

RAPPORT

Dominantieanalyse ProRail 2021

Klant: ProRail

Referentie: BH8722IBRP2107281412

Status: Definitief/P01.01

Datum: 24 september 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Mobility & Infrastructure
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
reception.ame-la@nl.rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Dominantieanalyse ProRail 2021

Ondertitel: Dominantieanalyse
Referentie: BH8722IBRP2107281412
Status: P01.01/Definitief
Datum: 24 september 2021
Projectnaam: Dominantieanalyse scope 3 emissies
Projectnummer: BH8722
Auteur(s): Caspar Aardenburg, Willemijn Drok

Opgesteld door: Willemijn Drok

Gecontroleerd door: Michiel Wolbers

Datum: 26-07-2021

Goedgekeurd door: Willemijn Drok

Datum: 24-09-2021

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Inhoud

Samenvatting	1
1. Inleiding	5
1.2 Doel	5
2 Werkwijze	6
2.1 Werkwijze op hoofdlijnen	6
2.2 Indeling in ketens en systemen	8
2.3 Bepaling van emissies (kolom 3 CO ₂ -Prestatieladder dominantieanalyse)	9
2.4 Bepaling van 'technische' reductiepotentieel en invloed van ProRail (kolom 4 en 5 CO ₂ -Prestatieladder dominantie-analyse)	11
3 Resultaten	13
3.1 Dominantieanalyse CO ₂ -emissies conform indeling CO ₂ -Prestatieladder	13
3.2 Top-20 absolute scope 3 emissies	1
3.3 Toelichting op de grootste wijzigingen in de top 20	2
3.4 Invloed van ProRail op emissies dieseltreinen	3
3.5 Voor- en natransport reizigers	4
3.6 Onzekerheidsanalyse	5
3.7 Conclusies en aanbevelingen	7

Bijlagen

- Bijlage A1 – Toelichting berekeningen top 20
- Bijlage A2 – Onderbouwing relatieve rangorde
- Bijlage A3 – Emissiefactoren Ecoinvent

Samenvatting

ProRail heeft in 2010, 2014 en 2017 dominantieanalyses uitgevoerd van haar scope 3 CO₂-emissies. Scope 3-emissies zijn indirecte CO₂-emissies die een gevolg zijn van de activiteiten van ProRail, maar die voortkomen uit emissiebronnen die geen eigendom van ProRail zijn of door ProRail beheerd worden. In dit onderzoek is de dominantie analyse van 2017 geactualiseerd.

Voor ProRail gaat het om emissie uit vier ketens:

- Mobiliteitsketen (CO₂-emissies als gevolg van energiegebruik voor- en natransport van goederen en personen over het spoor);
- Treinketen (CO₂-emissies door energiegebruik treinen);
- Materiaalketen (CO₂-emissies door productie en transport van materialen);
- Dienstenketen (CO₂-emissies door ontwerp, aanleg en onderhoud van objecten).

Bepalen van relevante scope 3-emissies

Voor het bepalen van de emissies zijn de ketens onderverdeeld in systemen, waarbij de nadruk ligt op de materiaalketen, vanwege de grote hoeveelheid objecten die ProRail in beheer heeft. Het doel is om de meest relevante (materiële) emissiebronnen te inventariseren. De volgende aspecten bepalen wat als 'relevante' scope 3 -emissiebron wordt gezien:

- De absolute CO₂-uitstoot van de emissiebron;
- Het 'technische' reductiepotentieel om de uitstoot van de emissiebron te beperken;
- De invloed van ProRail om het reductiepotentieel te realiseren. In de praktijk spelen eigenaarschap en inkoopmogelijkheden een grote rol.

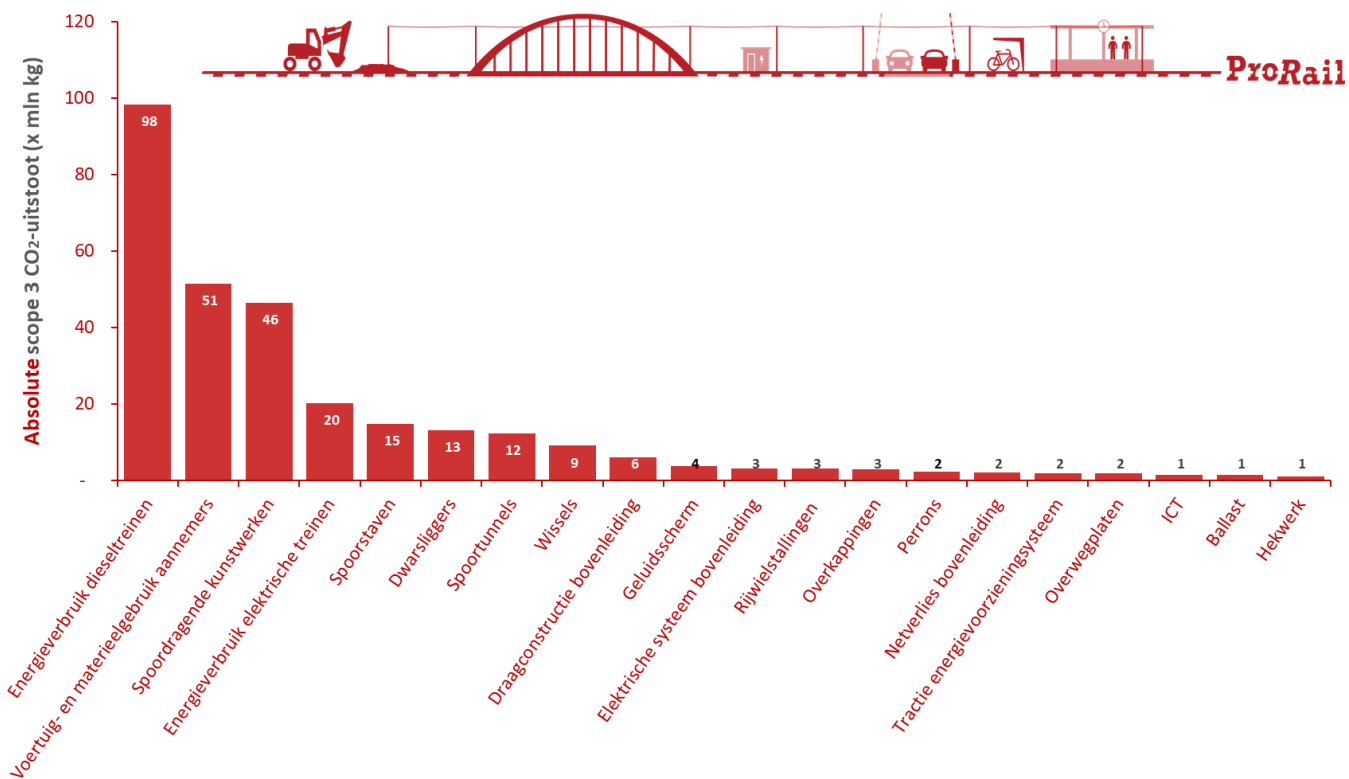
Eerst zijn de absolute emissies van de top 30 systemen uit 2017 geactualiseerd. Sinds 2017 is veel nieuwe data beschikbaar gekomen waardoor een betere inschatting van hoeveelheden en samenstelling van materialen gemaakt kon worden. Ook zijn emissiefactoren geactualiseerd.

Voor deze 30 systemen is vervolgens beoordeeld wat het technische reductiepotentieel is en wat de invloed is van ProRail om het reductiepotentieel te realiseren. Aan de hand van interviews met experts van ProRail, ketenanalyses van leveranciers en interviews met leveranciers is een inschatting gemaakt van de 'dominantie' van de verschillende systemen. Dit is gedaan in de vorm van een gewogen (relatieve) CO₂-emissies.

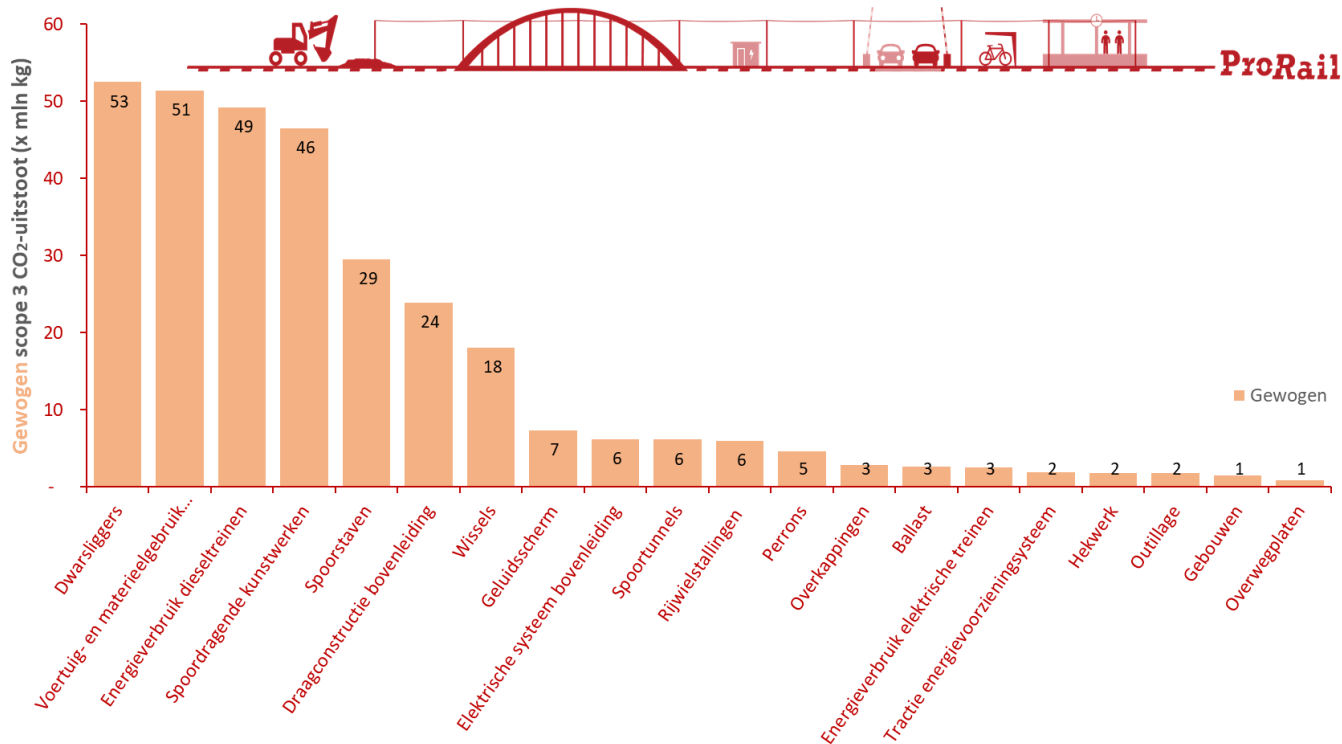
Op basis van deze gewogen CO₂-uitstoot is een top 20 samengesteld van de meest dominante scope 3-emissies bij ProRail. De totale CO₂-emissie van de systemen in deze top 20 bedraagt 97,6% van de totaal geïventariseerde emissie van alle 53 systemen.

Belangrijkste resultaten

In Figuur 1 en Figuur 2 zijn de belangrijkste resultaten van de dominantieanalyse weergegeven. De top 20 systemen zijn op volgorde van gewogen (relatieve) CO₂-emissies weergegeven, en zijn daarmee een indicatie van de 'dominantie' van de verschillende systemen. De hoogte van de roze balken geeft de absolute CO₂-emissies van de systemen aan. De rode balken duiden de hoogte van de gewogen emissie aan.



Figuur 1: Absolute top 20 scope 3 CO₂-emissies van ProRail.



Figuur 2: Gewogen top 20 meest dominantie scope 3 CO₂-emissies van ProRail

Belangrijkste wijzigingen ten opzichte van 2017

Onderstaand is de top 20 relevante systemen (gewogen dominantie) opgenomen.

#	Systeem	Positie 2017
1	Dwarsliggers	4
2	Voertuig- en materieelgebruik aannemers	1
3	Energieverbruik dieseltreinen	N.v.t. (niet meegenomen in 2017)
4	Spoordragende kunstwerken	3
5	Spoorstaven	8
6	Draagconstructie bovenleiding	16
7	Wissels	6
8	Geluidsschermen	5
9	Elektrische systeem bovenleiding	18
10	Spoortunnels	15
11	Rijwielstallingen	7
12	Perrons	10
13	Overkappingen	11
14	Ballast	2
15	Energieverbruik elektrische treinen	Buiten top 20 (stond op 0)
16	Tractie energievoorzieningsysteem	14
17	Hekwerk	9
18	Outillage	Buiten top 20
19	Gebouwen	Buiten top 20
20	Overwegplaten	Buiten top 20

In de gewogen top 20 staat het systeem 'Dwarsliggers' op de eerste plek. De gewogen emissie van dit systeem komt hoger uit dan in 2017, deels doordat de absolute emissies hoger zijn als gevolg van nieuwe LCA-data, en deels doordat de kansen voor reductie van de CO₂ en inkoop hoger zijn beoordeeld dan in 2017. Daarna volgen de systemen 'Voertuig- en materieelgebruik aannemers' en 'Energieverbruik dieseltreinen'. De emissies van het systeem 'Voertuig- en materiaalgebruik aannemers' is één plek gedaald sinds 2017. De emissies van dit systeem zijn wel aanzienlijk hoger dan in 2017, mede doordat de uitstoot van ballast voornamelijk naar dit systeem is verschoven vanwege nieuwe, gedetailleerdere LCA-data. De uitstoot van aanleg, onderhoud en sloop van ballast door toedoen van dieselverbruik van materieel is hoger dan de productie van de ballast zelf.

Het energieverbruik van treinen (diesel en elektrisch) zijn nieuw toegevoegde systemen ten opzichte van 2017. Met name het energieverbruik van dieseltreinen eindigt hoog in de top 20 van relevante emissies, omdat het om de hoogste absolute emissie gaat met een groot potentieel voor reductie (zie 3.4).

Verder zijn de systemen 'gebouwen' en 'outillage' dit jaar in de top 20 geëindigd, bij de analyse in 2017 vielen die er net buiten. Dat komt met name omdat de kansen voor inkoop en reductie hoger zijn beoordeeld dan in 2017.

