar het gaat om het transporteren plaatsen, monteren, demonteren en verwijderen van geleiderail.

Voor wat betreft de verduurzaming van de verkeersgeleidingsmaatregelen tijdens het plaatsen en verwijderen van geleiderail geeft de ketenanalyse Verkeersgeleiding adviezen. Een interessante parallel van het onderzoek Verkeersgeleiding met het ketenonderzoek geleiderail betreft de invloed van de opdrachtgever. Naast de criteria vooraf en de voorwaarden en richtlijnen waar het materiaal aan moet voldoen bepaalt de wegbeheerder ook de voorwaarden waar de plaatsing en verwijdering en de verkeersgeleiding aan moet voldoen.

7 Reductiedoelstellingen en maatregelen

In dit hoofdstuk wordt een voorzet voor een praktische vertaalslag naar een realistische doelstelling gegeven en naar de als eerste uit te voeren maatregelen. Daarbij gaan we uit van het realiseren van de quick-wins en een werkwijze om met de minste inspanningen als eerste de grootste reducties te kunnen realiseren, terwijl sub-optimalisaties worden voorkomen.

7.1 Reductiedoelstelling

Als doelstelling voor de emissie reducties in de keten van geleiderail heeft Leeuwenstein in principe de zelfde emissie reductie bepaald als de doelstelling, die geldt voor het gehele cluster van leveranciers van diensten en goederen. Daartoe is met een door Leeuwenstein geselecteerde kerngroep van leveranciers een convenant afgesloten: 5% CO₂ reductie in 2021 ten opzichte van 2016. Voor de realisering van deze doelstelling is Leeuwenstein echter voor een zeer belangrijk deel afhankelijk van de opdrachtgever en upstream schakels. Daarom is het de intentie van Leeuwenstein, om met vertegenwoordigers van die schakels een daarop gerichte dialoog aan te gaan.

Voor de keten van geleiderail blijkt, dat het aandeel van Van Doorn aan CO₂ bijdrage slechts 2% van het totaal van de keten is. Leeuwenstein is voor het bereiken van de gestelde reductiedoelstelling afhankelijk van haar upstream ketenpartners. Waarbij de directe beïnvloedingssfeer van Van Doorn tot de verzinkerij gaat. Een doelstelling, die verder gaat dan de 2% die is aangegeven in de meerjarenafspraken energy-efficiency. (Schaik, Hest, Richter, & Wolthers, 2014)

7.2 Maatregelen

7.2.1 Keten initiatief

Van Doorn zal het initiatief nemen voor het opstarten van een keten-initiatief gericht op het starten van een integrale en structurele aanpak van reducties in de keten. Doelstelling daarbij zal in eerste instantie zijn gebaseerd op de overall doelstelling van 5% reducties. Maar de omarming van deze doelstelling zal vooral van de opdrachtgever(s) moeten komen.

Daarnaast valt in de samenwerking met het RWS als opdrachtgever ook winst te bereiken door samen met RWS en de branche te bekijken wat voor verschillende opties er binnen de geleiderail op het gebied van andere materialen zijn. Dit kan naast een reductie in transport door minder gewicht een uiteindelijke duurzame productie op leveren én daarmee een structurele CO₂ emissie reductie.

7.2.2 Productieproces

7.2.2.1 Productspecificaties

Met de bepaling van de productspecificaties bepaalt de opdrachtgever, in de meeste gevallen Rijkswaterstaat (RWS), het voorproces. Daar invloed op uitoefenen kan alleen door met alle ketenpartners de mogelijkheden van reducties door te rekenen en af te zetten tegen de overige met name gebruiks- en toepassingscriteria. Naast efficiency van de eigen operatie klinkt in keten ook altijd weer de wens door naar goede/betere afstemming met de wegbeheerder, waardoor extra transporten en inefficiënte (werk)tijden voorkomen kunnen worden.

7.3 Schakels in het voortbrengingsproces van geleidrail

Door activiteiten in de keten te combineren kan in tijd en energieprestaties worden gewonnen. Dat vergt in de meeste gevallen relatief grote omstellingen en investeringen. Commitment in de keten om deze investeringen te rechtvaardigen is een belangrijke voorwaarde voor de realisering er van. Onderstaand volgen de denkbare maatregelen, die op deze mogelijkheden besproken en doorgerekend zouden kunnen worden.

7.3.1 Verzinkte voorproducten

Verzinkte voorproducten, werken vanuit een verzinkte rol die door middel van continuverzinking is verzinkt. Continu verzinken is het proces waarbij in de staalfabriek een dunne zinklaag wordt aangebracht op dunne staalplaten of stalen strippen. Deze platen of strippen worden vervolgens gebruikt voor producten waarvan het staal na het aanbrengen van de laag nog moet worden gebogen of gevormd. Tenzij elders al onderzocht, is onderzoek daarnaar voor geleiderail zinvol.

