

RAPPORT

Rapport 0-in-de-ketenanalyse Ballast

Klant: ProRail

Referentie: BG8923-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: S0/P01.01

Datum: 23 December 2019

DHV CHINA B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Industry & Buildings
Trade register number: 32100721

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Rapport 0-in-de-ketenanalyse Ballast

Ondertitel:
Referentie: BG8923-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001
Status: P01.01/S0
Datum: 23 December 2019
Projectnaam: 0-in-de-ketenanalyse Ballast
Projectnummer: BG8923
Auteur(s): Maarten van den Berg, Michiel Wolbers, Nina Zaadnoordijk

Opgesteld door: Maarten van den Berg

Gecontroleerd door:

Datum/paraaf:

Goedgekeurd door:

Datum/paraaf:

Classificatie

Alleen voor intern gebruik

Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of DHV China B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. DHV China B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment.

Inhoud

1	Duurzaam ballast	1
1.1	Scope van de studie	1
1.2	Waarom 0-in-de-keten?	1
2	Huidige CO₂ footprint Ballast	2
3	Alternatieven voor een CO₂-emissievrije ballastketen	4
3.1	Emissievrij transport	5
3.2	Emissievrije (semi)stationaire werktuigen	6
3.3	Staalkaarten	7
3.3.1	Elektrische kiewagen	8
3.3.2	Elektrisch binnenvaartschip	8
3.3.3	Biodiesel (B100) / Power-to-liquid	9
4	Conclusie en aanbevelingen	9

1 Duurzaam ballast

In 2017 heeft ProRail een dominantieanalyse uitgevoerd van hun Scope 3 emissies waaruit blijkt dat spoorballast een significante bijdrage levert aan de totale Scope 3 emissies. ProRail is continue op zoek naar mogelijkheden voor het verlagen van haar milieu impact. In dat kader, en in navolging van een 0-in-de-ketenanalyse voor geluidsschermen, heeft ProRail aan Royal HaskoningDHV gevraagd een 0-in-de-ketenanalyse voor spoorwegballast uit te voeren.

1.1 Scope van de studie

Op basis van bestaande ketenstudies naar ballast wordt een beeld geschetst van de huidige processen in de ballastketen die tot CO₂-emissie leiden. Voor deze processen wordt gekeken of ze überhaupt nodig zijn en zo ja of er CO₂-vrije alternatieven in de markt beschikbaar zijn.

Omdat CO₂-emissievrije ketenstappen vaak innovatie producten en processen betreffen wordt voor een drietal CO₂-emissievrije ketenstappen een 'staalkaart' gemaakt. Daarin worden onder andere de TRL (technology readiness level) van de techniek en enkele ketenpartners genoemd.

1.2 Waarom 0-in-de-keten?

Het doel van de 0-in-de-keten benadering is om de keten versneld CO₂-emissievrij te krijgen. Dit kan op twee manieren (ook in combinatie):

1. Alle materialen en processen in bestaande ketens vervangen door emissievrije materialen en processen.
2. Andere ketens vormen met CO₂ emissievrije materialen en processen.

Hoe langer de keten is, hoe moeilijker het is om alle processen CO₂-vrij te maken. Daarom ligt de focus op verkorten van de keten met processen en materialen die CO₂-vrij zijn. Volledig CO₂-vrije ketens met veel ketenstappen zijn nu praktisch onhaalbaar. Hoe meer stappen en hoe verder de procesboom wordt uitgesplitst, hoe moeilijker het wordt om CO₂-vrije alternatieven voor alle processen en materialen te vinden.

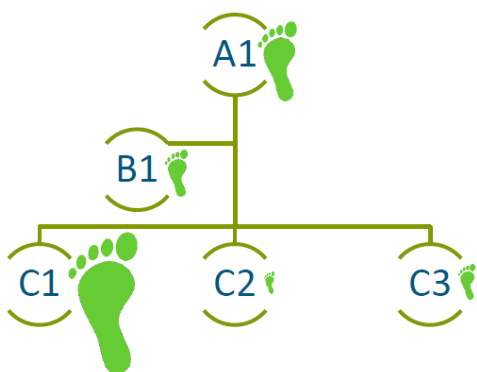
Bijvoorbeeld: met een elektrische kraan wordt CO₂ van dieselverbranding vermeden, maar een CO₂-vrije productieketen voor de productie van elektrische kranen bestaat nog niet. In de 0-in-de-ketenmethodiek worden processen gezocht waarvan de zogenaamde Scope 1 emissies nul zijn. Om ook daadwerkelijk een netto klimaatneutrale keten te realiseren is gebruikmaking van emissievrije elektriciteit (Scope 2) en emissievrije materialen (Scope 3) een voorwaarde.

De mate van invloed die de aanbestedende partij kan uitoefenen is een belangrijk criterium om ketens versneld CO₂-vrij te krijgen. Daarom worden de volgende twee onderdelen (in eerste instantie) opgenomen in de scope:

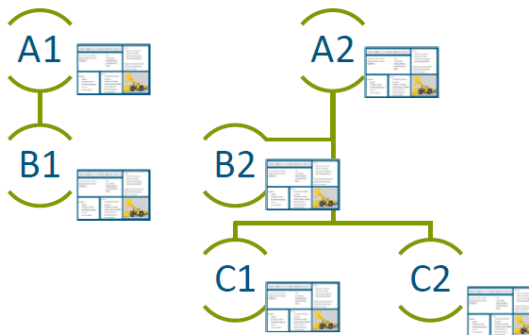
1. Ketens van de toegepaste materialen die biobased zijn of waarvoor geen CO₂-intensieve verwerkingsprocessen nodig zijn (zoals metalen en cement).
2. Fossiel brandstofverbruik in transport, realisatie en onderhoud.