Aanbevelingen ketenanalyses

De CO₂-Prestatieladder schrijft voor dat op basis van de scope 3-dominantieanalyse er twee ketens worden geselecteerd voor verder onderzoek in een zogenaamde 'CO₂-ketenanalyse'. Op basis van de resultaten van analyse en de bestaande kennis van de ketens, kan gedacht worden aan een analyse van één van de volgende drie ketens:

- **Suggestie 1: nul-in-de-keten-analyse dwarsliggers.** Voor dwarsliggers is een LCA beschikbaar, het inzicht in de CO₂-emissies van de verschillende ketenstappen is daardoor al aanwezig. Aanvullend op de bestaande inzichten kan een 'nul-in-de-keten' analyse gedaan worden om inzicht te krijgen hoe de keten zo snel mogelijk emissievrij gemaakt kan worden.
- **Suggestie 2: nul-in-de-keten-analyse energieverbruik dieseltreinen.** ProRail heeft een LCA voor dieseltreinen op laten stellen. Een nul-in-de-keten-analyse kan ook hier meer inzicht geven in reductiemogelijkheden in de keten.
- **Suggestie 3: ketenanalyse spoordragende kunstwerken.** Spoordragende kunstwerken staat op nummer 3 voor de absolute emissies, en op nummer 4 voor de gewogen emissies. Het heeft dus een belangrijk aandeel in de CO₂-emissie in de keten van ProRail. Een ketenanalyse van spoordragende kunstwerken biedt de mogelijkheid om de huidige berekening van de emissie van kunstwerken te verfijnen en aan te scherpen.

1. Inleiding

Volgens de eisen van de CO₂-Prestatieladder moet ProRail rapporteren over haar scope 3 emissies. Op basis van de eisen in het Handboek CO₂-Prestatieladder 3.1 is in 2021 een nieuwe dominantieanalyse uitgevoerd.

De dominantieanalyse is een actualisatie en verdere verfijning van de eerdere dominantieanalyses van ProRail, die zijn uitgevoerd in 2010, 2014 en 2017.

Indeling van CO₂-emissies

Zowel de CO₂-Prestatieladder als het internationale GHG-Protocol vragen dat CO₂-emissies op organisatieniveau worden opgedeeld in drie zogenaamde 'scopes':

Scope 1 en 2 bevatten alle directe broeikasgasemissies uit bronnen in eigendom of onder controle van ProRail (scope 1) en broeikasgasemissies van ingekochte elektriciteit, stoom en warmte/koude (scope 2). De broeikasgasemissies in deze twee scopes worden jaarlijks door ProRail gerapporteerd.

Scope 3 emissies zijn het gevolg van de activiteiten van ProRail, maar vinden plaats bij emissiebronnen die niet in eigendom zijn van ProRail of die niet direct door ProRail worden beheerd. Voorbeelden hiervan zijn emissie door winning en productie van ingekochte materialen (emissie vindt plaats bij producent), woon-werkverkeer (emissie komt van auto die eigendom is van de werknemer) en afvalverwerking (emissie komt vrij bij de afvalverzamelaar/verwerker). Het volledig in beeld brengen van scope 3 emissies is praktisch gezien niet mogelijk. Met behulp van een scope 3 dominantieanalyse kunnen de belangrijkste scope 3 emissiebronnen worden geïdentificeerd en gekwantificeerd.

1.1 Doel

Het doel van de dominantieanalyse is tweeledig: behalve het bepalen van scope 3 emissies, is een dominantie-analyse bedoeld om ketens te identificeren die hoogste potentie hebben om reductiemaatregelen (verder) te onderzoeken en realiseren. Deze doelen zijn geformuleerd in eis 4.A en eis 5.A van het Handboek CO₂-prestatieladder 3.1 (zie onderstaande kaders).

Conform de eisen van de CO₂-Prestatieladder moet ProRail voor twee scope 3 emissiebronnen een CO₂-ketenanalyse uitvoeren. Op basis van deze inzichten kan ProRail strategisch inzetten op de belangrijkste speerpunten in het reduceren van haar scope 3 emissies.

Doelstelling eis 4.A CO₂-Prestatieladder

De organisatie heeft naast scope 1 en 2, de relatieve omvang van scope 3 emissies bepaald. Het management is zich bewust van de invloed van de organisatie in de verschillende ketens, up en downstream, waarin het acteert. Op basis van deze kennis identificeert de organisatie kansrijke mogelijke energie en CO₂-reductiemaatregelen in de ketens, en potentiële ketenpartners voor de aanpak ervan.

Doelstelling eis 5.A CO₂-Prestatieladder

Doelstelling: De organisatie verbreedt en verdiept haar inzicht in scope 3 en in de wijze waarop de organisatie emissies in scope 3 kan reduceren.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de werkwijze in detail besproken. In hoofdstuk 3 worden de resultaten weergegeven, onzekerheden benoemd en gekwantificeerd en worden conclusies en aanbevelingen gegeven. In bijlage A1 is verdere achtergrondinformatie over de berekeningen per keten. Bijlage A2 bevat het overzicht van mogelijke reductiemaatregelen per keten. Bijlage A3 bevat een overzicht van gebruikte emissiefactoren.

2 Werkwijze

2.1 Werkwijze op hoofdlijnen

Op basis van de vereisten uit de Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard van het GHG Protocol en de aanvullende vereisten uit handboek 3.1 van de CO₂-Prestatieladder is een dominantieanalyse uitgevoerd. ProRail heeft de volgende ketens geïdentificeerd die scope 3 emissies veroorzaken:

- Mobiliteitsketen¹ (CO₂-emissies als gevolg van energiegebruik voor- en natransport van goederen en personen);
- Treinketen (CO₂-emissies door energiegebruik treinen en vervangend busvervoer);
- Materiaalketen (CO₂-emissies door productie en transport van materialen);
- Dienstenketen (CO₂-emissies door ontwerp, aanleg en onderhoud).

Deze ketens zijn onderverdeeld in een aantal 'systemen'. De indeling in systemen maakt het mogelijk om scope 3-emissies met elkaar te vergelijken en de omvang ervan te vergelijken met de emissies die zijn gerapporteerd in 2010, 2014 en 2017.

Tijdens een startgesprek hebben Royal HaskoningDHV en ProRail gecontroleerd of de 15 categorieën van scope 3-emissies conform de Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard voldoende zijn afgedekt door de vier ketens en de indeling in systemen die ProRail hanteert. Dit heeft ertoe geleid dat het systeem woon-werkverkeer in de analyse is opgenomen. Woon-werkverkeer was eerdere analyses niet opgenomen vanuit de veronderstelling dat medewerkers van ProRail altijd met de trein naar kantoor kwamen en dat de emissies daarom verwaarloosbaar zouden zijn. In 2020 zijn toch veel autokilometers gemaakt als gevolg van woon-werkverkeer waardoor besloten is om dit systeem toe te voegen.

2.1.1 Bepaling relevantie van Scope 3 emissies

Het handboek van de CO₂-Prestatieladder v3.1 schrijft voor dat relevante scope 3 emissiebronnen niet alleen worden geselecteerd op basis van de totale emissie, maar ook op de mogelijkheden die er zijn om de emissies te beïnvloeden. Om deze afweging te maken wordt een specifiek format voorgeschreven, waarbij in verschillende kolommen van een tabel de verschillende factoren worden benoemd die van invloed zijn op de 'dominantie' van specifieke emissiebronnen.

In Tabel 1 is weergegeven hoe deze eisen vertaald zijn naar de analyse in dit rapport:

Kolom	Definitie CO ₂ -Prestatieladder	Interpretatie voor ProRail:
1	Product Markt Combinaties (PMC's) sectoren en activiteiten	De PMC's zijn gelijkgesteld aan de 4 ketens die ProRail heeft gedefinieerd: Mobiliteit, Treinketen, Materiaalketen en Dienstenketen.
2	Omschrijving van activiteit waarbij CO ₂ vrijkomt (emissiebronnen)	'Activiteiten' zijn gelijkgesteld aan de 'systemen'. Er is zo veel mogelijk aangesloten op de systeemindeling (zie par 2.2) die ook is gehanteerd in eerdere dominantieanalyses (i.h.k.v. monitoring van emissies).

¹ Bij de bepaling van de Scope 3 emissies is deze buiten de dominantieanalyse gelaten. Voor een toelichting zie paragraaf 3.5

3	Relatieve belang van CO ₂ -belasting van de sector	De CO ₂ -uitstoot per systeem
4	Relatieve invloed van de activiteiten	Voor ProRail is deze kolom geïnterpreteerd als het 'technische' reductiepotentieel. Dit is onderverdeeld in twee componenten: 1) het bestaande technische reductiepotentieel en 2) eventuele beperkende technische eisen die het doorvoeren van reductiemaatregelen in de weg staan.
5	Potentiële invloed van het bedrijf op de CO ₂ -reductie van de betreffende sectoren en activiteiten	Voor ProRail is deze kolom geïnterpreteerd als de invloed die ProRail op derden uit kan oefenen om de reductie daadwerkelijk te behalen. Dit is onderverdeeld in twee componenten: 1) de vraag of ProRail eigenaar is van het systeem en 2) de vraag in welke mate er de komende drie jaar inkooptrajecten opgestart worden voor het systeem.
6	Rangorde	De keuze voor een wegings-/scoringmethode is niet voorgeschreven en is bepaald in overleg tussen Royal HaskoningDHV en ProRail.

Tabel 1: Opzet dominantie-analyse conform CO₂-Prestatieladder en invulling voor ProRail.

Om de gegevens in kolom 3 in te vullen moet ingeschat worden welke emissies relevant zijn. De relevantie van de emissiebronnen voor CO₂-reductie wordt weer bepaald door een combinatie van kolom 3, 4 en 5. In de praktijk is er daarom sprake geweest van een iteratief proces, waarbij de focus lag op het aanscherpen van berekening van de (naar schatting) 30 grootste CO₂-emissiebronnen². Door deze emissies steeds verder te detailleren, vonden verschuivingen plaats in de rangorde van CO₂-emissies. Daardoor kwamen er weer nieuwe systemen in scope om aangescherpt te worden.

2.1.2 Werkwijze voor maken CO₂-berekeningen

Op hoofdlijnen is het volgende proces gevolgd om tot een CO₂-uitstoot per systeem te komen:

1. ProRail heeft intern informatie verzameld over aantallen, levensduren en materialen in het spoorstelsel.
2. Met het projectteam is besproken welke relevante scope 3-categorieën nog ontbraken in de analyse uit 2017 (aan de hand van het GHG-Protocol) en in welke systemen in de tussentijd (mogelijk) grote wijzigingen zijn opgetreden.
3. Royal HaskoningDHV heeft op basis van deze informatie een eerste aanscherping gedaan van de grootste CO₂-emissies. Daarbij lag de focus op de grootste emissiebronnen in de analyse van 2017 (top 30).
4. Ontbrekende gegevens zijn opgevraagd bij experts van ProRail. Ook zijn de experts geïnterviewd over de mogelijkheid om CO₂-uitstoot te reduceren binnen de systemen van hun expertise.
5. Van de top 30 grootste systemen (op basis van de eerste aanscherping) is de emissie vervolgens verder verfijnd. Systemen buiten de top 30 zijn alleen geactualiseerd wanneer het vermoeden bestond dat bij aanscherping van de eerdere berekening het systeem in de top 20 meest dominante systemen zou komen te staan. Wanneer ProRail nieuwe hoeveelheden of aantallen heeft aangeleverd, en waar emissiefactoren zijn veranderd ten opzichte van 2017 is dit bij alle items (ook buiten de top 30) aangepast.

² In de berekening van de Scope 3 emissies zijn ook andere broeikasgassen meegenomen; de getoonde resultaten zijn CO₂ equivalenten. Voor de leesbaarheid van het rapport is echter gekozen voor "CO₂".

Hoewel met deze methode onnauwkeurigheden niet kunnen worden uitgesloten (met name in de bepaling van systemen met een naar verwachting relatief kleine emissie), blijkt in de praktijk dat de top 20 dominante systemen veruit het grootste deel van de totale geïnventariseerde CO₂-emissies uitmaken. Het aanscherpen van systemen met een zeer kleine CO₂-emissie levert naar verwachting dus een kleine winst op in de nauwkeurigheid van de bepaling van de totale CO₂-emissies. Vanuit de overweging dat verreweg de meeste emissies zijn gedekt door de top 20 systemen, wordt in dit rapport enkel in detail gerapporteerd over de emissies van deze top 20.

2.2 Indeling in ketens en systemen

Het spoorstelsel is door ProRail ingedeeld in vier ketens (Product Markt Combinaties). Deze zijn onderverdeeld in dertien verschillende **subketens** met de volgende definities:

1. Mobiliteitsketen
 - Het **voor- en natransport van personen** van en naar de stations;
 - Het **woon-werkverkeer** van ProRail medewerkers.
2. Treinketen
 - Het **netverlies** dat ontstaat in de bovenleidingen;
 - Het **energieverbruik** (elektriciteit en diesel) van treinen die gebruik maken van de infrastructuur van ProRail.
3. Materiaalketen
 - Het **draagsysteem** (de ondergrond);
 - Het **doorsnijdingssysteem**, bestaande uit de (spoordragende en niet-spoordragende) kunstwerken, hekwerken en ARBO-hekwerken, duikers en geluidschermen;
 - Het **geleidsysteem** dat wordt gevormd door ballast, dwarsliggers, spoorstaven, overwegen en wissels³;
 - Het **energievoorzieningssysteem**, bestaande uit bovenleiding (elektrisch systeem en draagconstructie), schakelstations, stationstransformatoren, tractie energievoorzieningssysteem (onderstations en kabels) tankinstallaties, 3 kV afnamepunten en voeding TBB-systeem (Treinbeveiliging en beheersing);
 - Het **treinbeveiligingssysteem** bestaande uit de overweginstallaties, seinen, relaishuizen, treinbeïnvloeding, beveiligingskabel en verlichting;
 - Het **transfersysteem**, bestaande uit de stationsgebouwen, perrons, outillage, overkappingen, verbindingsobjecten, transfervoorzieningen, rijwielstallingen en het treininformatiesysteem (info+) bedoeld voor treinreizigers;
 - De geïnstalleerde **zonnepanelen**;
 - De **gebouwen en facilitaire zaken**, bestaande uit de gebouwen, ICT-apparatuur, meubilair en kantoormiddelen.
4. Dienstenketen
 - **Aanleg en onderhoud door aannemers**, bestaande uit de scope 1 en 2 emissies van aannemers, zoals van voertuig- en materieelgebruik.