7.3.2 Productie geleiderail en palen combineren met verzinkingproces

Door de productie van de voorproducten op de zelfde locatie op te laten volgen met verzonken ontstaat een kortere doorlooptijd, efficiëntere processen en vervalt een tussentransport:

- Dunner materiaal;
- Hoger aandeel gerecycled staal → is er laagwaardiger materiaal mogelijk?
- Opslag en transport rechtstreeks i.p.v. tussen opslag, gelijk van machine op vrachtwagen.

7.3.3 Tussenopslag in de nabijheid van de projecten

Een maatregel, die direct in de praktijk kan worden toegepast is het zodanig plannen van de logistiek, dat het materiaal vanuit de leverancier direct in de nabijheid van de projecten wordt opgeslagen.

7.4 Verzinkingsproces

Met de verzinkerij is nog niet expliciet gesproken over mogelijke besparingsmaatregelen. Op basis van de procesbeschrijving en de verkregen informatie kan binnen het verzinkingsproces zelf nog gedacht worden aan de volgende optimalisaties.

7.4.1 Verwarming verzinkbad

Binnen de verzinkingsindustrie wordt al erg veel gedaan aan het verduurzamen van de keten (Wooley, 2008). Binnen het verzinkingsproces is erg veel energie nodig voor het verwarmen van het zinkbad. Deze energie wordt nu geleverd door aardgas. In sommige landen worden zinkbaden verwarmd met elektriciteit of stookolie. (Wooley, 2008). Voorbeelden van denkbare innovaties zijn:

- verbeterde brander technologie die energie-efficiënter is;
- efficiëntere deksels voor de zinkbaden (tijdens onderhoud of wanneer het bad buiten bedrijf is);
- meer gebruik van afvalwarmte voor het verwarmen van voorbehandelingsbaden of werkruimte of voor levering aan derden;
- computergestuurde verzinkovens voor bereiken van (energie)efficiënties. Rookgassen gebruiken om voorbehandelingstank te verwarmen, om het gereinigde staal te drogen vóór het in het zinkbad wordt gedompeld of om de werkruimte te verwarmen.

7.4.2 Gebruik regenwater in verzinkerij en regeneratie vloeistoffen

- Voor het gebruik van water kan gedacht worden aan het gebruik van regenwater;
- Mogelijkheid tot regeneratie van fluxvloeistof en zuren in het verzinkingsproces (Wooley, 2008)

8 Samenvatting en conclusies

Onderstaand volgt een samenvattend overzicht van de conclusies en te nemen maatregelen als vervolg op deze ketenanalyse. In eerste instantie betreft het maatregelen, die gelden voor de betrokken partijen/schakels in de keten van geleiderail. Een aantal conclusies zijn tevens van toepassing op de overige leveranciers binnen het cluster "leveranciers van producten en diensten" en binnen de sector.

Het onderzoek heeft weinig quick-wins aan het licht gebracht. Voor substantiële reducties lijken er ingrijpende maatregelen nodig. Daarbij kan gedacht worden aan aanpassingen van de product- en grondstofs specificaties en vereenvoudiging van logistiek en voortbrengingsproces.

De maatregelen, waarmee direct resultaat kan worden bereikt betreffen organisatorische maatregelen: bevorderen van de bewustwording en communicatie in de keten en gerichte aanpak van de energieprestaties van ingezet en/of in te zetten materieel.

8.1 Ambitie Leeuwenstein Groep

De Leeuwenstein Groep heeft als ambitie om in 2015 van niveau drie naar niveau 5 te gaan op de CO2 Prestatieladder. Een belangrijke voorwaarde om dat niveau te bereiken is een uitgebreide oriëntatie op de scope drie emissies en de uitvoering van twee ketenanalyses.

8.2 Ketenanalyses

Deze ketenanalyses dienen zich te richten op de belangrijkste clusters in termen van CO2 emissies. Het cluster diensten en producten is voor de Leeuwenstein Groep verreweg het belangrijkste cluster. Na analyse van de clusters is een dienstverlener en een productenleverancier gekozen voor de uitvoering van de ketenanalyses: Verkeersgeleiding en Geleiderail. De voorliggende ketenanalyse richt zich op levering en plaatsing van geleiderail.

8.3 Geleiderail

De keten geleiderail is onderzocht en beschreven. De individuele schakels in de keten zijn geanalyseerd op de activiteiten en resp. energieprestaties. Een opvallend resultaat bij het verzamelen van de gegevens was, dat alle betrokken partijen zonder problemen mee wilden werken aan het onderzoek.

Het denken in termen van duurzaamheid werd erkend en ondersteund door alle betrokken partijen, maar geen van de partijen was er gestructureerd en ketengeoriënteerd mee bezig. De materieel en brandstofleveranciers zijn feitelijk ook belangrijke schakels in de keten van beschreven activiteiten en diensten. Hier wordt dan ook de meeste CO2 uitgestoten. Door de verschillende processtappen binnen het productieproces van staal en de geleiderails nader te bekijken. Een uur besparing in de productie van de geleiderail kan al 1,5 ton CO2 besparing opleveren op 10 km geleiderail. Deze schakels zijn om twee redenen nog niet betrokken in het onderzoek: Het betrekken van deze leveranciers zou voor dit keten onderzoek te ver gaan. De tweede reden is, dat juist voor bedoeld materieel door Leeuwenstein al maatregelen vastgesteld zijn. De resultaten van deze maatregelen zullen te zijner tijd ook met Steel Constructions worden gedeeld, zodat deze waar mogelijk ook door Steel Constructions en de betrokken logistiek dienstverleners kunnen worden toegepast.