Bij een klassieke ketenanalyse wordt gebruik gemaakt van kentallen uit LCA databases. Voor innovatieve processen is deze informatie meestal niet beschikbaar. In de 0-in-de-ketenanalyse wordt geen gebruik gemaakt van LCA data, maar beoordeeld of een ketenstap technisch CO₂-vrij kan zijn. Van de specifieke techniek wordt dan in een zogenaamde staalkaart aangegeven wat de Technology Readiness Level (TRL) is (zie Figuur 1).

Huidige keten met ketenstappen
en CO₂-footprint per stap



Toekomstige keten (2 voorbeelden):
ketenstappen met achterliggende 'staalkaarten'



Figuur 1 Conventionele LCA versus 0-in-de-keten

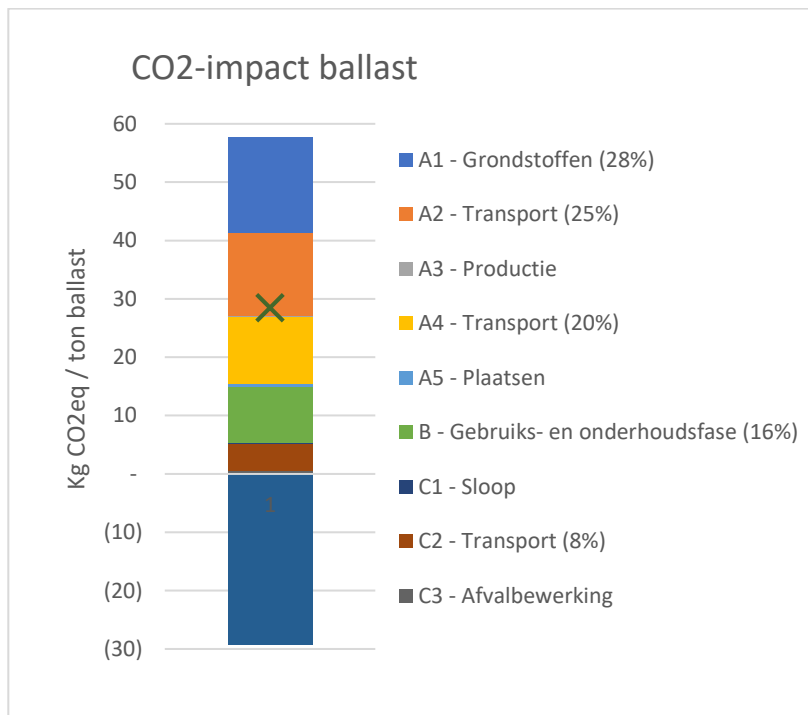
2 Huidige CO₂ footprint Ballast

In de afgelopen jaren zijn meerdere ketenanalyses voor spoorwegballast uitgevoerd, waaronder door Swietelsky Rail Benelux BV (2016), Strukton Rail (2019) en SGS Search Consultancy (2019). Deze laatste analyse betreft een (ongetoetst) LCA rapport ten behoeve opname in de Nationale Milieudatabase als categorie III data. De **functionele eenheid** betreft één ton ballast, branchegemiddeld, met een levensduur van 35 jaar. In de praktijk wordt gemiddeld één per 35 jaar gehord (het scheiden van de fijne fractie van het ballastbed van de grove fractie) waarbij ongeveer de helft van het materiaal vervangen wordt. De gemiddelde levensduur van een ballaststeen ligt daardoor rond de 52,5 jaar. In de LCA van SGS Search Consultancy wordt het horren als sloopfase gezien, waarbij 50% van de ballast direct hergebruikt. De voordelen van hergebruik worden verrekend in module D van het EPD raamwerk. De kleine fractie die bij het horren vrijkomt wordt als grondstof in de wegenbouw en de productie van beton. Er wordt in de LCA geen credit aan ballast toegekend voor het gebruik van deze reststroom. Een goede aanname omdat reststromen (zoals de gezeefde fractie van ballast) in LCA's doorgaans als 'vrij van impact' worden beschouwd. Dubbeltelling van milieuwinst wordt hiermee voorkomen.

Omdat het om een branchegemiddelde gaat zijn voor het transport verschillende transportmodaliteiten opgenomen, zowel voor transport van de groeve naar de leverancier in Nederland (zeeschip, vrachtwagen en binnenvaartschip¹) als voor transport van de leverancier in Nederland naar de projectlocatie (vrachttrein, vrachtwagen en binnenvaartschip). Deze branchegemiddelde ketenanalyse geeft een goed beeld van de ketenstappen in de huidige praktijk en is daarom als basis gebruikt voor de 0-in-de-ketenanalyse.

De branchegemiddelde CO₂-impact van één ton ballast met een levensduur van 35 jaar bedraagt 28,5 kg CO₂eq. Een uitsplitsing over de verschillende levenscyclusfasen is weergegeven in Figuur 2.

¹ Per vrachttrein is voor Ballast uit groeves in het Europese achterland ook mogelijk, maar daar is in de LCA niet mee gerekend.