De dertien subketens zijn verder uitgesplitst naar 53 systemen (de 'activiteiten' uit kolom 2 van Tabel 1). De systemen bestaan op hun beurt weer uit onderdelen en objecten. De hiërarchie is weergegeven in onderstaande grafiek met een voorbeeld uit de materiaalketen:

³ Wissels zijn als apart element van het geleidsysteem beschouwd en dus NIET integraal meegenomen bij o.a. ballast, wissels en spoorstaven.



Op methodische gronden is besloten om de emissie van voor- en natransport van goederen en personen over het spoor niet op te nemen in de top 20. Voor- en natransport van spoorvervoer zijn een scope 3-categorie van de spoorvervoerder – en niet van ProRail. Emissie van voor- en natransport hoort dan ook niet thuis in de 15 categorieën van scope 3-emissies zoals het GHG-Protocol die definieert. Toch heeft ProRail enige mate van invloed op dit voor- en natransport. Om die reden zijn emissies horend bij voor- en natransport wel geactualiseerd en apart vermeld in dit rapport (zie paragraaf 3.5).

Inhoudelijke wijzigingen

Aan de hand van nieuwe brongegevens en emissiefactoren is voor veel systemen een gedetailleerder inzicht verkregen ten opzichte van de analyse uit 2017.

De volgende systemen zijn toegevoegd:

- Energieverbruik dieseltreinen;
- Energieverbruik elektrische treinen;
- Woon-werkverkeer.

Beide treinketens zijn toegevoegd op verzoek van ProRail. Het grootste deel van de elektrische treinen is van de NS en rijdt op windstroom die in Nederland is opgewekt. De NS rekent hiervoor de emissiefactor tank-to-wheel (het gebruik van de energie in de trein), die volgens CO₂emissiefactoren nul is. ProRail wil graag inzicht in de emissies op basis van een LCA-benadering, dus inclusief de emissies als gevolg van bouw, onderhoud en sloop van windmolens.

Woon-werkverkeer is meegenomen. In de eerdere dominantieanalyses werd ervan uitgegaan dat medewerkers van ProRail altijd met de trein naar hun werk komen, en dat woon-werkverkeer daardoor geen relevante emissies kent. In 2020 werd echter toch een aanzienlijk aantal kilometers woon-werk verkeer gereden, mogelijk doordat medewerkers die niet vanuit huis konden werken meer met de naar hun werk auto gingen als onderdeel van de geldende coronamaatregelen.

In vergelijking met het jaar 2017 zijn er geen aanpassingen gedaan aan de categorisering die is gehanteerd.

2.3 Bepaling van emissies (kolom 3 CO₂-Prestatieladder dominantieanalyse)

Om de ketenemissie van ProRail te berekenen zijn alle relevante materialen en processen omgerekend naar CO₂-uitstoot met behulp van CO₂-emissiefactoren. Bij voorkeur zijn de emissiefactoren die de CO₂-Prestatieladder voorschrijft gebruikt (afkomstig van www.CO2emissiefactoren.nl). Voor het berekenen van scope 3 emissies van materialen schrijft de CO₂-Prestatieladder daarnaast voor om de gegevens uit de Nationale Milieudatabase te gebruiken. Voor materialen zijn daarom de emissiefactoren berekend aan de hand van data uit de Nationale Milieudatabase 3.2. Als een materiaal of proces niet in de Nationale Milieudatabase staat is de data uit Ecoinvent 3.5 verkregen en berekend volgens de bepalingmethode milieuprestatie bouwwerken.

Voor een groot deel van de spoorobjecten is zodoende gebruik gemaakt van gevalideerde (categorie 3) ketenanalyses uit de Nationale Milieudatabase. Ketenanalyses zijn opgebouwd uit uitgebreide specifieke processen en geven een zeer compleet beeld over de betreffende functionele eenheid van de onderzochte producten. Voor de volgende spoorobjecten is gebruik gemaakt van een ketenanalyse:

- Spoorballast
- Spoorstaven
- Dwarsliggers
- Wissels en wisselverwarming
- Stalen portalen
- Geluidschermen
- Perrontegels en keerwanden

Ook zijn er aanvullende ketenanalyses (EPD-certificaten) gebruikt voor producten van een zeer hoge complexiteit. Het gaat om de volgende producten:

- Roltrappen
- Liften
- Printers

2.3.1 Emissiefactoren uit Ecoinvent

Voor de data uit Ecoinvent is gebruik gemaakt van de 'allocation, cut-off by classification' database die wordt voorgeschreven volgens de bepalingmethode milieuprestatie bouwwerken van de Nationale milieudatabase. De achterliggende gedachte van de 'recycled content' (of 'cut-off') allocatiemethode is dat de impact van grondstofextractie volledig wordt toegekend aan de eerste gebruiker/levenscyclus en dat een producent volledig verantwoordelijk wordt gehouden voor het afval aan het eind van de levensduur. Er wordt geen krediet gegeven voor het leveren van herbruikbare grondstoffen. Het logische gevolg is dat gerecyclede grondstoffen vrij zijn van impacts gerelateerd aan de primaire grondstoffenextractie. Aan gerecyclede producten worden alleen de impacts van inzameling, recycling en productie toegekend.

Als impact assessment methode (waarmee de uitstoot van broeikasgasemissies wordt omgerekend naar CO₂-equivalenten) is gebruik gemaakt van de CML-NMD methode zoals voorgeschreven door de bepalingmethode milieuprestatie bouwwerken. Daarin wordt Global Warming Potential (GWP) bepaald volgens het model dat is opgesteld door de International Panel on Climate Change. GWP wordt hier met een tijdshorizon van 100 jaar berekend. GWP beslaat naast CO₂ ook de uitstoot van andere (potentere) broeikasgassen. Zo houdt de uitstoot van 1 kg CH₄ in een periode van 100 jaar 28 keer zoveel warmte vast als de uitstoot van 1 kg CO₂. Het GWP van methaan is daarmee 28 CO₂-equivalenten. De IPCC-impact assessment methode bevat GWP-data voor alle broeikasgassen zoals gedocumenteerd in het 5e Assessment Report van het IPCC en reflecteert de meest actuele wetenschappelijke inzichten op het gebied van broeikasgasemissies.

2.3.2 Bepaling van de emissies van aannemers

De emissies van aannemers zijn benaderd door specifieke data uit de bovengenoemde ketenanalyses te halen. Hiervoor zijn specifieke 'levenscyclusfasen EPD' toegepast, zoals gehanteerd in de bepalingmethode milieuprestatie bouwwerken. Het gaat hier om de bouwfase (A4 en A5), de gebruiksfase (B) en de sloopfase (C1 en C2). Hier is bewust het operationeel energieverbruik (B6) uit de gebruiksfase niet meegerekend, aangezien dit onder de scope 1 en 2 emissies van ProRail valt, zoals het

geval is bij wisselverwarmingen. Uitzondering hierop is de gebruiksfase van wissels. Bij wissels beslaat de gebruiksfase voornamelijk het vervangen van materiaal, waardoor bij deze producten de emissies van de gebruiksfase zijn toegekend aan de scope 3-emissies van ProRail.

Voor processen en materialen waar geen ketenanalyse beschikbaar is, is er gebruik gemaakt van de verhoudingen van de specifieke levenscyclusfasen zoals deze in DuboCalc staan vermeld in vergelijking met het proces uit Ecoinvent. Hiervoor is DuboCalc versie 6.0.4 gebruikt met de items die aanwezig zijn tot 29 juli 2021. De verhouding is vervolgens omgezet in een percentage en dit is gebruikt om het aandeel van de aannemers te benaderen.

Levensduur

Voor de objecten in de verschillende systemen is de levensduur in kaart gebracht. De bron die in de vorige studie over het jaar 2017 voor de inschatting van de levensduren gebruikt is, is de activa-klassentabel juni 2012 van ProRail. Deze levensduren zijn opnieuw gevalideerd door systeemexperts binnen ProRail en waar mogelijk vergeleken met ketenanalyses van de NMD.

Voor de berekening van de impact per jaar van een systeem is de impact van elk object “verdeeld” over de levensduur van het systeem.

2.4 Bepaling van ‘technische’ reductiepotentieel en invloed van ProRail (kolom 4 en 5 CO₂-Prestatieladder dominantie-analyse)

In het handboek 3.1 van de CO₂-Prestatieladder wordt expliciet gevraagd om relevante scope 3-categorieën niet alleen te bepalen op basis van totale CO₂-uitstoot, maar ook op basis van de beïnvloedbaarheid van deze emissies. Daarmee stimuleert de CO₂-Prestatieladder dat er scope 3-emissies worden gerapporteerd die ook daadwerkelijk te beïnvloeden zijn door middel van concrete maatregelen.

Zoals eerder genoemd in hoofdstuk 2.1 (zie rijen 4 en 5 in tabel 1) is het ‘technische’ reductiepotentieel en de invloed van ProRail vertaald naar de volgende twee beoordelingscategorieën, met de volgende drie weegfactoren:

Relatieve invloed van de activiteiten (‘technische’ reductiepotentieel):

1. CO₂-reductiepotentieel:
 - **Hoog:** betere alternatieven mogelijk of nog weinig naar mogelijkheden gekeken;
 - **Midden:** betere alternatieven mogelijk, maar marginale CO₂-winst of technische eisen beperken duurzamer materiaal- en/of materieelkeuze;
 - **Laag:** de beste alternatieven worden al ingekocht of er zijn geen betere alternatieven op de markt beschikbaar.

De beoordeling is gebaseerd op beschikbaarheid van duurzame alternatieven die op relatief korte termijn (<5 jaar) geïmplementeerd of ingekocht kunnen worden.

Potentiële invloed van het bedrijf op de CO₂-reductie van de betreffende sectoren en activiteiten (invloed van ProRail):

2. Eigenaarschap: **Ja / Nee;**
3. Kansen voor inkoop:

- **Hoog:** ProRail koopt hiervan relatief veel van in (materiaal en diensten), in ieder geval meer dan 2% van het totaal aanwezige systeem per jaar; of er zijn veel wijzigingen te verwachten in concessies, materieel of energie-inkoop (treinketen)
- **Midden:** ProRail koopt dit in, maar niet in grote hoeveelheden. Het gaat om minder dan 2% van het systeem per jaar. Bij de treinketen zijn beperkte inkoopmogelijkheden voor energiegebruik en wijzigingen in de concessies;
- **Laag:** er worden de komende jaren geen significante aantallen ingekocht; concessies wijzigen niet en er zijn geen inkoopkansen voor energie.

De beoordeling categorieën zijn gewijzigd ten opzichte van 2017, vanuit de wens de beoordeling te versimpelen. In 2017 is een beoordeling op 'beperkende technische eisen' gehanteerd met een weging. Deze is in de huidige analyse komen te vervallen. In hoeverre er beperkende eisen aanwezig zijn die het potentieel voor CO₂-reductie beperken wordt in de huidige analyse meegenomen binnen de beoordeling van het CO₂-reductiepotentieel.

De CO₂-Prestatieladder heeft geen bindende voorschriften hoe de bovenstaande aspecten doorvertaald moeten worden naar een weging en naar een definitieve score voor wat betreft de 'dominantie' van scope 3-emissies. Er is in dit geval gekozen om weegfactoren toe te kennen, waarmee de absolute CO₂-emissie van de systemen is doorvertaald naar een gewogen CO₂-emissie. De factor 'eigenaarschap' kan een hoeveelheid alleen halveren (zie ook Tabel 2). Kansen voor inkoop en reductiepotentieel kunnen een hoeveelheid ook verdubbelen, met de legitimatie dat deze weegfactoren volgens bovenstaande beschrijvingen ook een groter onderscheid tussen systemen kunnen maken.

Score	Eigenaar	Kansen inkoop	Reductiepotentieel
Ja of Hoog	1	2	2
Middel	n.v.t.	1	1
Laag	0,5	0,5	0,5

Tabel 2: Toegepaste weegfactoren voor het bepalen van 'dominante' emissiebronnen.

Bepalingsmethode

Van de systemen in de top 30 van de absolute CO₂-emissies zijn de reductiemaatregelen en de impact (kwalitatief) beoordeeld.

1. Door interviews met experts van ProRail en met leveranciers is bekeken welke reductiemaatregelen per systeem mogelijk zijn en wat de impact (kwalitatief) van de maatregelen is.
2. Van 10 aan de spoorssystemen gerelateerde ketenanalyses zijn de reductiemaatregelen en de mogelijke impact bepaald.
3. Op basis de expertinterviews, leveranciersinterviews en ketenanalyses van deze systemen is een beoordeling gegeven van de weegfactoren door Royal HaskoningDHV.

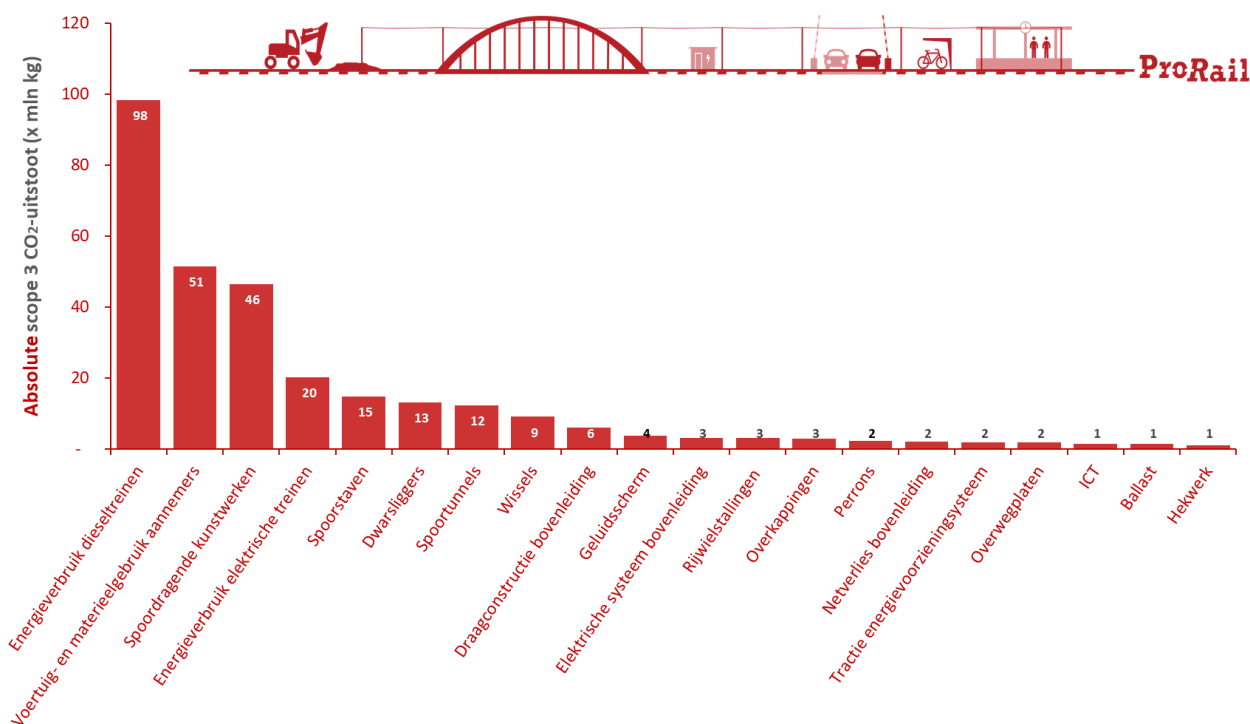
Een samenvatting van de reductiemaatregelen per keten is in bijlage A2 opgenomen.