De keten van geleiderail is er nu vooral één die focust op producten die van staal zijn gemaakt. Het is belangrijk dat er samen met branchegenoten en het RWS gekeken wordt of er eventueel andersoortige geleiderails gemaakt kan worden wat milieuvriendelijker is om te produceren en ook veel lichter is in het transport.

8.4 Dataverzameling

Voor veel van de activiteiten en de daaraan verbonden energieprestaties konden geen directe gegevens worden geleverd. De meeste gegevens moesten worden berekend aan de hand van verbruiken per uur en afgeleid van de geregistreerde werk- of draaiuren. De gebruiken per uur konden worden vastgesteld op basis van op jaargemiddelden. Daarnaast zijn op onderdelen, waarvoor geen data of informatie voorhanden was aannames gedaan. Waar dat van toepassing is, is dat in de bij dit onderzoek opgestelde rekenschema's aangegeven.

8.5 Bewustwording

In de communicatie door en met RWS wordt in het kader van geleiderail nog geen expliciete aandacht besteed aan een integrale aanpak van de energieprestaties en afgeleide CO2 emissies. In beide richtingen vindt geen communicatie plaats over gewenste resp. veroorzaakte CO2 emissies. Evenmin besteedt Van Doorn als opdrachtgever in haar opdracht aan Steel Constructions expliciet aandacht aan dit gegeven. En evenmin confronteert Steel Constructions Van Doorn met de CO2 emissie consequenties.

De uitvoering van de ketenanalyse heeft er toe geleid, dat alle betrokken schakels in de keten zich nader bewust zijn geworden over de resp. bijdrage aan energieprestaties en gelieerde CO2 emissies, die hun activiteiten tot gevolg hebben. Tijdens het inventariseren van de acties en gelieerde energieprestaties zijn ideeën voor reducties verzameld, meegenomen en verwerkt in deze rapportage.

8.6 Resultaten

Het resultaat van deze analyse levert een basis voor alle schakels om hun aandeel in mogelijke CO2 reductie maatregelen vast te stellen en eventuele reductie maatregelen tegen elkaar af te kunnen wegen. Voor de Leeuwenstein Groep blijkt, dat het grootste aandeel CO2 emissies van de gehele keten geleiderail upstream ligt.

De substantiële emissiereducties zullen dan ook upstream gezocht moeten worden. Deze kunnen direct worden beïnvloed door de opdrachtgever: in eerste instantie met de bepaling van de criteria voor het te leveren materiaal en door de staalproducent door te investeren in energie-efficiëntere productieprocessen. Door de daaropvolgende schakels kunnen ook belangrijke reducties worden bereikt, door vereenvoudiging van de logistiek en integratie van de staalverwerkings/productie- en verzinkingsprocessen.

8.7 Conclusies

Een eerste conclusie van het onderzoek is dan ook, dat de bewustwording en inzichten in de keten bevorderd moeten worden. Een belangrijke maatregel moet dan ook zijn, alle schakels, stakeholders, in de keten te informeren over de resultaten van het onderzoek en met elkaar vast te stellen, op welke wijze het element CO2 emissies in toekomstige afspraken bij opdrachtverlening, planning en uitvoering aan de orde moeten komen. En op welke wijze deze in de evaluaties van de geleverde producten en diensten moeten worden meegenomen. -

Alleen een sterke eenduidige regie van de vervolgaanpak zal tot resultaten leiden. Voor de doorgaans ingrijpende maatregelen zijn immers investeringen noodzakelijk, die alleen op basis van commitment van de ketenpartners bedrijfseconomisch verantwoord kunnen worden uitgevoerd. Daarbij kan vanuit het ontstane inzicht een door alle schakels gedragen integrale CO2 reductie worden bepaald, waarbij vastgesteld wordt welke reductie per schakel realistisch is en hoe, onder welke voorwaarden, en op welke termijnen die bereikt kunnen worden.

De overwogen maatregelen kunnen nu in ieder geval met de opgestelde rekenmodellen door de betrokken schakels worden doorgerekend op kosten en baten. Daarbij ontstaat ook het inzicht in noodzaak en mogelijkheden om de gebruikte data waar mogelijk verder te verrijken.

Daarnaast kan worden geconcludeerd, dat door Leeuwenstein reeds ingezette maatregelen voor onderzoek naar energiebesparende maatregelen op de apparatuur en materieel ook past binnen de onderzochte ketens. Tevens kan dit upstream en downstream meegenomen worden in toekomstige beslissingen in het kader van aankoop en vervanging.

Een door de Leeuwenstein Groep in dit kader al genomen initiatief betreft het overleg en door de betrokken leveranciers getekend convenant gericht op een inspanningsverplichting en rapportage met als doel 5% emissie reducties te bereiken.