Figuur 2, CO₂-impact ballast (branchegemiddelde)

Wat opvalt is dat 97% van de totale CO₂-impact wordt veroorzaakt in vijf fasen van de ballast levenscyclus (A1, A2, A4, B en C2). Naast productie van ballast in de groeve (28%) worden emissies hoofdzakelijk veroorzaakt door transportbewegingen. De overige 3% van emissies vinden plaats bij overslag en in het recyclingproces (reinigen ballast). De gebruiks- en onderhoudsfase bevat naast horren (6%) aanvulling van 20% ballast, die deels ook weer transportemissies bevatten.

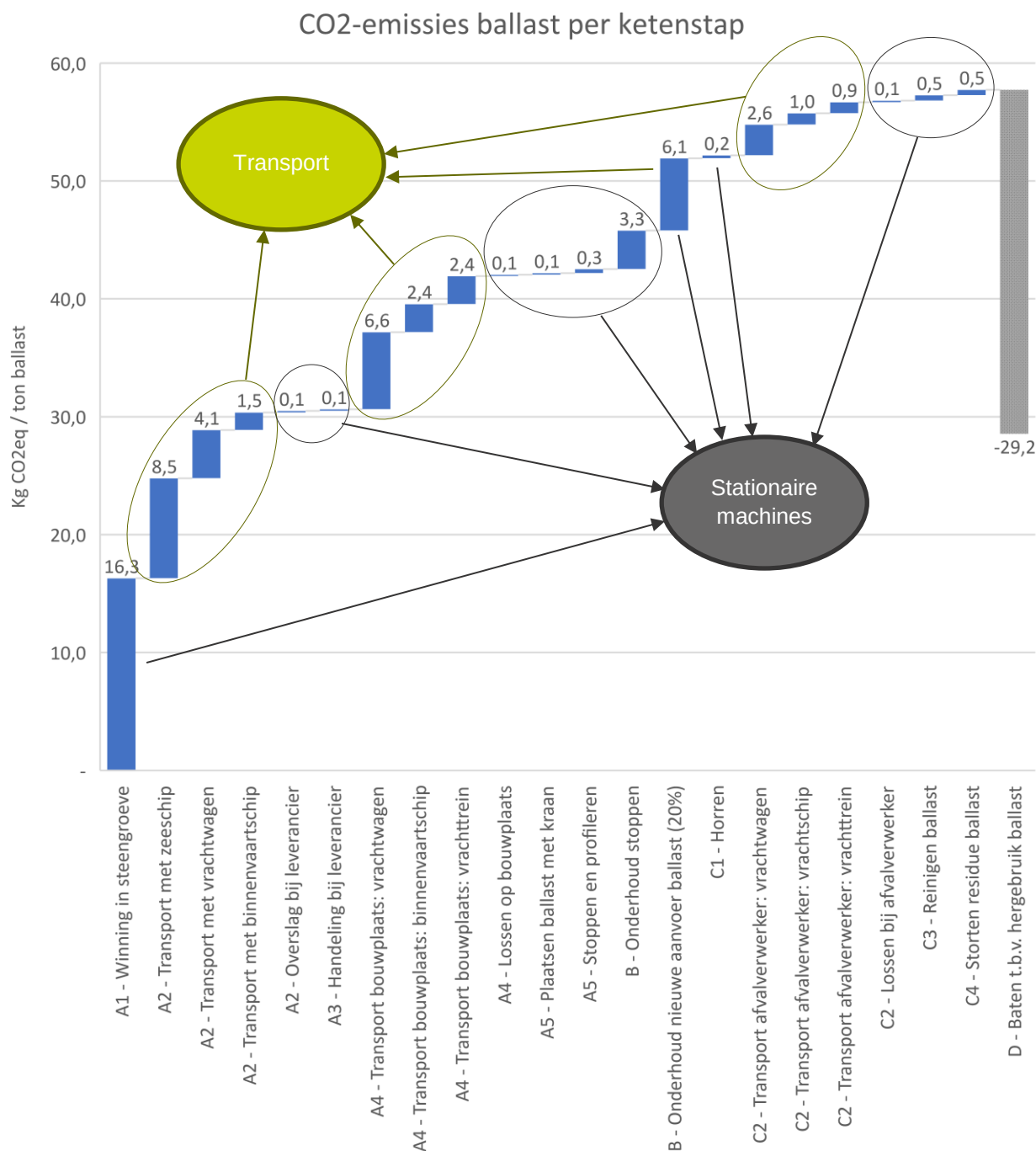
Voor de emissies in A1, de grondstoffenproductie, is door SGS Search gerekend met uitsluitend diesel verbruik, wat leidt tot een CO₂-emissie van 16,3 kgCO₂/ton ballast. Dit is veel hoger dan de door Struktron² in een overzicht van recente ketenanalyses opgestelde range van 1,24 tot 4,4 kgCO₂/ton ballast voor verschillende groeves (Bremanger, Glensanda en Quenast) en Ecoinvent achtergrond data. De specifieke emissiefactor voor Quenast is 4,35 kgCO₂/ton ballast en representeert het energieverbruik (elektriciteit en diesel) voor alle processen in de groeve tot en met het vervoer over het ongeëlectriceerde spoor tot de 5 kilometer verderop gelegen binnenvaart haven van Tubeke³. In verband met de karakteristieken van de individuele groeves (zoals situering onder of boven het maaiveld en de mate van elektrificatie) zijn in de praktijk de verschillen tussen de groeves met betrekking tot ketenstap A1 groot.

Een nadere uitsplitsing van de CO₂-emissies per processtap is gegeven in Figuur 3. Opgeteld dragen de emissies van transportbewegingen voor 58% bij aan de totale CO₂-footprint en de emissies van stationaire werktuigen (inclusief bewegingen in de groeve)⁴ voor 42%. Bij alle verbrandingsprocessen is in de studie van SGS Search uitgegaan van een bepaald type diesel behorend bij het specifieke proces.