3 Resultaten

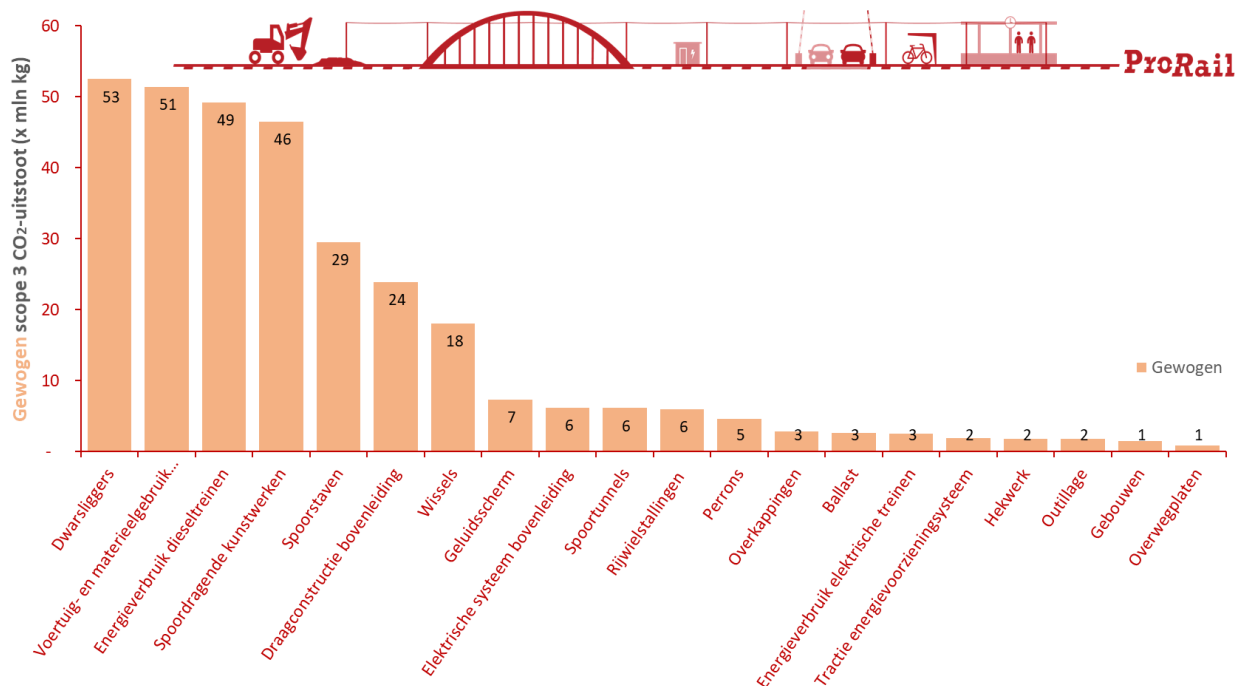
3.1 Dominantieanalyse CO₂-emissies conform indeling CO₂-Prestatieladder

In Tabel 3 is het resultaat van de dominantieanalyse samengevat volgens de stappen zoals voorgeschreven in het handboek van de CO₂-Prestatieladder v3.1 (zie voor vertaling van de CO₂-Prestatieladder eisen hoofdstuk 2.1). De hier getoonde top 20 is een selectie op basis van de gewogen emissies van elk systeem. De vertaling van absolute emissies (kolom) naar gewogen emissies (kolom 6) is gemaakt aan de hand van het emissiereductiepotentieel en de invloed van ProRail op het realiseren van de CO₂-reductie.

De absolute en gewogen emissies uit bovenstaande tabel zijn in Figuur 3 en Figuur 4 weergegeven.



Figuur 3: Absolute top 20 scope 3 CO₂-emissies van ProRail.



Figuur 4: Gewogen top 20 meest dominantie scope 3 CO₂-emissies van ProRail

In de gewogen top 20 staat het systeem 'voertuig- en materieelgebruik aannemers' op de eerste plek, net als in 2017. Daarna volgen dwarsliggers en spoorstaven. De gewogen emissie van deze 2 systemen komt hoger uit dan in 2017, deels doordat de absolute emissies hoger zijn als gevolg van nieuwe LCA-data, en deels doordat de kansen voor reductie van de CO₂ en inkoop hoger zijn beoordeeld dan in 2017.

Het energieverbruik van treinen (diesel en elektrisch) zijn nieuw toegevoegde systemen ten opzichte van 2017. Met name het energieverbruik van dieseltreinen eindigt hoog in de top 20 van relevante emissies, omdat het om de hoogste absolute emissie gaat, met een groot potentieel voor reductie.

Verder zijn de systemen 'gebouwen' en 'outillage' dit jaar in de top 20 geëindigd, vorig jaar vielen die er net buiten. Dat komt met name omdat de kansen voor inkoop en reductie hoger zijn beoordeeld dan in 2017.

Projectgerelateerd

Keten	Systemen	ton CO ₂	Reductie- potentieel	Beperkende technische eisen	Eigenaar	Kansen inkoop	#	ton CO ₂	Percentage
Dienstenketen	Dwarsliggers	13.128	Hoog	Nee	Ja	Hoog	1	52.512	16,6%
Materiaalketen	Voertuig- en materieelgebruik aannemers	51.386	Middel	Ja	Nee	Hoog	2	51.386	16,2%
Materiaalketen	Energieverbruik dieseltreinen	98.383	Hoog	Ja	Nee	Laag	3	49.191	15,5%
Materiaalketen	Spoordragende kunstwerken	46.473	Middel	Ja	Ja	Middel	4	46.473	14,7%
Materiaalketen	Spoorstaven	14.750	Middel	Ja	Ja	Hoog	5	29.499	9,3%
Materiaalketen	Draagconstructie bovenleiding	5.979	Hoog	Ja	Ja	Hoog	6	23.916	7,5%
Materiaalketen	Wissels	9.031	Middel	Nee	Ja	Hoog	7	18.062	5,7%
Materiaalketen	Geluidsscherm	3.658	Middel	Ja	Ja	Hoog	8	7.316	2,3%
Materiaalketen	Elektrische systeem bovenleiding	3.084	Middel	Nee	Ja	Hoog	9	6.168	1,9%
Materiaalketen	Spoortunnels	12.267	Middel	Ja	Ja	Laag	10	6.133	1,9%
Materiaalketen	Rijwielstallingen	2.973	Middel	Nee	Ja	Hoog	11	5.945	1,9%
Materiaalketen	Perrons	2.312	Hoog	Nee	Ja	Middel	12	4.624	1,5%
Materiaalketen	Overkappingen	2.784	Middel	Ja	Ja	Middel	13	2.784	0,9%
Materiaalketen	Ballast	1.327	Middel	Nee	Ja	Hoog	14	2.655	0,8%
Materiaalketen	Energieverbruik elektrische treinen	20.165	Laag	Nee	Nee	Laag	15	2.521	0,8%
Materiaalketen	Tractie energievoorzieningsysteem	1.868	Middel	Ja	Ja	Middel	16	1.868	0,6%
Materiaalketen	Hekwerk	899	Middel	Nee	Ja	Hoog	17	1.798	0,6%
Materiaalketen	Outillage	444	Hoog	Nee	Ja	Hoog	18	1.776	0,6%
Materiaalketen	Gebouwen	359	Hoog	Nee	Ja	Hoog	19	1.435	0,5%
Materiaalketen	Overwegplaten	1.739	Middel	Nee	Ja	Laag	20	870	0,3%
Totaal top 20:		293.008						316.932	100%
Totaal alle geïnventariseerde systemen:		301.926							
Aandeel top 20:		97,0%							

Tabel 3: Samenvatting dominantie-analyse ProRail 2021

3.2 Top-20 absolute scope 3 emissies

De actualisatie van de emissieberekening heeft ook tot verandering van de rangorde van de systemen op basis van absolute emissies geleid in vergelijking met de resultaten uit 2017. In Tabel 4 is de huidige ranking van de absolute emissies weergegeven en de ranking in de analyse uit 2017.

#	Systeem	CO ₂ -uitstoot per jaar (2020) in ton CO ₂ e	Positie 2017
1	Energieverbruik dieseltreinen	98.382.677	Niet meegenomen
2	Voertuig- en materieelgebruik aannemers	51.385.778	1
3	Spoordragende kunstwerken	46.473.053	2
4	Energieverbruik elektrische treinen	20.165.364	52 (stond op 0 emissies)
5	Spoorstaven	14.749.504	4
6	Dwarsliggers	13.127.932	5
7	Spoortunnels	12.266.968	7
8	Wissels	9.030.995	8
9	Draagconstructie bovenleiding	5.979.088	14
10	Geluidschermen	3.657.997	6
11	Elektrisch systeem bovenleiding	3.083.750	10
12	Rijwielstallingen	2.972.562	9
13	Overkappingen	2.784.031	11
14	Perrons	2.311.999	12
15	Netverlies bovenleiding	1.968.147	52 (stond op 0 emissies)
16	Tractie energievoorziening	1.868.041	13
17	Overwegplaten	1.739.053	17
18	ICT	1.380.547	16
19	Ballast	1.327.355	3
20	Hekwerk	899.073	15

Tabel 4: Top-20 absolute scope 3 emissies.

Er is een tweetal systemen dat wél in de top 20 staat op basis van absolute emissies maar niet in de top 20 relatieve emissies voorkomt (Tabel 5):

#	Systeem	Gewogen CO ₂ uitstoot	Eigenaar?	Kansen inkoop	Reductie-potentieel	Beperkende technische eisen?
23	ICT	345.137	Ja	Laag	Laag	Nee
24	Netverlies bovenleiding	246.018	Ja	Laag	Laag	Nee

Tabel 5: Systemen uit de absolute top 20 die niet voorkomen in de relatieve (dominantie) top 20

Andersom komen de systemen 'outillage' en 'gebouwen' niet in de absolute top 20 voor (daar staan ze op plaats 25 en 26) maar wel in de gewogen top 20. Dit komt omdat bij beide de kansen voor reductie en de kansen voor inkoop hoog ingeschat zijn waardoor deze systemen in de gewogen top 20 op plaats 17 en 18 komen.

3.3 Toelichting op de grootste wijzigingen in de absolute top 20

In vergelijking met 2017 is de volgorde en samenstelling van de top 20 systemen met het grootste aandeel aan absolute CO₂-emissies niet drastisch veranderd. Wel hebben er een aantal verschuivingen plaatsgevonden en zijn er twee systemen bijgekomen. Hier volgt een korte toelichting op de grootste veranderingen.

Updates van emissiefactoren en aantallen

Voor de meeste wijzigingen geldt dat deze zijn ontstaan door updates in de emissiefactoren. Daarnaast zijn van een aantal systemen de aantallen toegenomen. De grootste aanpassingen hebben plaatsgevonden in de volgende systemen:

- Ballast: Sinds de vorige dominantieanalyses is er een gedetailleerde ketenanalyse beschikbaar. Met deze ketenanalyse is een betere verdeling van de emissies van productie van ballast t.o.v. aanleg, onderhoud en sloop gemaakt. Uit de ketenanalyse komt naar voren dat het aandeel van de uitstoot door toedoen van brandstofgebruik bij aanleg, onderhoud en sloop aanzienlijk hoger is dan in de vorige dominantieanalyses is ingeschat. Hierdoor is een groter deel van de totale ketenemissies van ballast toegekend aan de emissies van voertuig- en materieelgebruik van aannemers. De emissiefactor voor ballast, dat onder de scope 3-emissies van ProRail vallen, is daarmee aanzienlijk lager uitgevallen dan in de vorige analyse van 2017. Daarnaast is het soortelijk gewicht van ballast van 2.600 naar 1.800 kg/m³ aangepast, waardoor de totale emissies over de gehele keten eveneens lager uitvallen.
- Gewapend beton (onderdeel van meerdere systemen, o.a. spoordragende kunstwerken en spoortunnels): In 2017 is gebruik gemaakt van een emissiefactor uit DuboCalc waarbij handmatig een correctie is gedaan om te corrigeren voor de inzet van aannemers. In de huidige analyse zijn de emissiefactoren voor productie van betonstaal en beton uit de Ecoinvent database gebruikt. Deze data zijn exclusief de inzet van aannemers en geven dan ook een betere weergave van de werkelijke uitstoot. De emissiefactor valt hoger uit. De emissie van systemen die bestaan uit gewapend beton komt daardoor hoger uit.
- Tunnels: In 2017 zijn de HSL-tunnels meegenomen in de berekeningen, maar deze zijn niet in beheer bij ProRail. Deze zijn in de analyse van 2021 daarom niet meegenomen, waardoor de totale lengte van tunnels in beheer van ProRail lager uitvalt. Door de hogere emissiefactor, zie het vorige punt, en meer detail in de berekening komen de totale emissies toch hoger uit.
- Perrons: De emissiefactoren voor perrontegels en keerwanden zijn geüpdatet en vallen nu lager uit. Ook is er ten opzichte van 2017 een ketenanalyse van keerwanden gebruikt, waarmee de emissiefactor voor dit product accurater is.

- Geluidsschermen: De emissiefactoren voor aluminium cassette en houtvezelbeton zijn eveneens geüpdatet. Voor aluminium cassette is de emissiefactor naar beneden bijgesteld, houtvezelbeton valt juist hoger uit. Doordat er gebruik is gemaakt van ketenanalyses is de analyse accurater ten opzichte van 2017. De aantallen geluidsschermen zijn toegenomen sinds 2017.