9 Bibliografie

- Buys, Nico (Arcelor Mital Staalhandel B.V). (2015, Juni 17). CO2 gegeven staal . Born, Limburg, Nederland.
- Doorn, E. v. (2015, Juni 26). Verbruik 2014.xlsx. Geldermalsen, Gelderland, Nederland.
- Doorn, E. v. (2015, Juni 26). Verbruik 2014.xlsx. Geldermalsen, Gelderland, Nederland.
- GWW-Kosten, (Kosteninformatie - Cobouw). (2015, Juni 25). *BENODIGDE MATERIALEN VOOR GELEIDERAIL IN AARDEBAAN, 1-ZIJDIG, VERZINKT STAAL*. Opgehaald van GWW-Kosten: http://www.gwwkosten.nl/Wegbebakening,_geleiderail,_wegverlichting,_terreininrichting/Geleiderail/Benodigde_materialen_voor_geleiderail_in_aardebaan,_1-zijdig,_verzinkt_staal/kostengegevens-Kostenkengetallen/801844.htm
- Jungheinrich. (2015, Juli 08). *EFG 213/215/216k/216/218k/218/220*. Opgehaald van <http://www.jungheinrich.nl/>:
http://www.jungheinrich.nl/uploads/jh_importer/assets_product_5665_NL____pdf__link/Typeblad_EFG_213-220.pdf
- Lansink, A. (1974). *Ladder van Lansink*. Opgehaald van www.recycling.nl:
<http://www.recycling.nl/ladder-van-lansink-2-0.html>
- Longbridge Trading. (2015, 6 22). *Longbridge*. Opgehaald van Longbridge Trading:
<http://www.longbridgetrading.com/nl/producten/longbridge/>
- OptiMotor. (2015, 6 23). *Behandeling van twee biogas generatoren van het merk MAN (V12, 340 kW vermogen) eigendom*. Opgehaald van OptiMotor: <http://www.optimotor.nl/wp-content/uploads/2013/01/Resultaten-Hartlief-Lammers-samengevat.pdf>
- Rijkswaterstaat. (2013, 05 01). *Model bijlagen Vraagspecificatie PRC*. Opgehaald van www.rijkswaterstaat.nl:
http://www.rijkswaterstaat.nl/images/Bijlagen%20bij%20Vraagspecificatie_tcm174-349404.pdf
- Schaik, A. v., Hest, F. v., Richter, J., & Wolthers, L. (2014, 06 14). *Duurzame Geleiderail Ketenaanpak - Rijksdienst voor Ondernemend Nederland*. Opgehaald van www.port4growth.nl:
http://www.port4growth.nl/downloads.html?tx_rkdownloads_pi1%5Bfileid%5D=108&cHash=d801e285f45f36522f1905105cbe5b0d
- SKAO. (2014). *Handboek CO₂-Prestatieladder 2.2*. Utrecht: SKAO.
- Spijkergoed. (2015, 5 16). 20150709 Footprint Spijkergoed.xlsx. Bergeijk, Noord-Brabant, Nederland.
- Spijkergoed. (2015, Mei 17). 20150709 Footprint Spijkergoed.xlsx. Bergeijk, Noord-Brabant, Nederland.
- Wooley, T. (2008, Maart 1). *Thermisch verzinken en duurzaam bouwen*. Opgehaald van Zinkinfo Benelux: www.zinkinfobenelux.com/14310/web/files/document/1/9/19172.pdf

Worldsteel Association. (2015, Juni 30). *Fact Sheet Steel and Raw materials*. Opgehaald van Worldsteel Association: https://www.worldsteel.org/publications/fact-sheets/content/00/text_files/file0/document/fact_raw%20materials_2014.pdf

10 Bijlagen

10.1 CO2 uitstoot Schakel 1: Arcelor Mittal - Grondstoffen en Productie

De uitstoot binnen de eerste schakel is opgedeeld in twee delen. Het eerste deel betreft het gehele proces van grondstof tot aan staalproduct en het tweede gedeelte is het natransport richting Steelconstructions.

10.1.1 CO2 uitstoot van grondstof tot staal

De gemiddelde lengte van 1 stuk geleiderail tussen 2 palen is 4,3 meter. Dit houdt in dat voor een geleiderail van 10 kilometer 2.326 palen nodig zijn (10.000 meter/4,3 meter per lengte = 2.326 lengte. Per lengte zijn aan het begin en aan het eind palen nodig wat neerkomt op 4.651 palen. De lengte van de paal zelf bedraagt 1,611 meter. Het gewicht van een paal is vastgesteld op basis van berekening van de gegevens vanuit GWW (Grond-, Weg- en Waterbouw)-kostentool (GWW-Kosten, (Kosteninformatie - Cobouw), 2015). De palen vanuit de GWW Kosten tool zijn 1,71 meter lang en gemiddeld 14,325 kg. Dit betekent dat een 1 meter lange paal 8,377 kg en een 1,611 meter lange paal 13,495 kg is. In totaal betekent dit dus dat er in totaal $13,495 \text{ kg} \times 4.651$ palen oftewel 62.771 kg staal voor de palen nodig is.