² Update ketenanalyse ballastmateriaal Strukton Rail (Strukton, 2019)

³ Persoonlijke communicatie Anne Kees Jeeninga (Advieslab, 2020)

⁴ Hieronder worden verstaan: stopmachines, hortreinen, kranen, transportbanden, etc. Veel van deze machines zijn wel 'mobiel', maar de primaire activiteit waarvoor ze worden ingezet is (nagenoeg) stationair. Dit in tegenstelling tot vrachtwagens, vrachtschepen en vrachtreinen, die worden ingezet om ballast van A naar B te transporteren. Activiteiten in groeves zijn in de LCA van SGS allemaal ondergebracht bij 'stationaire toepassingen'. Echter kan in de praktijk óók sprake zijn van transport middels bijvoorbeeld een wiellaadschop.



Figuur 3, CO₂-emissies ballast per ketenstap

3 Alternatieven voor een CO₂-emissievrije ballastketen

Spoorballast vervult drie functies:

- 1) Het dragen van het spoor
- 2) Het opvangen van statische en dynamische belasting
- 3) Het afvoeren van hemelwater en andere vloeistoffen

De eerste stap van een 0-in-de-ketenanalyse is het onderzoeken van CO₂-emissievrije alternatieven voor de functionele eenheid. Is een ballastloos spoor mogelijk of een alternatief voor ballast dat ook emissievrij is? Het korte antwoord daarop is: nee.

- Er bestaat ballastloos spoor waarbij de spoorstaven op betonnen blokken liggen die weer rusten op een betonnen ondergrond. Dit wordt bijvoorbeeld toegepast op bruggen en in tunnels. Beton heeft echter een hoge CO₂-impact waardoor geen sprake is van een CO₂-vrij alternatief. Daar komt bij dat vanwege de slappe ondergrond in het overgrote deel van Nederland gewerkt zou moeten worden met (betonnen) heipalen, om verzakking te voorkomen. Met nog meer materiaal- en energiegebruik tot gevolg.
- Ook een CO₂-vrij alternatief (bijvoorbeeld biobased) voor het ballast zelf is niet voor handen. De eisen waaraan toeslagmaterialen voor spoorwegballast moeten voldoen zijn vastgelegd in productiespecificatie SPC00033. De geometrische en fysieke eisen, zoals hardheid, sluiten een alternatief voor een bepaald type gesteente uit. Wel kan gebruik gemaakt worden van gerecyclede ballast⁵. Toepassing van gerecyclede ballast zorgt voor verlenging van de gemiddelde levensduur (net als het uitstellen van onderhoud/vervanging). Dit komt de totale CO₂-impact van de productgroep 'ballast' zeker ten goede, maar omdat aanvulling van nieuwe ballast altijd nodig blijft (door belasting en verwerking breken de stenen en voor nieuwe tracés is nieuwe ballast nodig) is het gebruik van méér gerecyclede ballast geen oplossing voor een emissievrije ballastketen.

De route naar een CO₂-vrije ballastketen zit daarom in het verduurzamen van de bestaande ketenstappen. Hierbij kan, zoals weergegeven in Figuur 3, onderscheid gemaakt worden tussen transportbewegingen en (semi)stationaire werktuigen. In de volgende paragrafen worden CO₂-vrije alternatieven voor processen in deze twee 'hoofdgroepen' besproken.

3.1 Emissievrij transport

In de huidige (branchegemiddelde) transportketen wordt gebruik gemaakt van drie modaliteiten:

- Scheepvaart (binnenvaart en zeevaart)
- Wegtransport
- Spoortransport

CO₂-vrij transport kan op twee manieren gerealiseerd worden: 1) door "fuel switch" (overstappen op een CO₂-vrije energiedrager) of door modal shift (overstappen op een CO₂-vrije vorm van transport, d.w.z. geëlektrificeerd spoor).

Emissievrije scheepvaart

Aan elektrificatie van de binnenvaart wordt gewerkt (zie staalkaart 3.3.2) maar de ontwikkeling staat nog in de kinderschoenen. Anno 2019 zijn er nog geen emissievrije binnenvaartschepen. Wel werkt een consortium van onder andere Wärtsilä, Heineken en Havenbedrijf Rotterdam aan een Modular Energy Concept (MEC) waarmee elektrisch varen met uitwisselbare batterijcontainers (of andere duurzame energiedragers) wordt nagestreeft. De verwachting is dat de eerste MEC-binnenvaartschepen binnen drie jaar door de Nederlandse binnenwateren zullen varen en dat dan jaarlijks 50 van deze schepen kunnen worden toegevoegd aan de vloot. In het voorjaar van 2020 wordt meer bekend over het tijdspad⁶.

⁵ Voor leveringen aan ProRail is toegestaan gerecyclede ballast welke voldoet aan de definities van "Recycled railway ballast" uit de NEN-EN 13450, artikel 3 "Terms and definitions", met als aanvullende eis dat van gemengde ballast (dus van verschillende herkomst) de totale levering een homogeen gemengd geheel moet vormen. (Bron: SPC00033-V006)

⁶ Bron: Duurzame Scheepvaart MGZN, november 2019. Beschikbaar via https://issuu.com/maritiemmedia/docs/duurzamescheepvaart_sep2019 (dossier brandstof, p48)

Voor de zeevaart is elektrificatie (voorlopig) geen optie. In plaats daarvan wordt verwacht dat alternatieve brandstoffen, waaronder waterstof, synthetische diesel en ammonia, beschikbaar zullen komen voor toepassing in de zeetransport. De kortste 'route' naar een emissievrije ballastketen is evenwel het omzeilen van zeetransport.