Aanpassing berekening voertuig- en materieelgebruik aannemers

In vergelijking met 2017 is de wijze van berekenen van de emissies die voortkomen uit voertuig- en materieelgebruik van aannemers aangepast. In plaats van de emissies te schatten aan de hand van de gerapporteerde scope 3-emissies van de vier grootste aannemers waar ProRail mee samenwerkt, zijn in deze analyse alle fasen van aanleg, onderhoud en sloop voor elke systeem apart berekend. In de gevallen dat gedetailleerde ketenanalyses ontbraken, is er een inschatting van de fasen aanleg, onderhoud en sloop gemaakt aan de hand van vergelijkbare systemen. Hierdoor wordt de gehele uitstoot van voertuig- en materieelgebruik van aannemers meegenomen, ook van onderdelen die in de analyse van 2017 niet zijn meegenomen. De totale emissie valt daardoor hoger uit.

Bepaling ketenemissies energieverbruik treinen

Op verzoek van ProRail zijn de ketenemissies van het energieverbruik van treinen en netverlies van de bovenleiding in kaart gebracht. Hiervoor is gekeken naar het dieselvebruik van goederentreinen en energieverbruik van reizigerstreinen. Bij het bepalen van het energieverbruik van de laatste is afgeweken van de emissiefactor zoals deze op de website van CO₂emissiefactoren staat vermeld. Op de website van CO₂emissiefactoren staat de emissiefactor voor elektriciteit windkracht op nul. De emissiefactor voor het energieverbruik is in plaats daarvan bepaald met de LCA-benadering voor elektriciteit windmolen van emissiefactoren.nl, waar eveneens de ketenemissies (dus ook aanleg en sloop van de windmolens) volledig worden meegenomen. Achterliggende gedachte om ook deze emissies in kaart te brengen is de wens om energiebesparing bij ProRail op de lange termijn te stimuleren.

3.4 Invloed van ProRail op emissies dieseltreinen

De CO₂-uitstoot van dieseltreinen staat hoog in de dominantieanalyse. Dieseltreinen rijden vooral in Noord- en Oost-Nederland en in havens van Nederland, waar op delen van het spoor geen bovenleiding aanwezig is. Ongeveer twee derde van de dieseltreinen wordt gebruikt voor personenvervoer en een derde voor goederenvervoer.

De CO₂-uitstoot kan op verschillende manieren verlaagd worden, namelijk door:

- Elektrificatie van het spoor
- Inzet van batterijtreinen (waterstof / elektriciteit)
- Hybride oplossingen
- Gebruik van biodiesel

ProRail ziet biodiesel als een tijdelijke oplossing, maar ziet voor de langere termijn treinen op elektriciteit of waterstof als duurzame oplossingen. Het doel van ProRail is om in 2040 emissievrij te zijn. In 2024 staat de elektrificatie van de spoorlijn Nijmegen-Roermond in Limburg gepland, en worden er vier nieuwe waterstofftreinen in Groningen aangeschaft voor een nieuwe lijn naar Stadskanaal. In 2026 krijgen de lijnen in Overijssel treinen die 'emissieloos' zijn. De lijn Enschede-Gronau-Münster wordt geëlektrificeerd. Het aantal dieseltreinen dat wordt gebruikt voor personenvervoer daalt van 136 naar 112 stuks.

Voor goederenvervoer ligt er een uitdaging in 'the last mile', die kan vaak niet geëlektrificeerd worden omdat er hoogte nodig is voor het opladen van containers. Hiervoor worden proeven gedaan met het rollend binnenkomen van de trein (de trein uit laten rollen naar de plek waar hij de lading moet lossen). Daarnaast wordt er gewerkt aan *shunting* locomotieven die op batterijen zullen rijden. De NS zal hiervoor een aantal locomotieven ombouwen.

Invloed van ProRail

Vier partijen hebben invloed op wanneer dieseltreinen vervangen worden, en wat de nieuwe, duurzame oplossing dan wordt. Dit zijn: de rijksoverheid, de provinciale overheid, de vervoerders en ProRail. Elke partij heeft hierin zijn eigen rol:

- Rijksoverheid: bepaalt de lange termijnvisie op het spoor en draagt financieel bij;
- Regionale overheden (provincies) hebben invloed op het type treinen door het verlenen van concessies aan de vervoerders;
- Vervoerders verzorgen het materieel (zijn eigenaar van de treinen waarmee ze rijden);
- ProRail onderhoudt het spoor, legt spoor aan en adviseert over de meest geschikte oplossingen.

De beslissingen over aanpassingen aan het spoor worden gezamenlijk door de partijen genomen, in zogenaamde bestuurstafels. Logische momenten om te verduurzamen zijn bij einde levensduur van het materieel, halftijds revisie of aan het einde van een concessie. ProRail geeft adviezen aan de hand van de planning over de meest passende oplossing voor verduurzaming en de voor- en nadelen ervan. Het is lastig te kwantificeren wat precies de invloed van ProRail is op de verduurzaming van het spoor. Wanneer alle partijen evenveel invloed zouden hebben zou de invloed van ProRail 25% zijn. Duidelijk is dat ProRail een partij is met veel expertise, en dat ProRail daardoor de ontwikkelingen aan kan jagen en de andere partijen hierin mee kan nemen. De invloed van ProRail is daardoor groter dan 25%, mogelijk 30% à 35%.

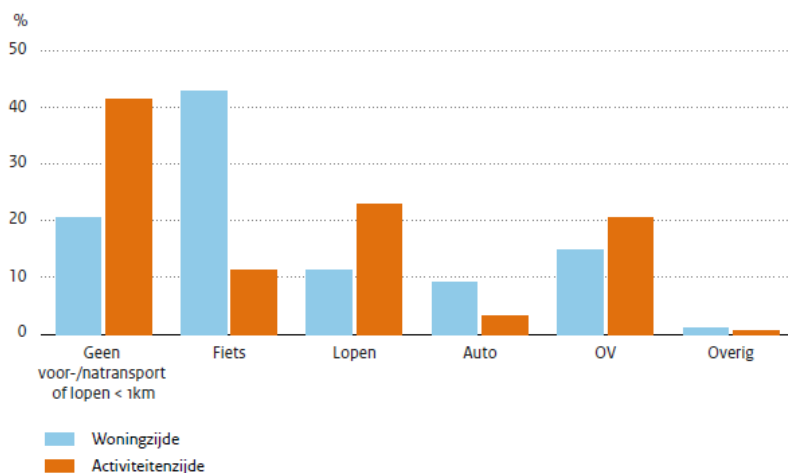
Voor goederentreinen is de invloed van ProRail kleiner, omdat hier geen concessies voor verleend worden- het gaat vaak om internationale vervoerders, waar ProRail weinig invloed op heeft. Hier kan ProRail invloed hebben door eisen te stellen aan het materieel dat op het spoor toegelaten wordt, maar ook de (regionale) overheid kan eisen stellen aan bijvoorbeeld geluid of stikstofuitstoot van een trein. Een andere optie zou zijn om milieubelasting van het spoor te bepalen. ProRail kan hierover adviseren, maar de beslissing ligt uiteindelijk bij het ministerie (I&W).

Geconcludeerd wordt dat de invloed van ProRail het grootst is binnen het personenvervoer, waar het grootste deel van de dieseltreinen die in Nederland rijden uit bestaat. Op het goederenvervoer is de invloed van ProRail kleiner. Uiteindelijk wordt de invloed van ProRail op 25% geschat.

3.5 Voor- en natransport reizigers

Het voor- en natransport is om methodische redenen niet opgenomen in de top 20, het is namelijk strikt genomen geen scope 3 emissie van ProRail, maar van de vervoerders. Maar het is wel een grote post (81.414 ton CO₂): wanneer het in de top 20 zou worden opgenomen zou het op de tweede plaats eindigen. Ook heeft ProRail hier wel enige invloed op. Vandaar dat hier wel in dit rapport wordt meegenomen.

De meeste reizigers fietsen of lopen vanuit huis en een deel gaat met het OV (zie Figuur 5). Het deel van de reizigers dat met de auto gaat is minder dan 10%, maar veroorzaakt 56% van de CO₂-emissies van het voor- en natransport van reizigers. De rest van de CO₂-uitstoot wordt veroorzaakt door voor- en natransport met het OV (bus, tram of metro). Opgemerkt wordt dat het aantal kilometers dat reizigers afleggen met de auto of het OV een inschatting is, wat een onzekerheidsmarge geeft in de inschatting van de CO₂-emissies.



Figuur 5: Overzicht vervoersmethoden voor- en natransport (bron: Fietsfeiten: nieuwe inzichten, KIM, oktober 2020)

3.6 Onzekerheidsanalyse

Vanwege de omvang en complexiteit van de railinfrastructuur zitten er onzekerheden in de verkregen resultaten. De verschillende typen onzekerheden in de resultaten worden hieronder besproken.

Gegevensverzameling binnen ProRail

De gegevensverzameling is relatief goed centraal georganiseerd. In sommige gevallen zijn de gegevens uit SAP geüpdatet door experts en waar nodig zijn schattingen gemaakt.

In overleg met ProRail is de meest aannemelijke of gemiddelde hoeveelheid aangehouden.

De aantallen objecten

Van niet alle objecten zijn de totale aantallen bekend; in die gevallen zijn schattingen gedaan. Verder is het onderzoek afgebakend tot de meest relevante objecten en worden kleine objecten niet als relevant beschouwd.

Variatie in levensduur

De levensduur van de meeste objecten is aangeleverd door ProRail. In vergelijking met ketenstudies en financiële afschrijving zijn er variaties geconstateerd in de (verwachte) levensduur. In een aantal gevallen wordt dit veroorzaakt doordat er vaak wel een technische levensduur bekend is, maar dit lang niet altijd representatief is voor de daadwerkelijke levensduur. De levensduren zijn overgenomen van de analyse uit 2017. In het geval van nieuwe LCA's is de levensduur geverifieerd en waar nodig aangepast.

Onzekerheden en variatie in de materiaalsamenstelling

Spoorstaven, seinen, dwarsliggers en ballast zijn voorbeelden van systemen die uniform van samenstelling zijn. Kunstwerken zijn echter vrijwel nooit identiek. Dit betekent dat van de niet standaard objecten een inschatting is gemaakt van een 'gemiddelde' materiaalinzet per m² of m³ of dat gemiddelde afmetingen worden gehanteerd. Voor deze objecten is de onzekerheid in het resultaat dus groter dan voor de meer 'uniforme' systemen. Met name voor kunstwerken is geconstateerd dat er een zeer grote onzekerheid zit in de geschatte hoeveelheden en materiaalsamenstelling. Ten opzichte van de analyse uit 2014 zijn echter ook een aantal onzekerheden afgenomen, onder andere doordat voor een aantal objecten gebruik kon worden gemaakt van nieuwe gegevens uit DuboCalc.

Onzekerheden in de CO₂-emissiefactoren

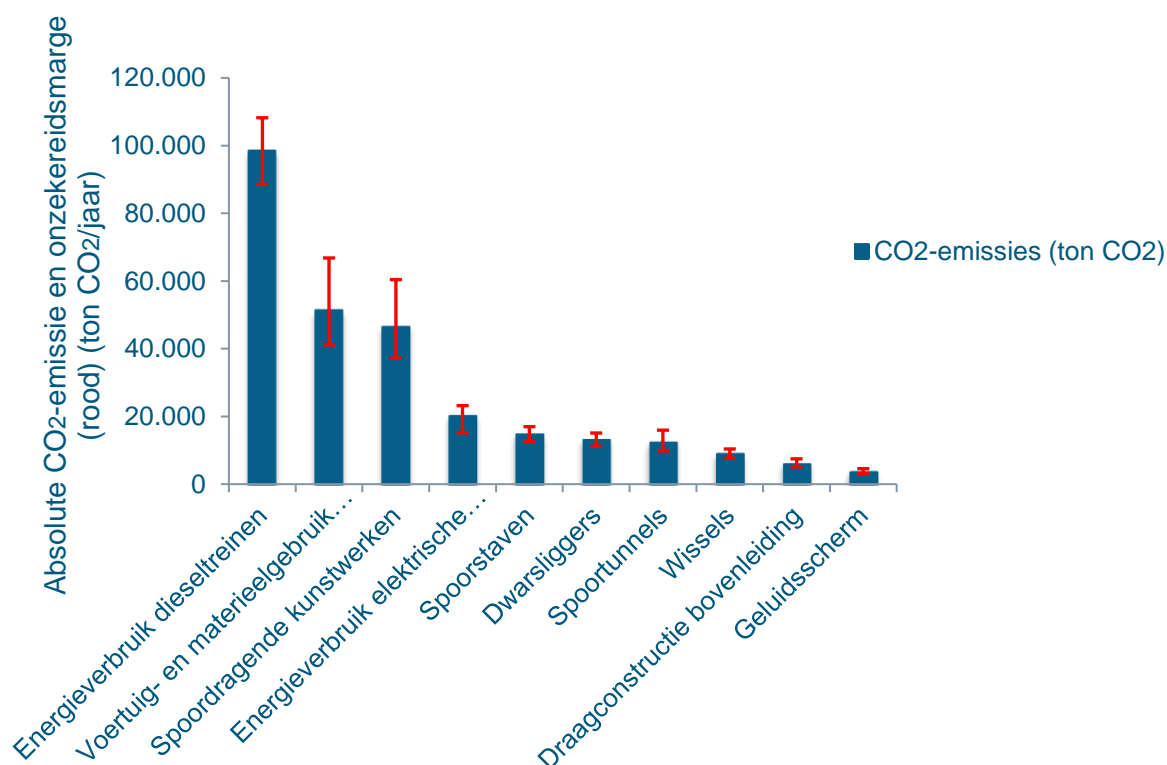
Voor een aantal onderdelen en processen is gebruik gemaakt van zeer 'globale' emissiefactoren. Dit is met name het geval voor de CO₂-impact van gebouwen, technische apparatuur en grondverzet. Om de specifieke impact van de stationshallen, perronoverkappingen en andere binnenruimtes zoals rijwielstallingen en technische ruimtes op perrons vast te stellen zou een uitgebreide inventarisatie nodig zijn. Bovendien verschillen deze objecten ook van station tot station. Een dergelijke analyse reikt echter buiten de scope van dit project. Daarom is voor deze objecten gebruik gemaakt van algemene data uit de Ecoinvent database (van utiliteitsgebouwen en conventionele hoogbouw). Deze getallen geven een globale indicatie. In vergelijking met de analyse uit 2017 blijkt dat een aantal emissiefactoren sterk gewijzigd zijn. Dit laat nog eens extra zien dat er een grote onzekerheid ontstaat bij het (onvermijdelijke) gebruik van algemene emissiefactoren.