Naast de 62.771 kg voor de palen is er nog 775.000 kg staal nodig om de rollen staal te produceren. Hieronder is de uitstoot te vinden voor de winning, het vervoer en de productie van 837.771 kg staal die nodig is om 10 kilometer geleiderail te produceren.

| Staal Productie | Gewicht | CO2 per ton kg | Totaal Ton CO2 |
|------------------------------|-------------------|----------------|----------------|
| Rollen Staal | 775.000 kg | 1,75 | 1.356 |
| Palen | 62.771kg | 1,75 | 110 |
| Totaal Staalproductie | 837.771 kg | | 1.466 |

10.1.2 Transport Arcelor Mittal naar Steel Constructions

Nadat het staal geproduceerd is moet het vervoerd worden naar Steel Constructions. Dit betekent dat de rollen staal en de palen vervoerd moeten worden.

| Natransport Staalrollen | Type | Hoeveelheid | Productie | Verbruik | KG CO2 per liter | Totaal Ton CO2 |
|---|-----------------|----------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------|----------------|
| Handeling Arcelor Mittal | Heftruck Diesel | 31 handelingen | 0,12 uur/handl.= 3,7 uur | 2 liter per uur= 7,44 l. | 3,140 | 0,023 |
| Vervoer Arcelor Mittal - Steel Constructions | Truck Diesel | 11 trucktrips | 132 km per transport= 1452 km | 1/3 liter per km= 484 l. | 3,140 | 1,520 |
| Handeling Steel Constructions | Heftruck Diesel | 31 handelingen | 0,12 uur/handl.= 3,7 uur | 2 liter per uur= 7,44 l. | 3,140 | 0,023 |
| Subtotaal | | | | | | 1,566 |

| Natransport 12-meter palen | Type | Hoeveelheid | Productie | Verbruik | KG CO2 per liter | Totaal Ton CO2 |
|---|-----------------|----------------|---------------------------------|----------------------------|------------------|----------------|
| Handeling Arcelor Mittal | Heftruck Diesel | 18 handelingen | 0,12 uur/handl.= 2,2 uur | 2 liter per uur= 6,3 l | 3,140 | 0,014 |
| Vervoer Arcelor Mittal - Steel Constructions | Truck Diesel | 3 trucktrips | 132 km per transport= 396 km | 1/3 liter per km= 132 l | 3,140 | 0,414 |
| Handeling Steel Constructions naar opslag | Heftruck Diesel | 18 handelingen | 0,12 uur/handl.= 2,2 uur | 2 liter per uur= 6,3 l | 3,140 | 0,014 |
| Subtotaal | | | | | | 0,442 |

Dit betekent dat het totaal komt op $1,566 \text{ ton CO}_2 + 0,442 \text{ ton CO}_2 = 2,008 \text{ ton CO}_2$ voor het vervoer van de staalproducten nodig is.

| Staalproductie en transport | Ton CO2 |
|-----------------------------|--------------|
| Staalproductie | 1.466 |
| Natransport | 2 |
| Totaal | 1.468 |

10.2 CO2 uitstoot Schakel 2 Steelconstructions

In deze schakel is de uitstoot van Steelconstructions te zien binnen de keten van de geleiderail. Dit is gebaseerd op 31 rollen die op lengte moeten worden gesneden.

10.2.1 CO2 uitstoot Plankproductie

| Processtappen Geleiderail Productie | Type | Hoeveelheid | Productie | Verbruik | KG CO2 per eenheid | Totaal Ton CO2 |
|--|------------------------|--|----------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------|
| Handeling naar Kraan | Opslag Heftruck Diesel | 31 handelingen (1 rol per keer) | 0,12 uur/handl. = 3,7 uur | 2 liter per uur = 7,44 l. | 3,140kg/liter | 0,023 |
| Kraan (plaatsen rollen op machine) | Elektriciteit | 31 rollen (1 rol per keer) | 0,12 uur/handl. = 3,7 uur | 1.000 kWh/uur = 3.720 kWh | 0,526 kg/kWh | 1,957 |
| Machine (walsen, stansen en op lengte gesneden) per lengte | Elektriciteit | 31 handelingen (1 rol per keer) | 1,5 rol/uur = 46,5 uur | 3.000 kWh/uur = 139.500 kWh | 0,526 kg/kWh | 73,377 |
| Handeling machine naar opslag | Heftruck Diesel | 47 handelingen (37 lengtes per keer=1 rek) | 0,12 uur/handl. = 5,64 uur | 2 liter per uur = 11,28l. | 3,140kg/liter | 0,035 |
| Totaal | | | | | | 75,4 Ton |