Elektrisch wegtransport

Op het gebied van goederenvervoer over de weg is het tegenwoordig mogelijk om beperkte afstanden volledig elektrisch af te leggen. Dit geldt ook voor het zwaardere vrachtverkeer, wat relevant is voor de Grond, Weg- en Waterbouw-sector (GWW-sector). KWS heeft in januari 2019 de primeur gehad bij het Circulaire Viaduct bij Kampen om gebruik te maken van een elektrische vrachtwagens en is voornemens ook op andere projecten deze vrachtwagen in te zetten.⁷

De voornaamste obstakels voor het gebruik van elektrische vrachtwagens voor goederenvervoer zijn de beperkte laadcapaciteit en actieradius. Beide belemmeringen worden steeds kleiner waardoor het gebruik van elektrische vrachtwagens een reëel alternatief begint te worden. Een belangrijke barrière die het gebruik van elektrische vrachtwagens nog in de weg staat zijn de investeringskosten. In combinatie met de afschrijvingstermijn van het bestaande wagenpark is het voor aannemers of transporteurs nog niet aantrekkelijk om op korte termijn over te gaan op een all-electric wagenpark.

Emissievrij spoortransport

Een groot deel van het Nederlandse spoornet is geëlektrificeerd. Waar dat niet het geval is kan gebruik gemaakt worden van hybride locomotieven in combinatie met biodiesel en in de toekomst synthetische diesel (zie staalkaart 3.3.3). Onder 'hybride' worden zowel diesel/elektrische als accu/elektrische treinen verstaan. Deze laatste maken waar mogelijk gebruik van de bovenleiding maar kunnen ook (een beperkte afstand) op ongeëlektrificeerd spoor emissievrij rijden.

3.2 Emissievrije (semi)stationaire werktuigen

Hor- en stopmachines

Voor het onderhoud aan het ballastbed worden hor- en stopmachines ingezet. Hormachines worden gebruikt om het bestaande ballastbed te zeven, waarbij de kleine fractie wordt verwijderd en afgevoerd. De nog geschikte fractie wordt, aangevuld met nieuwe of gerecyclede ballast, teruggeplaatst. Een ballastbed dat niet geschikt is om te horren (vanwege een te fijne fractie en/of rond grind) wordt afgevoerd en bij een ballastverwerker behandeld (gebroken, gezeefd en gewassen). De stopmachines hebben als doel het ballastbed 'op te schudden', zodat de ligging van het spoor weer op het gewenste niveau komt en treinen soepel over het spoor kunnen rijden.

Om CO₂-emissies in de ballastketen te reduceren is er voor de stopmachine een hybride variant ontwikkeld door het Oostenrijkse Plasser & Theurer. Deze machine heeft zowel een diesel- als elektromotor. Op het spoor kan er zodoende worden gekozen om de machine aan te sluiten op het elektriciteitsnet en de dieselmotor uit te schakelen.

Voor hormachines is nog geen een hybride variant op de markt. Dit komt onder meer door de grootte van de machines en de hoge energievraag, waardoor de benodigde batterijcapaciteit economisch snel onhaalbaar wordt. Bij de stopmachine kan een deel van de werkzaamheden worden uitgevoerd met behulp van de elektromotor, maar in bepaalde gevallen (zoals bij baanvakken die niet zijn geëlektrificeerd, of als

⁷ <https://www.skao.nl/news/KWS-heeft-primeur-met-eerste-elektrische-vrachtwagen-in-de-bouw-6680>

de bovenleiding omwille van de veiligheid is afgeschakeld) blijft een dieselmotor benodigd waardoor er nog geen volledige elektrische stopmachine beschikbaar is.

Om toch CO₂-neutraal te kunnen werken met hor- en stopmachines zou de diesel vervangen kunnen worden door biodiesel (B100) en op termijn synthetische brandstof. Zie hiervoor staalkaart 3.3.3.

Elektrische machines

Voor een volledig emissievrije ballast-keten zal ook gebruik gemaakt dienen te worden van elektrische werktuigen, zoals graafmachines en kranen. De ontwikkelingen op dit gebied gaan snel: voor bijna alle soorten werktuigen zijn elektrische varianten op de markt.⁸ Voor sommige werktuigen is het nodig dat deze worden aangesloten met behulp van een voedingskabel op (kracht)stroom, maar er zijn ook verschillende machines die 1 of 2 oplaadbare accu's hebben en zodoende niet direct afhankelijk zijn van het elektriciteitsnetwerk. Ook voor kiepwagens die veel gebruikt worden in groeves is inmiddels een elektrische variant op de markt (zie staalkaart 3.3.1).

Een belangrijk obstakel in het versnellen van de transitie naar elektrische werktuigen is de hoge aanschafprijs. De onderhoudskosten van deze machines zijn beduidend lager, waardoor de 'total cost of ownership (TCO)' toch al dicht in de buurt of zelfs lager ligt dan die van conventionele werktuigen. Daarnaast heerst er ook nog het beeld dat elektrische werktuigen niet de gewenste capaciteit kunnen leveren. Tegenwoordig leveren accu's echter voldoende capaciteit, en indien noodzakelijk kan er gekozen worden voor een 2^e accu. Een laatste belemmering is de laadinfrastructuur: deze is in Nederland nog volop in ontwikkeling. Voor een volwaardige toepassing van elektrische werktuigen is het van belang dat er voldoende (kracht)stroomaansluitpunten aanwezig zijn om te voorzien in het benodigde (snel) laadvermogen.