Onzekerheden door gebrek aan gegevens

Van sommige objecten of onderdelen zijn geen gegevens verkregen, waardoor het beeld niet helemaal compleet is. Enerzijds zijn onderdelen bewust weggelaten omdat ze als niet relevant zijn aangemerkt en anderzijds zijn er ook een aantal objecten of processen die eventueel nog een significante (>1%) bijdrage zouden kunnen leveren. Verwacht wordt dat de invloed van de ontbrekende onderdelen niet meer dan enkele procenten kan zijn, omdat veel onderdelen (bijvoorbeeld de seinen en onderstations) die wel in kaart zijn gebracht al weinig bijdragen.

Onzekerheidsanalyse

In deze studie is voor de 10 meest dominante bijdragen getracht de bovengenoemde onzekerheden te kwantificeren. Een kwantitatieve inschatting (op basis van expert judgement) van de onzekerheid is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Inschatting van de onzekerheid van de top 10 meest dominante emissiebronnen.

Met name de onzekerheden in het voertuig- en materieelgebruik is groot. Deze emissie is deels bepaald op basis van ketenanalyses (onderdeel aanleg en materieelinzet bij onderhoud) en deels op basis van aannames die gedaan zijn op basis van gegevens uit DuboCalc. Deze aannames leiden tot enige onzekerheid in de uitkomst. Daarnaast is de CO₂-emissie van onderaannemers deels buiten beschouwing gelaten. Wordt deze óók volledig meegenomen, dan is de totale CO₂-emissie van voertuig- en materieelgebruik mogelijk significant groter dan tot nu toe is berekend. Daarnaast zit er een aanzienlijke onzekerheid in de hoeveelheden gewapend beton van spoordragende kunstwerken en spoortunnels. De achterliggende berekeningen zijn gebaseerd op aannames over de gemiddelde afmetingen van deze objecten.

3.7 Conclusies en aanbevelingen

3.7.1 Conclusies

Deze dominantie-analyse geeft een overzicht van de 20 meest dominante scope 3-emissiebronnen ('systemen') van ProRail. Van deze 20 systemen is een globale inschatting gemaakt van de scope 3 CO₂-emissies op basis van activiteitendata, levensduren en emissiefactoren. Door de eerder opgestelde rapportage uit 2017 aan te scherpen en aan te vullen is een beter, completer en actueler beeld ontstaan van de scope 3-emissies van ProRail. Bovendien heeft ProRail hiermee inzicht verkregen welke systemen de meeste potentie hebben om aanvullende CO₂-reductie te behalen.

De totale scope 3-emissies van ProRail zijn in 2021 hoger ingeschat dan in de analyse van 2017: van 137 kton CO₂e/jaar in 2017 naar 302 kton CO₂e/jaar in de analyse van 2021. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door het opnieuw opnemen van de systemen 'energieverbruik dieseltreinen', 'energieverbruik elektrische treinen' en 'netverlies bovenleiding' en een andere berekening van het systeem 'voertuig- en materieelgebruik aannemers'. Deze veroorzaken samen ruim 172 kton/jaar aan emissies. De emissies in de overige systemen zijn daarnaast toegenomen. Wanneer de vier bovengenoemde systemen niet worden meegerekend dan is de jaarlijkse scope 3-emissie toegenomen van 111 kton CO₂e/jaar naar 130 kton CO₂e/jaar. Dit wordt veroorzaakt door een toename van de aantallen binnen de systemen en door aanpassingen in emissiefactoren.

De meest dominante CO₂-emissiebron zijn dwarsliggers. Daarna volgen de emissies van voertuig- en materieelgebruik van aannemers, energieverbruik dieseltreinen en spoordragende kunstwerken en spoorstaven.

Het nieuw toegevoegde systeem 'woon-werkverkeer' leidt tot een CO₂-emissie van 585 ton en valt daarmee buiten de top 20.

3.7.2 Aanbeveling ketenanalyse

De resultaten van dit onderzoek hebben als doel om inzichten te genereren die eraan bijdragen om de CO₂-ketenemissies bij ProRail te reduceren. Een eerste stap naar reductiemaatregelen is het hebben van voldoende inzicht in de specifieke ketens. Een belangrijk middel om inzicht te krijgen in de keten is het opstellen van ketenanalyses. Met behulp van een ketenanalyse kan extra inzicht in de keten van een bepaald systeem worden verkregen en kunnen CO₂-reductiestappen gezet worden. De inzichten die zijn verkregen in deze dominantieanalyse helpen bij het selecteren van relevante ketens voor verdere studie.

Er zijn meerdere afwegingen te maken voor het selecteren van een onderwerp van een ketenanalyse. De CO₂-Prestatieladder geeft twee belangrijke overwegingen mee:

1. Er dient een ketenanalyse te worden gemaakt voor een van de twee meest relevante emissies én een andere ketenanalyse voor een van de zes meest relevante emissies uit de rangorde.
2. Het resultaat van de analyse dient een aanvulling te zijn op de bestaande (gepubliceerde) kennis en inzichten en dient bij te dragen aan het voortschrijdend maatschappelijk inzicht.

Overweging 2 geeft daarmee een nuance van overweging 1. Het heeft immers weinig zin om een ketenanalyse uit te voeren op een systeem waarvan al veel inzicht is. Vanuit bovenstaande overwegingen en vanuit de resultaten van de dominantieanalyse doen we de volgende suggesties voor het uitvoeren van een ketenanalyse⁴:

De eerste suggestie moet nummer 1 of 2 zijn: dus dwarsliggers of voertuig- en materieelgebruik aannemers. Van het voertuig- en materieelgebruik aannemers is in 2020 een ketenanalyse gedaan en voor dwarsliggers is een recente LCA-analyse beschikbaar uit 2021.

Suggestie 1: nul-in-de-keten-analyse dwarsliggers

Voor dwarsliggers is een LCA beschikbaar. Het inzicht in de CO₂-emissies van de verschillende ketenstappen is daardoor al aanwezig. Aanvullend op de bestaande inzichten kan een 'nul-in-de-keten' analyse worden uitgevoerd, om inzicht te krijgen in hoe de keten zo snel mogelijk emissievrij gemaakt kan worden. Aspecten om te onderzoeken zijn bijvoorbeeld emissiereductie in het beton, alternatieve materialen en ketensamenwerking om het hergebruik van dwarsliggers verder te standaardiseren.

Suggestie 2: nul-in-de-keten-analyse energieverbruik dieseltreinen

ProRail heeft recent een LCA voor dieseltreinen op laten stellen. Ook heeft ProRail planningen van wanneer welke spoorlijnen geëlektrificeerd gaan worden. Aanvullend op dit inzicht is het eveneens voor het energieverbruik van dieseltreinen interessant om te onderzoeken hoe de emissies versneld naar nul kan.

Suggestie 3: ketenanalyse spoordragende kunstwerken

Spoordragende kunstwerken staat op nummer 3 voor de absolute emissies en op nummer 4 voor de gewogen emissies. Het heeft dus een belangrijk aandeel in de CO₂-emissie in de keten van ProRail. Een ketenanalyse van spoordragende kunstwerken biedt de mogelijkheid om de huidige berekening van de emissie van kunstwerken te verfijnen en aan te scherpen. Daarbij zouden bijvoorbeeld de volgende aspecten aan bod kunnen komen:

- Aanscherping van hoeveelheden van de verschillende subtypen spoordragende kunstwerken. Daarbij gaat het zowel om het aantal kilometer van deze kunstwerken en/of het aantal kunstwerken als om een aanscherping van de berekening van totale hoeveelheid materiaal die in de kunstwerken verwerkt is;
- Inventarisatie van het portfolio spoordragende kunstwerken dat nieuw zal worden aangelegd of waaraan onderhoud zal worden gepleegd in de komende X jaar;
- Inventarisatie van betrokken ketenpartners bij groot onderhoud en nieuwbouw van spoordragende kunstwerken;
- Inventarisatie van het reductiepotentieel van verschillende typen kunstwerken.

⁴ Het staat ProRail geheel vrij om (beargumenteerd) van deze aanbevelingen voor ketenanalyses af te wijken.

Bijlage A1 Toelichting CO₂-berekeningen absolute Top 20

A1.1 Energieverbruik dieseltreinen

Omschrijving

Voor de goederentreinen die gebruik maken van de producten van ProRail is het totale dieselvebruik bepaald.

CO₂-emissiefactor

Om de CO₂-uitstoot te kunnen bereken is in deze rapportage afgeweken van de emissiefactor zoals deze staat opgesteld in de lijst van CO₂emissiefactoren. In plaats daarvan is in Ecoinvent de uitstoot per liter diesel berekend.

CO₂-emissiefactor 0,8735 kg CO₂/l

CO₂-ketenemissie

Totaal CO₂-emissie = dieselvebruik goederentreinen (l) * CO₂-emissiefactor = 98.382.677 kg CO₂/jaar.

Bronnen

- Omrekenfactoren voor tkm naar diesel: RHDHV-experts;
- CO₂-emissiefactor: Ecoinvent 3.5.

A1.2 Voertuig- en materieelgebruik aannemers

Omschrijving

ProRail koopt verschillende diensten in bij spooraannemers:

- Nieuwe aanleg (toevoegen van nieuwe infrastructuur);
- Groot onderhoud (vervanging van spoorwegelementen);
- Klein onderhoud (reparatie of gedeeltelijke vervanging van spoorwegelementen).

Voor deze diensten zetten spooraannemers voertuigen en bouw materieel in. Door uit de ketenanalyses van de desbetreffende systemen van ProRail de levenscyclusfasen voor aanleg, onderhoud en sloop (A4, A5, B, C1 en C2) te destilleren, kan een goede inschatting gemaakt worden van de totale uitstoot die plaatsvindt door toedoen van voertuigen en materieel van aannemers. Voor systemen waar geen ketenanalyse beschikbaar is, is een schatting gemaakt van het aandeel van deze levenscyclusfasen aan de hand van de vergelijkbare producten uit DuboCalc.

CO₂-ketenemissie Aannemers

De totale emissie bedraagt 51.385.778 kg CO₂. Dit bedraagt het deel van de emissies van aannemers dat direct wordt uitgestoten ten behoeve van de aanleg, onderhoud en sloop van assets van ProRail. Deze emissies vallen onder scope 3 van ProRail.

Onzekerheid

- Geen emissiegegevens van onderaannemers meegenomen;
- Niet voor alle systemen zijn de fases A4-5, B en C1-2 in een LCA beschikbaar. Voor systemen waar dit niet beschikbaar is, is een aanname gedaan. Voor het overgrote deel van de systemen van ProRail met de hoogste impact (80%) zijn deze gegevens wel beschikbaar.

- De CO₂-emissie voor aanleg is gekoppeld aan de hoeveelheid toegepast materiaal, de onzekerheden hierin werken daarom ook door in berekening van de emissies van de aannemers. Hieronder vallen o.a. onzekerheden ten aanzien van de registratie van de aantallen in het assetmanagementsysteem waar ProRail gebruik van maakt, generalisatie van typen producten en aannames ten aanzien van gemiddelde afmetingen tussen verschillende productlijnen.

Bronnen

Voor de berekening is gebruik gemaakt van gevalideerde ketenanalyses van spoorobjecten, processen uit Ecoinvent en de Nationale Milieudatabase. Hierbij zijn de levenscyclusfasen A4-5, B en C1-2 meegenomen in de berekening.

A1.3 Spoordragende kunstwerken

Omschrijving

Onder "spoordragend kunstwerk"⁵ vallen de volgende items:

Kunstwerk	Hoeveelheid	Eenheid	Toelichting
Fly-overs	138	stuks	enkelspoorse brug om een ander spoor te kruisen
Spoorviaducten	1.324	stuks	onderdoorgaande weg onder een betonnen spoordragende overspanning (niet verdiept)
Onderdoorgangen	631	stuks	onderdoorgaande weg onder een betonnen overspanning (verdiept aangelegd)
Stalen bruggen	954	stuks	spoordragende overspanning over weg of water, waarvan de bovenbouw is gemaakt van staal
Beweegbare bruggen	59	stuks	spoordragende overspanning over weg of water, waarvan de bovenbouw is gemaakt van staal, beweegbaar

Tabel 6: Geïnterpreteerde aantallen kunstwerken.

De levensduur van de kunstwerken is bepaald op 100 jaar. Verschillende experts binnen ProRail hebben inschattingen gedaan van het type en de hoeveelheid materiaal per m² of m³ per object.

CO₂-emissiefactoren

CO₂-emissiefactoren voor staal en gewapend beton zijn afkomstig uit Ecoinvent (zie bijlage A3).

CO₂-ketenemissie kunstwerken

Voor omrekening van de aantallen kunstwerken naar emissies is uitgegaan van de volgende afmetingen en materialen:

Kunstwerk	Afmetingen (m)	Materialen
Fly-overs	Lengte per sectie: 100m Breedte: 7m Gem. dikte beton: 1,5 m	Gewapend beton
Spoorviaducten	Lengte: 55m	Gewapend beton

⁵ Naamgeving zal in de toekomst veranderen naar "Kunstwerk met overspanning"

	Breedte: 12,5m Gem. dikte beton: 2,5 m Plus 200 m ³ beton per landhoofd	
Onderdoorgangen	1000m ³ beton per stuk	Gewapend beton
Stalen bruggen	Lengte: 30m Breedte: 12,5m Gem. dikte staal: 0,25 m Plus 200 m ³ beton per landhoofd	Staal, gewapend beton
Beweegbare bruggen	Lengte: 25m Breedte: 12,5m Gem. dikte staal: 0,5 m Plus 200 m ³ beton per landhoofd	Staal, gewapend beton

Tabel 7: Schattingen afmetingen en materiaalgebruik kunstwerken.

De totale CO₂-emissies op basis van deze afmetingen en de gehanteerde dichtheid voor staal en gewapend beton bedraagt 46.473.053 ton CO₂.

Onzekerheid

De gegevens over de aantallen kunstwerken zijn bekend, maar staan wel ter discussie. De inschatting van de hoeveelheden is op globale wijze uitgevoerd, terwijl de kunstwerken onderling zeer kunnen verschillen in ontwerp. Tevens is het niet geheel te overzien of ecodeucten zijn meegenomen in de aantallen die uit de assetmanagementsystemen van ProRail zijn vergaard. De onzekerheid is daarom hoog.

Bronnen:

- Aantallen kunstwerken: SAP-systeem ProRail;
- De materiaalinschatting van hoeveelheden en typen is uitgevoerd door specialisten van ProRail en Royal HaskoningDHV. Dit zijn zeer grove inschattingen waarvan moeilijk vast te stellen is hoe representatief de inschattingen zijn voor de daadwerkelijke hoeveelheden/aantallen.