10.2.2 CO2 uitstoot Plankproductie

| Processtappen Geleiderail Productie | Type | Hoeveelheid | Productie | Verbruik | KG CO2 per eenheid | Totaal Ton CO2 |
|---|-----------------|---|----------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------|
| Handling | Heftruck Diesel | 18 handlings (1 bundel per keer) | 0,06 uur/handl 1,1 uur | 2 liter per uur = 2,16 l. | 3,140kg/liter | 0,001 |
| Kraan plaatsen op machine | Elektriciteit | 18 handlings (1 bundel per keer) | 0,06 uur/handl 1,1 uur | 1.000 kWh/uur = 1.080 kWh | 0,526 kg/kWh | 0,568 |
| Machine (snijden, pletten en boren gaten) | Elektriciteit | 664 (1 rol per keer) | 0,083 uur/paal = 55,3 uur | 1.000 kWh/uur = 55.333 kWh | 0,526 kg/kWh | 29,105 |
| Handeling machine naar opslag | Heftruck Diesel | 18 handelingen (259 palen per keer=1 rek) | 0,12 uur/handl. = 2,16 uur | 2 liter per uur = 4,32 | 3,140kg/liter | 0,001 |
| Totaal | | | | | | 29,7 Ton |

10.2.3 Totaal Uitstoot CO2 footprint Schakel 2

Hieronder is de samenvatting te zien van de bovenstaande tabellen.

| Productie geleiderail en transport | Rail | Palen | Ton CO2 |
|------------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Productie | 75,4 | 29,7 | 105,1 |
| Handling | incl. | incl. | incl. |
| Totaal | 75,4 | 29,7 | 105,1 |

10.3 CO2 uitstoot Schakel 3: Rotocoat

10.3.1 CO2 uitstoot verzinking geleiderails

| Processtappen Geleiderail Productie | Type | Hoeveelheid | Productie | Verbruik | KG CO2 per eenheid | Totaal Ton CO2 |
|--|-----------------|---------------------------------------|------------------------------------|--|--------------------|----------------|
| Handling t.b.v. Transport | Heftruck Diesel | 47 handelingen (1 rek per keer) | 0,12 uur/handl.= 5,64 uur | 2 liter per uur= 11,28l. | 3,140kg/liter | 0,035 |
| Transport naar Rotocoat Kampen (129 km) | Truck Diesel | 3 trucktrips | 129 km per trip= 387 km | 1/3 liter per km= 129 liter | 3,140kg/liter | 0,405 |
| Handling RotoCoat | Heftruck kWh | 47 handelingen (1 rek per keer) | 0,12 uur/handl.= 5,64 uur | 1 4,5 kWh per uur = 25,12 kWh | 0,526 kg/kWh | 0,013 |
| Opslag | | | | | | |
| Handling RotoCoat | Heftruck kWh | 47 handelingen (1 rek per keer) | 0,12 uur/handl.= 5,64 uur | 4,5 kWh per uur = 25,12 kWh | 0,526 kg/kWh | 0,013 |
| Verzinkingsproces (elektriciteitsvraag) | Machine | 30 verzinkingen (80 lengtes /keer) | 1,5 uur/proces = 45 uur | 200 kWh per uur= 116.279 kWh | 0,526 kg/kWh | 11,835 |
| Verzinkingsproces (gasvraag) | Machine | 775.000 kg | | 35,2 m ³ /ton staal=27.280 m ³ | 1,83 kg/m3 | 49,922 |
| Chemisch product: Ammonium Chloride | Machine | 30 verzinkingen (80 lengtes per keer) | | 10 liter per verzinking =300 liter | | |
| Handling | Heftruck kWh | 30 handlings (80 lengtes per keer) | 0,12 uur/handl.= 3,6 uur | 4,5 kWh per uur = 16,2 kWh | 0,526 kg/kWh | 0,009 |
| Tussenopslag | Opslag | 2.326 lengtes (1 lengte per keer) | 4,3 m2 opslag per lengte =10.000m2 | 2 dagen a 1 kWh per m2= 20.000 kWh | 0,526 kg/kWh | 10,520 |
| Handling | Heftruck kWh | 30 handlings (80 lengtes per keer) | 0,12 uur/handl.= 3,6 uur | 4,5 kWh per uur = 16,2 kWh | 0,526 kg/kWh | 0,009 |
| Transport retour van verzinkerij: Rotocoat Kampen, (129 km) | Truck Diesel | 3 trucktrips (max 16 rekken per keer) | 129 km per trip= 387 km | 1/3 liter per km= 129 liter | 3,140kg/liter | 0,405 |
| Handling bij Steel Constructions (opslag) | Heftruck Diesel | 47 handelingen (1 rek per keer) | 0,12 uur/handl.= 5,64 uur | 2 liter per uur= 11,28l. | 3,140kg/liter | 0,035 |
| Totaal | | | | | | 73,2 |