3.3 Staalkaarten

Voor drie ketenstappen (groeve, binnenvaart en diesel) die in verschillende fasen van de levenscyclus van ballast zijn terug te vinden, zijn zogenaamde staalkaarten opgesteld (zie 3.3.1 - 3.3.3) waarin CO₂-vrije alternatieven voor de bestaande processen worden samengevat.

⁸ <https://www.natuurenmilieu.nl/wp-content/uploads/2019/09/Elektrische-mobiele-werktuigen-in-beeld.pdf>

3.3.1 Elektrische kiepwagen

Grondstoffen productiefase (A1):

Techniek:

Technology Readiness Level: 9 - Operationeel
Beschikbaar in (schatting): 2019
Leverancier(s): Kuhn Schweiz AG [[bron 1](#)]

Elektrische kiepwagen

Barrières

- Beperkte actieradius.
- Laadtijd en laadinfrastructuur.
- Schaarse grondstoffen voor batterijen nodig.

Kansen

- Verbetering luchtkwaliteit.
- Reductie geluidsoverlast.
- Wint remenergie terug.
- Onderhoudsarm.
- Lagere TCO bij stijging fossiele brandstofprijs.

Praktische uitdagingen:

- Houdt energie over bij groeve boven maaiveld maar voor groeve beneden maaiveld is veel batterijcapaciteit nodig.
- Beschikbaarheid bij aannemers.
- Afschrijving bestaande vloot.
- Opname in aanbesteding.
- Acceptatie (initiële) meerprijs.



¹ <https://www.kuhn-gruppe.ch/en/building-machines/products/eminig/e-dumper-0>

3.3.2 Elektrisch binnenvaartschip

Transportfase (A2, A4, C2):

Techniek:

Technology Readiness Level: 7 - Demonstratie
Beschikbaar in: 2022
Leverancier(s): ConcordiaDamen/Wärtsilä [[bron 1](#)]

Elektrische kiepwagen

Barrières

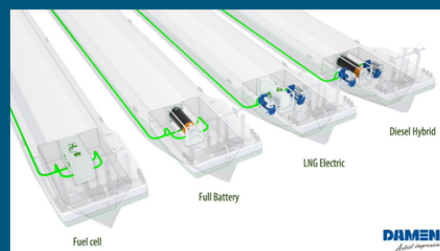
- Beperkte actieradius.
- Hoge investeringskosten.
- Snelheid waarmee duurzame opwekcapaciteit moet toenemen om in additionele vraag te voorzien.

Kansen

- Volledig emissievrij, dus ook verbetering luchtkwaliteit.
- Onderhoudsarm.
- Lagere TCO bij stijging fossiele brandstofprijs.

Praktische uitdagingen:

- Aanleg van laad- en wisselinfrastructuur. Vooral geschikt voor standaard routes.
- Opname in aanbesteding.
- Acceptatie (initiële) meerprijs.
- Versnellen uitrol van technologie in binnenvaart om beschikbaarheid te vergroten.



¹ <https://www.eicb.nl/wp-content/uploads/2019/04/EICB-gorinchem-workshop-BK-deel-NL.pdf>

3.3.3 Biodiesel (B100) / Power-to-liquid

Transport- en realisatiefasen (A1, A4, A5, C2):		Praktische uitdagingen:
Techniek: Technology Readiness Level: 9 - Operationeel Beschikbaar in (schatting): ~2012 Leverancier(s): Tamoil, 50 locaties [bron ^{1,2}] Kuster olie, levert op locatie [bron ³] Vosoliegas [bron ⁴]	Biodiesel (B100) / Power-to-Liquid	• Machines geschikt maken voor B100 (HVO). Vooral Euro 5 en Euro 6 motoren kunnen op B100 draaien (ook kans voor betere luchtkwaliteit). • Beschikbaarheid bij aannemers: tanklocaties beperkt en on-site levering is nog duurder. • Acceptatie meerprijs.
Barrières • Niet voor alle voertuigen geschikt. Motoren moeten voldoen aan EN15940 norm. • Hogere kosten: ongeveer €0,2/liter voor B100. • Duurzaamheid biobrandstof.	Kansen • Makkelijk toe te passen. • Opstap naar ontwikkeling van volledig synthetische diesel. Luchtvaart zet eerste stappen met kerosine van CO₂ uit lucht en zonne-energie [bron⁵].	

¹<https://www.tankpro.nl/brandstof/2018/04/26/tamoil-gaat-fossielvrij-alternatief-voor-diesel-verkopen/?gclid=accept>

²<https://tamoil.nl/nieuws/tamoil-neste-my-renewable-diesel>

³<https://blauwedieseltanken.nl/#/waar-tanken>

⁴<https://www.vosoliegas.nl/blauwe-diesel/>

⁵<https://www.rotterdamthehagueairport.nl/rotterdam-the-hague-airport-start-studie-naar-productie-van-duurzame-kerosine-uit-lucht/>

4 Conclusie en aanbevelingen

In deze studie is onderzocht welke mogelijkheden er zijn om de spoorballastketen CO₂-emissievrij te maken. In de conventionele ballastketen zijn CO₂-emissie hoofdzakelijk afkomstig van de verbranding van (verschillende vormen van) diesel, voor transport of voor (semi)stationaire toepassingen. Uit de analyse zijn de volgende **conclusies** te trekken:

- Er is geen CO₂-vrij alternatief voor ballast in de vorm van biobased materialen. Ook kan ballast niet worden weggelaten. Realisatie van een CO₂-vrije ballastketen moet gezocht worden in het verduurzamen van de bestaande ketenstappen. Het spreekt voor zich dat levensduurverlenging (minimaliseren onderhoud en maximaliseren inzet gerecyclede ballast) helpt in het omlaag brengen van de totale CO₂-uitstoot van spoorwegballast.
- In de branchegemiddelde CO₂-footprint van ballast met een functionele eenheid van één ton ballast en een gemiddelde levensduur van 35 jaar, is 58% van de CO₂-emissies afkomstig van transportbewegingen en 42% van (semi)stationaire werktuigen.
- Elektrificatie van (semi)stationaire werktuigen behoort inmiddels tot de mogelijkheden. Steeds meer machines worden met elektromotoren uitgevoerd en kunnen op een batterij of aangesloten op een voedingskabel opereren.
- De transportketen is ook deels (verder) te elektrificeren. Met name in het wegtransport en de binnenvaart worden momenteel concrete stappen gezet voor CO₂-vrije alternatieven. Maar ook goederentreinen kunnen verder geëlektrificeerd worden met accu/elektrische hybride aandrijving.
- Zeker als het gaat om grote volumes ballast die over relatief grote afstanden getransporteerd moeten worden dan is het elektrische alternatief minder aantrekkelijk vanwege de beperkte

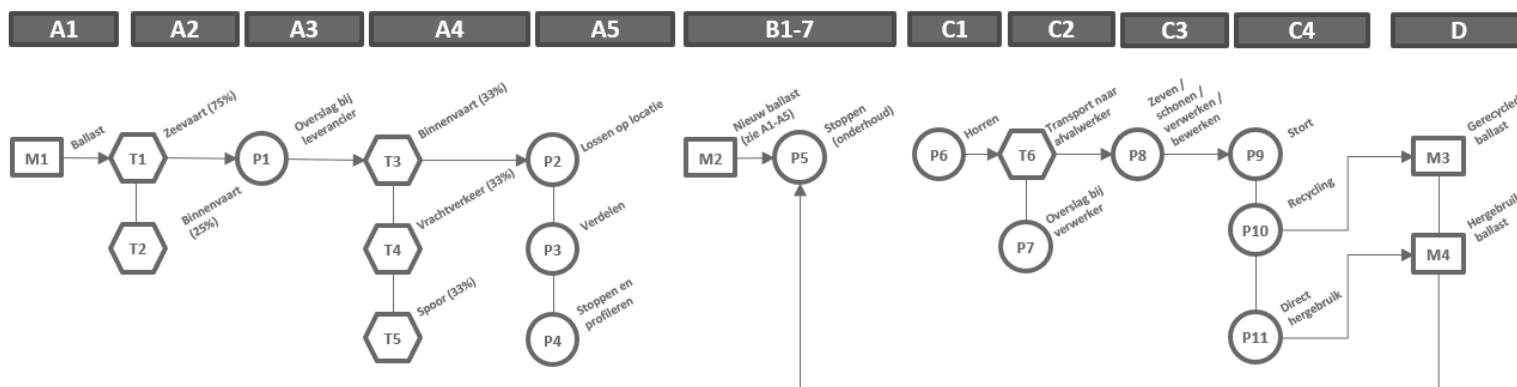
batterijcapaciteit en laadinfrastructuur. Het is daarom zaak om de transportketen van groeve tot toepassingslocatie zo kort mogelijk te houden. De groeves in België hebben daar de beste papieren voor.

- Bij maritiem transport zijn de uitdagingen om tot volledig emissievrije logistiek te komen het grootst. Daar zal voornamelijk worden ingezet op fuel switch naar duurzame brandstoffen maar die worden voorlopig niet op grote schaal ingezet.
- Voor de (semi)stationaire werktuigen en transportvoertuigen die nog niet elektrisch zijn (en/of die in de nabije toekomst ook nog moeilijk te elektrificeren zijn) is er nog een alternatieve route om tot bijna CO₂-emissievrij te komen. Biobrandstoffen (B100) en in de toekomst synthetische brandstoffen leiden wel tot CO₂-uitstoot bij verbranding, maar omdat de CO₂ kortcyclisch is draagt deze uitstoot – in principe – niet bij aan klimaatverandering. B100 leidt nu tot maximaal 89% CO₂-reductie (op basis van huidige LCA methodiek). PtL geeft volgens de LCA methodiek 100% CO₂-reductie.
- Een CO₂-vrije ballastketen is in principe op korte termijn (binnen nu en enkele jaren) mogelijk. Hiervoor dient dan wel in verschillende stappen in de keten en door verschillende stakeholders voor CO₂-vrije alternatieven gekozen te worden. Voor het ene project zal het makkelijker te realiseren zijn dan voor het andere. De locatie en de omvang van het werk bepalen in grote mate hoe kosteneffectief het CO₂-vrije alternatief is. Een voorbeeld van deze CO₂-vrije keten is gegeven in Figuur 4.