A1.4 Energieverbruik elektrische treinen

Omschrijving

Naast het energieverbruik van goederentreinen is tevens het energieverbruik van elektrische (reizigers-) treinen in kaart gebracht. De energie voor reizigerstreinen wordt volledig geleverd uit duurzame energiebronnen. De directe emissies voor het opwekken van de energie staat daarmee op nul. In deze rapportage is daarnaast additioneel de emissies van aanleg, onderhoud en sloop van de infrastructuur voor de opwekking van de energie meegenomen. Hierbij is uitgegaan van elektriciteit dat 100% is opgewekt met windturbines.

CO₂-ketenemissie

De CO₂-uitstoot ten gevolge van het energieverbruik van reizigerstreinen is onderdeel van de emissies van *spoorwegvervoerders*. Om echter inzicht te krijgen in de *ketenemissies* (incl. de bouw en sloop van windturbines) van ProRail is er afgeweken van de CO₂-emissiefactor zoals deze vermeld staat in de lijst van CO₂emissiefactoren. CO₂emissiefactoren schrijft in dit geval voor om de emissiekentallen elektriciteit van CE Delft toe te passen.

CO₂-emissiefactor 0,014 kg CO₂/kWh

CO₂-ketenemissie

Totaal CO₂-emissie = energieverbruik reizigerstreinen (kWh) * CO₂-emissiefactor = 20.165.364 kg CO₂/jaar.

Bronnen

- Hoeveelheden: ProRail;
- CO₂-emissiefactor: Emissiekentallen elektriciteit CE Delft.

A1.5 Spoorstaven

Omschrijving

Een spoorstaaf is een geprofileerde stalen staaf waarover een railvoertuig rijdt. Er bestaan veel verschillende typen spoorstaven, die van elkaar verschillen in o.a. afmetingen. Voor berekening van de emissies van spoorstaven is uitgegaan van 'standaard' spoorstaven zoals opgenomen in DuboCalc. De lengte is gecorrigeerd voor spoorstaven die onderdeel uitmaken van wissels.

Omschrijving:	Aantal	Eenheid:
Lengte spoorstaaf Nederland	12.694.245	m
Levensduur	42	jaar
Aantal wissels (aftrek)	6.437	stuks
Lengte gemiddelde wissel	15	m

Tabel 8: Uitgangspunten spoorstaven.

CO₂-emissiefactor

Voor de CO₂-emissiefactoren is in deze rapportage uitgegaan van de volgende onderdelen in de keten van ProRail: grondstofwinning (A1), transport naar productielocatie (A2), productie (A3), afvalverwerking (C3), finale afvalverwerking (C4) en milieulasten en -baten (D). Het aandeel van de CO₂-uitstoot dat voor rekening komt voor de bouwfase (A4-5), gebruik (B) en sloop (C1-2) zijn meegenomen in de CO₂-berekening van de aannemers.

CO₂-emissiefactor (fasen A1-3, C3-4 en D) 48,80 kg CO₂/m

CO₂-ketenemissie spoorstaven

(Totaal lengte spoorstaven – totaal lengte wissels) / levensduur * CO₂-emissiefactor * Correctiefactor = 14.749.504 kg CO₂/jaar.

Onzekerheid

- Generalisatie van verschillende typen spoorstaven;

Bronnen

- Aantal kilometer spoorstaaf: SAP-systeem ProRail;
- CO₂-emissiefactor en levensduur: LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Spoorstaven.

A1.6 Dwarsliggers

Omschrijving

Dwarsliggers dragen spoorstaven en passerende treinen en houden beide spoorstaven in de gewenste spoorwijdte uit elkaar. Dwarsliggers worden gemaakt van hout of beton en in enkele gevallen ook van staal of gerecycled kunststof. De meest gangbare vorm die toegepast wordt bij vernieuwingen is de betonnen dwarsligger (type NS90). Hoewel er nog een significant aandeel houten dwarsliggers ligt, worden houten dwarsliggers uitgefaseerd en vervangen door de betonnen variant. Daarom en vanwege de beschikbaarheid van gedetailleerde data van betonnen dwarsliggers is in dit rapport aangenomen dat alle dwarsliggers van beton zijn. Op basis van het betonnen prototype NS90 is de CO₂-footprint van de dwarsliggers bepaald. Liggers die onderdeel zijn van wissels zijn meegenomen onder het systeem wissels.

In de rapportage is uitgegaan van de volgende aantallen en levensduur van dwarsliggers. De aantallen dwarsliggers zijn bepaald a.d.h.v. de hoeveelheid kilometer spoorstaven.

Aantal dwarsliggers:	10.659.000 stuks
Levensduur:	45 jaar

CO₂-emissiefactor

Voor de CO₂-emissiefactoren is in deze rapportage uitgegaan van de volgende onderdelen in de keten van ProRail: grondstofwinning (A1), transport naar productielocatie (A2), productie (A3), afvalverwerking (C3), finale afvalverwerking (C4) en milieulasten en -baten (D). Het aandeel van de CO₂-uitstoot dat voor rekening komt voor de bouwfase (A4-5), gebruik (B) en sloop (C1-2) zijn meegenomen in de CO₂-berekening van de aannemers.

CO ₂ -emissiefactor (fasen A1-3, C3-4 en D)	55,42 kg CO ₂ /stuk
CO ₂ -emissiefactor, aannemers (fasen A4-5, B en C1-2)	15,70 kg CO ₂ /stuk

CO₂-ketenemissie dwarsliggers

Aantal dwarsliggers / levensduur * CO₂-emissiefactor = 13.127.932kg CO₂/jaar.

Onzekerheid

- Uitgegaan van alleen NS90 dwarsligger; Er bestaan een significant deel houten dwarsliggers.

Bronnen:

- Aantallen uit SAP-systeem ProRail. Aanname ProRail: de aantallen zijn berekend a.d.h.v. kilometer spoorstaven;
- Levensduur en CO₂-emissiefactor dwarsligger: LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Dwarsliggers spoor.

A1.7 Spoortunnels

Omschrijving

Spoortunnels zijn als apart type kunstwerken berekend. Spoortunnels verschillen onderling sterk van elkaar. Zo is er een verschil tussen geboorde (ronde) tunnels en rechthoekige tunnels (in situ/afgezonken tunnel). Er is aangenomen dat de meeste tunnels vierkant in situ/afgezonken zijn. Er is verder een onderscheid gemaakt tussen het open en het gesloten deel van de tunnels, waarbij het open deel van de tunnels geen wanden en plafonds bevatten.

Totaal lengte tunnels	Afmetingen	m ³ beton per tunnel
Totaal tunnel: 42.996 m Waarvan open: 27.642 m Waarvan gesloten: 15.354 m	Breedte tunnelbak: 22,69 m Gem. dikte wand: 0,5 m Hoogte wand: 8 m Gem. dikte vloer: 1 m	46,3 m ³ per m ¹ tunnel (gesloten) 30,7 m ³ per m ¹ tunnel (open)

Tabel 9 Overzicht data en aannames spoortunnels

Levensduur: 100 jaar

Onzekerheid

De afmetingen van de tunnels (met name hoogte tunnel en dikte beton) geschat. Experts van zowel ProRail als Royal HaskoningDHV geven aan dat er een grote onzekerheid zit in de schattingen.

CO₂-emissiefactoren

Zie voor de emissiefactor bijlage A3: gewapend beton. Er is geen rekening gehouden met de toepassing van hoogovencement.

CO₂-ketenemissie

Volume gewapend beton = lengte tunnels (m) * volume beton per strekkende meter tunnelbuis
= 1.750.548 m³.

Totaal CO₂-emissie = volume beton * CO₂-emissiefactor / levensduur = 12.266.968 kg CO₂/jaar.

Bronnen

- SAP-systeem ProRail voor de totale lengte (open en gesloten) en breedte van de tunnels;
- Inschattingen van gemiddelde afmetingen.
- De emissiefactor is afkomstig uit de Nationale Milieudatabase.

A1.8 Wissels

Omschrijving

Een wissel is een constructie in een spoorweg om een trein naar een ander spoor te leiden. Een wissel is een samengesteld product bestaande uit een drietal wisselcomponenten, te weten:

- gewapend betonnen wisselgiggers;
- stalen puntstukken;
- stalen tongbewegingen.

De meest voorkomende typen wissels zijn 1:9 en 1:15 wissels (~93%). Aangezien er daarnaast gedetailleerde data beschikbaar is over deze twee typen wissels is in deze rapportage de aanname dat alle wissels van dit type zijn. Hierbij is de aanname gedaan dat wissels van het typen 1:12, 1:18, 1:29 en 1:34 dezelfde CO₂-impact hebben als van het type 1:15. De gemiddelde levensduur van een wissel is 45 jaar.

Daarnaast zijn de meeste wissels uitgerust met een wisselverwarming om bij vorst storingen te voorkomen. Er bestaan verschillende typen wisselverwarmingen, o.a. elektrische en met gasverbranders. Voor de berekeningen in deze rapportage is uitgegaan van twee typen elektrische wisselverwarmingen, namelijk die voor 1:9 wissels en 1:12 / 1:15 wissels. Van de elektrische wisselverwarmingen is eveneens

de meest gedetailleerde data beschikbaar en elektrische wisselverwarmingen beslaan het grootste deel van het totaal aantal verwarmingen (~44%). De gemiddelde levensduur van een wisselverwarming is 15 jaar. Het jaarlijkse energie- en gasverbruik valt niet onder de scope 3 emissies van ProRail en zijn daarom niet meegenomen in deze analyse.

In het SAP-systeem van ProRail staan de volgende aantallen wissels en wisselverwarmingen vermeld:

Type wissel / wisselverwarming	Aantal	Levensduur
Wissel 1:9	4.784	45 jaar
Wissel 1:15 (incl. 1:12, 1:18, 1:29 en 1:34 wissels)	1.653 (waarvan 1.196 1:15 wissels)	45 jaar
Wisselverwarming 1:9	3.411	15 jaar
Wisselverwarming 1:12 / 1:15	1.653	15 jaar

CO₂-emissiefactoren

Voor de CO₂-emissiefactoren is in deze rapportage uitgegaan van de volgende onderdelen in de keten van ProRail: grondstofwinning (A1), transport naar productielocatie (A2), productie (A3), afvalverwerking (C3), finale afvalverwerking (C4) en milieulasten en -baten (D). Het aandeel van de CO₂-uitstoot dat voor rekening komt voor de bouwfase (A4-5), gebruik (B) en sloop (C1-2) zijn meegenomen in de CO₂-berekening van de aannemers.

CO ₂ -emissiefactor wissel 1:9 (fasen A1-3, C3-4 en D)	12.638,73	kg CO ₂ /stuk
CO ₂ -emissiefactor Wissel 1:15 (fasen A1-3, C3-4 en D)	22,137,20	kg CO ₂ /stuk
CO ₂ -emissiefactor Wisselverwarming 1:9 (fasen A1-3, C3-4 en D)	1.220,67	kg CO ₂ /stuk
CO ₂ -emissiefactor wisselverwarming 1:12/1:15 (fasen A1-3, C3-4 en D)	1.224,67	kg CO ₂ /stuk

CO₂-ketenemissie wissels

Totaal aantal wissels / levensduur * CO₂-emissiefactor + totaal aantal wisselverwarmingen / levensduur * CO₂-emissiefactor = 9.030.995 kg CO₂/jaar.

Onzekerheid

- Aanname dat 1:9 en 1:15 wissels representatief is voor 'gemiddelde' wissels;
- CO₂-emissiefactoren van 1:9 en 1:15 wissels zijn gebaseerd op een gemiddelde van een wissel met een geconstrueerd en een mangaanstalen puntstuk;
- Aanname dat alle wisselverwarmingen een elektrische wisselverwarming betreft, aangezien het jaarlijkse energie- en gasverbruik van de wisselverwarmingen niet onder scope 3 emissies van ProRail valt.

Bronnen

- Aantal wissels en wisselverwarmingen: SAP-systeem ProRail.
- CO₂-emissiefactor en levensduur: LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Wissels en wisselverwarming spoor

A1.9 Draagconstructie bovenleiding

Omschrijving

Het systeem draagconstructie bovenleiding bestaat uit betonnen en stalen portalen. Voor de CO₂-uitstoot zijn de volgende onderdelen en onderliggende objecten berekend:

- Betonnen portalen;
- Stalen portalen, bestaande uit:
 - 240B Palen;
 - RHS Balken;
 - AN4 Ankerblokken;
 - ARM AEL II;
 - V2b Fundaties.

Bovenleidingportalen zorgen ervoor dat de bovenleiding op constante hoogte boven het railprofiel hangt, en dat deze niet naar beneden komt. Er zijn verschillende type portalen die van elkaar verschillen in constructie, afmetingen en materiaal. Langs enkelspoor staan over het algemeen losse masten met een stalen of aluminium arm. Over (meervoudige) dubbelspoor staan stalen of betonnen portalen, die opgebouwd zijn uit twee masten en een balk.

Object	Aantal	Gem. lengte	Levensduur
Betonnen portaal	10.000	n.v.t.	50
BID-412.01 Paal 240B	90.000	8,3 m	50
BID-412.02 RHS Balk	40.000	10,0 m	50
BID-412.03 Ankerblok AN4	15.000	n.v.t.	50
BID-412.04 ARM AEL II	10.000	3,25 m	50
BID-412.05 Fundatie V2b	100.000	n.v.t.	50

Tabel 10: Geïntariseerde hoeveelheden Draagconstructie bovenleiding en levensduur.

CO₂-emissiefactoren

Item	Hvh	Ehd
Betonnen portaal	2.568	kg CO ₂ /stuk
BID-412.01 Paal 240B	146	kg CO ₂ /m
BID-412.02 RHS Balk	99	kg CO ₂ /m
BID-412.03 Ankerblok AN4	823	kg CO ₂ /stuk
BID-412.04 ARM AEL II	54	kg CO ₂ /m
BID-412.05 Fundatie V2b	883	kg CO ₂ /stuk

Tabel 11: Emissiefactoren en correctiefactor (o.b.v. DuboCalc).

CO₂-ketenemissie

Totale CO₂-uitstoot is de som van alle items * CO₂-emissiefactor / levensduur = 5.979.088 kg CO₂/jaar.

Bronnen

- Aantallen objecten: ProRail expert;
- Levensduur: LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Bovenleiding Spoor;

- CO₂-emissiefactoren en correctiefactoren:
 - Betonnen portalen: Ecofys, LCA bovenleidingportalen (bron van 2017);
 - Objecten van stalen portalen: LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Bovenleiding Spoor.