10.3.2 CO2 uitstoot verzinking Palen

| Processtappen Geleiderail Productie | Type | Hoeveelheid | Productie | Verbruik | KG CO2 per eenheid | Totaal Ton CO2 |
|--|--------------------|--|---|--|-----------------------|-------------------|
| Handling t.b.v. Transport | Heftruck Diesel | 18 handl. (259 palen per keer) | 0,12 uur/handl.= 2,16 uur | 2 liter per uur= 4,32. | 3,140kg/ liter | 0,014 |
| Transport naar verzinkerij: Rotocoat Kampen, Veldoven 11, 8271 RT IJsselmuiden (129 km) | Truck Diesel | 6 trucktrips (776 palen per keer) | 129 km per trip= 774 km | 1/3 liter per km= 258 liter | 3,140kg/ liter | 0,809 |
| Handling RotoCoat | Heftruck kWh | 18handl. (259 palen per keer) | 0,12 uur/handl.= 2,16 uur | 4,5 kWh per uur = 9,72 kWh | 0,526 kg/kWh | 0,005 |
| opslag | | | | | | |
| Handling RotoCoat | Heftruck kWh | 18handl. (259 palen per keer) | 0,12 uur/handl.= 2,16 uur | 4,5 kWh per uur = 9,72 kWh | 0,526 kg/kWh | 0,005 |
| Verzinkingsproces (elektriciteitsvraag) | Machine | 18 verzinkingen(259 palen per keer) | 0,25 uur per lengte= 581,40 uur | 200 kWh per uur= 116.279 kWh | 0,526 kg/kWh | 2,367 |
| Verzinkingsproces (gasvraag) | Machine | 62.750 kg | | 35,2 m3/ton staal = 2.210 m3 | 1,83 kg/m3 | 4,043 |
| Chemisch product: Ammonium Chloride | Machine | 30 verzinkingen (80 lengtes per keer) | | 10 liter per verzinking =180 liter | | |
| Handling | Heftruck kWh | 18handl. (259 palen per keer) | 0,12 uur/handl.= 2,16 uur | 4,5 kWh per uur = 9,72 kWh | 0,526 kg/kWh | 0,005 |
| Tussenopslag | Opslag | 2.326 lengtes (1 lengte per keer) | 4,3 m2 opslag per lengte =10.000m2 | 4 dagen a 1 kWh per m2= 40.000 kWh | 0,526 kg/kWh | 0,788 |
| Transport retour van verzinkerij: Rotocoat Kampen (129 km) | Truck Diesel | 6 trucktrips (776 palen per keer) | 129 km per trip= 774 km | 1/3 liter per km= 258 liter | 3,140kg/ liter | 0,809 |
| Handling bij Steel Constructions (opslag) | Heftruck Diesel | 18handl. (259 palen per keer) | 0,12 uur/handl.= 2,16 uur | 2 liter per uur= 4,32 L | 3,140kg/ liter | 0,014 |
| Totaal | | | | | | 11,9 |

10.3.3 Totaal Uitstoot CO2 footprint Schakel 3

Hieronder de samenvatting van schakel 3 waarin het verzinkingsproces voor rails en palen verder zijn uitgediept.

| | Rail | Palen | Totaal |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Verzinken | Ton CO2 | Ton CO2 | Ton CO2 |
| Verzinkproces gas | 49,9 | 4,0 | 53,0 |
| Verzinkproces elektriciteit (incl. handlings) | 22,4 | 3,2 | 25,6 |
| Subtotaal | 72,3 | 7,2 | 79,5 |
| Voor – en natransport | 0,9 | 1,5 | 2,4 |
| Totaal | 73,2 | 11,9 | 85,0 |

10.4 CO2 uitstoot Schakel 4: Van Doorn

10.4.1 CO2 uitstoot geleiderail Schakel 4

| Processtappen Geleiderail Productie | Type | Hoeveelheid | Productie | Verbruik | KG CO2 per eenheid | Totaal Ton CO2 |
|---|----------------------|---|---|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Handling t.b.v. Transport | Heftruck Diesel | 47 handelingen (1 rek per keer) | 0,12 uur/handl.= 5,64 uur | 2 liter per uur= 11,28l. | 3,140kg/ liter | 0,035 |
| Transport naar Van Doorn | Truck Diesel | 3 trucktrips | 4 km per trip= 12 km | 1/3 liter per km= 4,0 liter | 3,140kg/ liter | 0,013 |
| Handling naar opslag Van Doorn | Heftruck LPG | 47 handelingen (1 rek per keer) | 0,12 uur/handl.= 5,64 uur | 2 liter per uur= 11,28l. | 3,140kg/ liter | 0,105 |
| Opslag | | | | | | |
| Handling | Heftruck LPG | 466 handelingen (5 lengtes per keer) | 0,1 handl./uur=46,4 uur | 10 liter per uur= 466 liter | 1,860kg/ liter | 0,867 |
| Transport materiaal: Van Doorn naar (snel)weg | Truck Diesel | 3 trucktrips (max 16 rekken per keer) | 100 km per trip= 300 km | 1/3 liter per km= 129 liter | 3,140kg/ liter | 0,314 |
| Transport Hulpmiddelen (kraan) | Truck Diesel | 1 retourtrip met kraan | 100 km per trip *2 retour= 200 km | 1 liter per km = 200 liter | 3,140kg/ liter | 0,628 |
| Transport mensen naar projectplaats | Bestelbu s Diesel | 1 retourtrip met bestelbus | 100 km per trip *2 retour= 200 km | 1/13 liter per km= 15,4 liter | 3,140kg/ liter | 0,048 |
| Plaatsing en assemblage (vervangen) | Kraan diesel | 2.326 lengtes (1 lengte per keer) | 0,25 uur per lengte= 581,4 uur | 10 liter per uur= 5.814 liter | 3,140kg/ liter | 18,256 |
| handling | Heftruck LPG | 466 handelingen (5 lengtes per keer) | 0,1 handl./uur=46,4 uur | 10 liter per uur= 466 liter | 1,860kg/ liter | 0,867 |
| Retourtransport Geldermalsen (met oude geleiderails) | Truck Diesel | 3 trucktrips (max 16 rekken per keer) | 100 km per trip= 300 km | 1/3 liter per km= 129 liter | 3,140kg/ liter | 0,314 |
| Handling naar opslag | Heftruck LPG | 466 handelingen (5 lengtes per keer) | 0,1 handl./uur=46,4 uur | 10 liter per uur= 466 liter | 1,860kg/ liter | 0,867 |
| Totaal | | | | | | 22,3 |