Om zo snel mogelijk tot een CO₂-vrije ballastketen te komen worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Analyseer voor elk project welke mogelijkheden er zijn om de volledige transportketen met elektrische aandrijving te realiseren en waar dat niet kan, welke mogelijkheden voor B100 ter vervanging van diesel er zijn.
- Bespreek met individuele groeves welke maatregelen getroffen kunnen worden om de CO₂-emissies in de groeves verder omlaag te brengen en wat daarvoor de meerkosten zijn. De groeve in Quenast, als voorbeeld, wekt reeds 25% van het elektriciteitsverbruik op met zonnepanelen. Dit zou verder verhoogd kunnen worden met uitbreiding van de zonneweide of plaatsing van een windmolen. Ook kan het materieel dat met diesel wordt aangedreven (nu nog wielladers, dumpers, machines voor de mijnboringen en het spoortransport (circa 5 km) naar de binnenvaart haven van Tubeke) op de middellange termijn vervangen worden door elektrisch materieel en in de tussentijd met B100 worden bediend.
- Bespreek met de aannemers welke mogelijkheden er zijn om elektrisch materieel in te zetten en/of gebruik te maken van B100, en wat daarvoor de meerkosten zijn.
- Verwerk in de aanbesteding criteria die inzet van emissievrij materieel belonen. Reken hiervoor met een (fictieve) CO₂-prijs die de meerprijs van het emissievrije alternatief reflecteert. Houd daarbij in gedachten dat – om op het CO₂-reductiepad te komen dat nodig is voor het 2°C-scenario – een veel hogere CO₂ prijs nodig zal zijn dan nu het geval is (ordegrootte €300/ton CO₂).
- Verken voor stop- en hortreinen (en ander specifiek materieel met hoge investeringskosten) die Europees worden ingezet welke mogelijkheden er zijn om samen met andere Europese spoorbedrijven (financieel) bij te dragen aan CO₂-vrije alternatieven. De CO₂-emissies van dergelijke unieke machines vallen weliswaar niet in de Scope 1 van ProRail maar omdat ze uitsluitend voor het spoorwegonderhoud worden ingezet (in tegenstelling tot vrachtwagens en -schepen) ligt er een grotere verantwoordelijkheid bij de spoorbedrijven bij het terugdringen van deze CO₂-emissies.

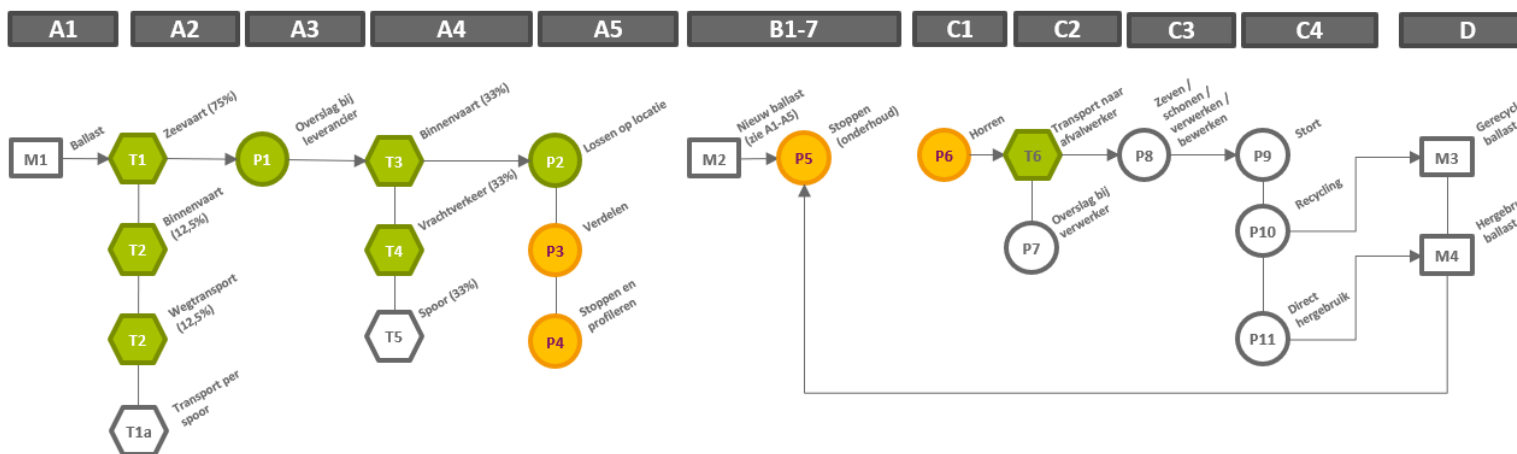
Ketenanalyse van "ballast" (huidige keten)



Legenda



Ketenanalyse van "ballast" (CO2-vrije keten)



Figuur 4, Procesboom huidige en CO2-vrije procesboom ballast

Beschrijving optimale CO2-vrije keten

- A1: ballast wordt in de groeve van Quenast gewonnen en met behulp van elektrische transportbanden naar het maaiveld gebracht. Wanneer voertuigen niet te elektrificeren zijn wordt B100 gebruikt.
- A2-A4: ballast wordt per geëlektrificeerd spoor naar de locatie gebracht of per elektrische as. Indien elektrificatie niet haalbaar is wordt B100 gebruikt.
- A5-B7: Stoppen en horren wordt met een hybride horten uitgevoerd waarbij B100 als brandstof wordt gebruikt
- C1-C4: Transport en verwerking wordt waar mogelijk geëlektrificeerd. Als alternatief wordt gebruik gemaakt van B100 als brandstof voor mobiele en stationaire voertuigen.
- D: Er wordt zo veel als mogelijk gebruik gemaakt van gerecyclede ballast om de gemiddelde levensduur te verlengen.