10.4.2 CO2 uitstoot palen Schakel 4

In onderstaand tabel is het transport van de hulpmiddelen zoals de bestelbus met werknemers en de kraan niet meegenomen aangezien die maar 1 keer worden vervoerd.

| Processtappen | Type | Hoeveelheid | Productie | Verbruik | KG CO2 per eenheid | Totaal Ton CO2 |
|---|-----------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------|
| Geleiderail Productie | | | | | | |
| Handling t.b.v. Transport | Heftruck Diesel | 18handl. (259 palen per keer) | 0,12 uur/handl.= 2,16 uur | 2 liter per uur= 4,32 L | 3,140kg/ liter | 0,014 |
| Transport naar Van Doorn | Truck Diesel | 6 trucktrips (776 palen) | 4 km per trip= 12 km | 1/3 liter per km= 8,0 liter | 3,140kg/ liter | 0,025 |
| Handling naar opslag Van Doorn | Heftruck LPG | 18handl. (259 palen per keer) | 0,12 uur/handl.= 2,16 uur | 10 liter per uur= 21,6. | 1,860kg/ liter er | 0,040 |
| Opslag | | | | | | |
| Handling | Heftruck LPG | 18handl. (259 palen per keer) | 0,12 uur/handl.= 2,16 uur | 10 liter per uur= 21,6. | 1,860kg/ liter er | 0,040 |
| Transport materiaal: Van Doorn naar (snel)weg | Truck Diesel | 6 trucktrips (776 palen) | 100 km per trip= 600 km | 1/3 liter per km= 199,8 liter | 3,140kg/ liter | 0,627 |
| Plaatsing en assemblage (vervangen) | Kraan diesel | 2.326 lengtes (1 paal per keer) | 0,25 uur per lengte= 581,4 uur | 10 liter per uur= 2.326 liter | 3,140kg/ liter | 7,302 |
| handling | Heftruck LPG | 18handl. (259 palen per keer) | 0,12 uur/handl.= 2,16 uur | 10 liter per uur= 21,6. | 1,860kg/ liter er | 0,040 |
| Retourtransport Geldermalsen (met oude geleiderails) | Truck Diesel | 6 trucktrips (776 palen) | 100 km per trip= 600 km | 1/3 liter per km= 199,8 liter | 3,140kg/ liter | 0,627 |
| Handling naar opslag | Heftruck LPG | 18handl. (259 palen per keer) | 0,12 uur/handl.= 2,16 uur | 10 liter per uur= 21,6. | 1,860kg/ liter er | 0,040 |
| Totaal | | | | | | 22,3 |

10.4.3 Totaal uitstoot schakel 4

Onderstaand de samenvatting van de vierder schakel waarin Van Doorn de plaatsing van de rails en de palen doet.

| Ontvangst t/m plaatsing | Rail | Palen | Ton CO2 |
|---------------------------------------|------|-------|-------------|
| Transport en overige handlings | 4,1 | 1,4 | 5,5 |
| Plaatsing kraan | 18,3 | 7,3 | 25,6 |
| Totaal | | | 31,1 |

10.5 CO2 uitstoot Schakel 5: Hergebruik en Recycling

| Processtappen Geleiderail Productie | Type | Hooveelheid | Productie | Verbruik | KG CO2 per eenheid | Totaal Ton CO2 |
|--|---------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------|----------------|
| Handling t.b.v. hergebruik | Heftruck LPG | 233handelingen (5 lengtes per keer) | 0,1 handl./uur=23,3 uur | 10 liter per uur= 233 liter | 1,860kg/ liter | 0,433 |
| Handling t.b.v. recycling (snijden en vouwen) | Diesel | 5% van 2.326 lengtes =116 lengtes | 0,25 uur per lengte= 29,25 uur | 10 liter per uur=292,5 liter | 3,140kg/ liter | 0,918 |
| Transport voor opslag (hergebruik) of naar recycler | Truck Diesel | 2 trucktrips (max 16 lengtes) | 50 km per trip= 100 km | 1/3 liter per km= 33,3 liter | 3,140kg/ liter | 0,007 |
| Scrapmachine | Elektriciteit | 1.163 lengtes (1 per keer) | 0,25 lengtes per uur= 290,7 uur | 500 kWh per uur= 145.349 kWh | 0,526 kg/kWh | 76,453 |
| Totaal | | | | | | 78 |