A1.10 Geluidsschermen

Omschrijving

Om de geluidsoverlast van treinen te beperken worden er in veel gevallen langs het spoor geluidsschermen geplaatst. ProRail gebruikt verschillende typen geluidsschermen die allemaal een andere milieu-impact hebben. ProRail heeft 16 verschillende soorten geluidsschermen. De twee meest voorkomende soorten zijn gemaakt van houtvezelbeton en aluminium cassette. Aangezien het overgrote deel van de geluidsschermen uit de typen geluidsschermen houtvezelbeton en aluminium cassette (~81%) bestaat, is in dit rapport aangenomen dat alle geluidsschermen uit deze twee typen bestaan. Daarnaast is van deze twee typen geluidsschermen gedetailleerde data beschikbaar m.b.t. de CO₂-impact.

De totale lengte aan geluidsschermen bedraagt 601.031 meter in 2021. Dit is een toename van ~7% ten opzichte van 2017. Het aandeel per type geluidsschermen is op basis van de verdeling uit het SAP-systeem van ProRail. Daarnaast is in deze rapportage uitgegaan van een gemiddelde hoogte per type geluidsscherm (zie tabel 9). De gemiddelde levensduur van geluidsschermen is 50 jaar.

Geluidsscherm	Afmetingen	Aandeel
Houtvezelbeton	Lengte: 305.327 meter Gem. hoogte: 3,02 meter	50,8%
Aluminium cassette	Lengte: 178.077 meter Gem. hoogte: 2,18 meter	29,6%
Overige schermen	Lengte: 117.627 meter Gem. hoogte: 5,15 meter	19,6%

Tabel 12 Afmetingen en aandeel van de verschillende typen geluidsschermen.

CO₂-emissiefactoren

Voor de CO₂-emissiefactoren is in deze rapportage uitgegaan van de volgende onderdelen in de keten: grondstofwinning (A1), transport naar productielocatie (A2), productie (A3), afvalverwerking (C3), finale afvalverwerking (C4) en milieulasten en -baten (D). Het aandeel van de CO₂-uitstoot dat voor rekening komt voor de bouwfase (A4-5), gebruik (B) en sloop (C1-2) zijn meegenomen in de CO₂-berekening van de aannemers.

Houtvezelbeton (fasen A1-3, C3-4 en D)	122,68	kg CO ₂ /m ²
Aluminium cassette (fasen A1-3, C3-4 en D)	47,21	kg CO ₂ /m ²
Overige schermen (gemiddelde van houtvezelbeton en aluminium cassette)	84,94	kg CO ₂ /m ²

CO₂-ketenemissie geluidsschermen

Op basis van een totale lengte van 601.031 meter, de gemiddelde hoogte per type geluidsscherm, een levensduur van 50 jaar en de CO₂-emissiefactoren geeft dit het volgende resultaat:

- Houtvezelbeton schermen: 2.262.353 kg CO₂ / jaar;
- Aluminiumcassette schermen: 366.527 kg CO₂ / jaar;
- Overige schermen: 1.029.117 kg CO₂ / jaar.

Onzekerheid

- Ontwerp is locatie specifiek, waardoor verschillen optreden, zelfs binnen dezelfde typen schermen;
- Gemiddelde rekenwaarden voor overige schermen.

Bronnen

- Lengte en gemiddelde hoogte geluidsschermen: SAP-systeem ProRail;
- Levensduur en CO₂-emissiefactor: LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Overige objecten spoor.



Figuur 7: Verschillende typen geluidsschermen (Bituned, Hollandscherm en Strukton).

A1.11 Elektrisch systeem bovenleiding

Voor het systeem elektrisch systeem bovenleiding zijn de volgende onderdelen meegenomen in de berekeningen:

- Rijdraad (CuAg0,1);
- Draagkabel (Cu);
- Versterkingsleiding (Cu);
- Hangdraad (Cu);
- Isolatoren (porselein en composiet);
- Bokjes (verzinkt staal).



Materiaalgebruik, levensduur, CO₂-emissiefactoren en CO₂-ketenemissie

Onderdeel	Hoeveelheid	Ehd	Materiaal	kg CO ₂ /kg	Levensduur (jaar)	Emissie per jaar (kg CO ₂)
Rijdraad CuAg0,1	13.112	km	Koper	3,90	25	2.028.648
			Zilver	330,00	25	151.020
Draagkabel	11.551	km	Koper	3,90	80	838.529

Versterkingsleiding	4.500	km	Koper	3,90	80	256.264
Hangdraad	68.996	kg	Koper	3,90	40	7.454
Isolatoren	126.400	stuks	Porselein	1,97	40	68.975
Isolatoren	31.600	stuks	Composiet	0,57	40	4.954
Bokjes	100.000	stuks	Staal	2,53	40	127.361
TOTAAL						3.479.559

Tabel 13: Geïventariseerde hoeveelheden, materialen en levensduren elektrisch systeem bovenleiding.

CO₂-ketenemissie elektrisch systeem bovenleiding

Hoeveelheid materiaal * CO₂-emissiefactor / levensduur = 3.083.750 kg CO₂/jaar.

Bronnen

- Hoeveelheden: SAP en expert ProRail;
- Emissiefactoren materialen: Nationale Milieudatabase 3.2 en Ecoinvent 3.5 (zie bijlage A3).

A1.12 Rijwielstallingen

Omschrijving

De rijwielstallingen zijn conform de analyses uit 2014 en 2017 in drie verschillende vormen meegenomen. Er zijn binnen- en buitenstallingen, waarvan de laatste met of zonder overkapping uitgevoerd kunnen zijn. Buitenstallingen bestaan veelal alleen uit fietsenrekken soms gecombineerd met overkappingen, terwijl binnenstallingen sterk verschillen qua ontwerp (afhankelijk van in welk gebouw ze geplaatst zijn). In tabel 12 zijn de uitgangspunten voor het materiaalgebruik samengevat.



Omschrijving	Aantal 2014	Aantal 2017	Aantal 2021	Eenheid
Rijwielstallingen Binnen:	80.923	124.104	124.104	m ²
Rijwielstallingen Buiten:	377.639	377.639	372.847	m ²
Rijwielstallingen Buiten fietsrekken (zonder overkapping):	188.820	188.820	186.423	m ²
Rijwielstallingen Buiten overkapping:	188.820	188.820	186.423	m ²
Levensduur stalling binnen:	50	50	50	jaar
Levensduur stalling buiten:	40	40	40	jaar

Tabel 14: Uitgangspunten materiaalgebruik rijwielstallingen.

De oppervlaktes zijn bepaald door de totale oppervlakte opgegeven door ProRail onder te verdelen naar de verschillende typen rijwielstallingen conform de verdeling gehanteerd in 2014 en 2017. Sinds 2017

heeft er een overdracht plaatsgevonden van de Hoekse Lijn naar RET, waardoor het aantal station, en daarmee rijwielstallingen, in beheer van ProRail is gedaald.

CO₂-emissiefactoren en -ketenemissie

Voor de CO₂-emissiefactoren is in deze rapportage uitgegaan van de volgende onderdelen in de keten van ProRail: grondstofwinning (A1), transport naar productielocatie (A2), productie (A3), afvalverwerking (C3), finale afvalverwerking (C4) en milieulasten en -baten (D). Het aandeel van de CO₂-uitstoot dat voor rekening komt voor de bouwfase (A4-5), gebruik (B) en sloop (C1-2) zijn meegenomen in de CO₂-berekening van de aannemers.

Rijwielstallingen Buiten: betontegels ((fasen A1-3, C3-4 en D)	1,16 kg CO ₂ /st
Rijwielstallingen Buiten: fietsrekken (fasen A1-3):	141,47 kg CO ₂ /m ²
Rijwielstallingen Buiten: overkapping (fasen A1-3)	234,08 kg CO ₂ /m ²

Toelichtingen:

Voor de niet-overkapte en overkapte buitenstallingen is ervoor gekozen de emissiefactoren uit de ketenanalyse van 2017 aan te houden. Materiaal is conform de ketenanalyse voor meer dan 90% van de CO₂-emissies verantwoordelijk en een normale stalling is ongeveer de helft kleiner dan een etagerek.

Voor de binnenstallingen is uitgegaan van een standaard gebouw en is een emissiefactor per vierkante meter gebruikt. Deze factor is afkomstig uit Ecoinvent 3.5 (zie bijlage A3: Gebouw - staal constructie). Deze factor is gezien de mogelijke overschatting (fietsenstallingen zijn relatief 'kale' constructies) niet aangepast voor het meenemen van de fietsenrekken. De emissiefactoren uit de ketenanalyse zijn aangepast om emissies uit de gebruiksfase en montage niet mee te nemen. Dit zou leiden tot dubbeltelling met de scope 1 en 2 emissies van ProRail.

CO₂-ketenemissie rijwielstallingen

De totale CO₂-emissie is de som van alle (oppervlakten rijwielstallingen * CO₂-emissiefactor / levensduur) = 2.972.562 kg CO₂/jaar.

Onzekerheid

- Grote diversiteit aan rijwielstallingen;
- De CO₂-uitstoot van binnenstallingen per vierkante meter is aangenomen gelijk te zijn aan een standaard gebouw.

Bronnen:

- Aantal m² (bewaakte en onbewaakte) rijwielstallingen: SAP-systeem ProRail;
- CO₂-ketenanalyses scope 3 berekeningen voor twee typen fietsenstallingen (Jan Kuipers Nunspeet, Royal HaskoningDHV 2010).
- Overige CO₂-emissiefactoren: Ecoinvent 3.5 en LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Perron spoor.

A1.13 Overkappingen

Omschrijving

Het systeem overkappingen bestaat uit overkappingen over het spoor en over perrons. Zie tabel 17 voor de hoeveelheden per type overkapping binnen ProRail.

Omschrijving	Aantal	Eenheid
Spooroverkapping:	249.157	m ²
Perronoverkapping:	443.198	m ²
Levensduur:	100	jaar

Tabel 15: Geïntariseerde hoeveelheden overkappingen.

CO₂-emissiefactoren

Spooroverkapping: 402,11 kg CO₂/m²

Perronoverkapping: 402,11 kg CO₂/m²

Deze waarde is afkomstig uit Ecoinvent 3.5 (zie bijlage A3) minus betontegels uit de NMD.

CO₂-ketenemissie

Som van (overkapping * CO₂-emissiefactor) / levensduur =
2.784.031 kg CO₂/jaar.

Bronnen

- Aantallen: kwantiteitenoverzicht ProRail;
- CO₂-emissiefactoren: Ecoinvent 3.5 en LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Perron spoor.



A1.14 Perrons

Omschrijving

Perrons dienen om passagiers te laten overstappen tussen verschillende treinen en als aankomst- en vertrekpunt van een treinreis. De meeste perrons zijn standaard opgebouwd door middel van keerwanden, zand en betontegels (zie tabel 15).

Onderdeel	Aantal	Ehd	Materiaal	Hoeveelheid materiaal	Ehd	Totale hoeveelheid	Ehd	Levensduur
Perrons (overkapt en niet overkapt)	1.258.188	m ²	Betontegels	0,09	m ² /st	113.237	st	25
Perron keerwanden	521.349	M	Gewapend beton	1.080	kg/m	536.826.963	kg	40
Perron grondverzet/ophoging	1.258.188	m ³	Zand	1.500	kg/m ³	1.887.282.015	kg	40

Tabel 16: Overzicht materiaalgebruik en levensduur perrons.

CO₂-emissiefactoren

Materiaal	Factor	Eenheid
Betontegels	1,16	kg CO ₂ /st
Gewapend beton	0,28	kg CO ₂ /kg
Zand	0,0117	kg CO ₂ /kg

Tabel 17: Gebruikte emissie- en correctiefactoren Perrons.

CO₂-ketenemissie

Totale CO₂-uitstoot is de som van alle materialen * CO₂-emissiefactor / levensduur = 2.311.999 kg CO₂/jaar.

Onzekerheid

- Een deel van de perrons is niet met zand gevuld maar heeft een zwevende constructie. Onbekend is hoe groot het aandeel hiervan is.

Bronnen

- Oppervlak perron: SAP-systeem ProRail;
- Levensduur: LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Perron spoor;
- CO₂-emissiefactoren: LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Perron spoor en Nationale Milieudatabase.

A1.15 Netverlies bovenleiding

Omschrijving

Tijdens het gebruik van elektrische treinen ontstaat er verlies aan energie bij de bovenleidingen. De energie voor reizigerstreinen wordt volledig geleverd uit duurzame energiebronnen. In deze rapportage is uitgegaan van elektriciteit afkomstig van 100% windenergie.

CO₂-ketenemissie

De CO₂-uitstoot ten gevolge van het energieverbruik van reizigerstreinen is onderdeel van de emissies van *spoorwegvervoerders*. ProRail heeft echter aangegeven ook de *ketenemissies* van het energieverbruik in kaart te willen brengen. Dit het effect van mogelijke energiebesparende maatregelen die ProRail zou kunnen doorvoeren te kunnen onderbouwen. De ketenemissies houden alle emissies in die plaatsvinden in de keten van het opwekken van energie. In deze rapportage is uitgegaan van energie dat 100% wordt opgewekt door windturbines. Dit houdt in dat de emissies van de aanleg van windturbines en infrastructuur die daarvoor nodig is, het onderhoud hiervan en de sloop zijn meegenomen in de berekeningen. Om inzicht te krijgen in de ketenemissies is er afgeweken van de CO₂-emissiefactor zoals deze vermeld staat in de lijst van CO₂emissiefactoren. CO₂emissiefactoren schrijft in dit geval namelijk voor om de emissiekentallen elektriciteit van CE Delft toe te passen.

CO₂-emissiefactor 0,014 kg CO₂/kWh

CO₂-ketenemissie

Totaal CO₂-emissie = netverlies bovenleiding (kWh) * CO₂-emissiefactor = 1.968.147 kg CO₂/jaar.

Bronnen

- Hoeveelheden: ProRail;
- CO₂-emissiefactor: Emissiekentallen elektriciteit CE Delft.

A1.16 Tractie energievoorzieningsysteem

Omschrijving

Het tractie energievoorzieningsysteem is het elektrisch circuit dat de bovenleidingen (zie [Elektrisch systeem bovenleiding](#)) voorziet van elektriciteit. De volgende onderdelen zijn meegenomen in de berekeningen:

- Gebouwen;
- Netkabels (10kV);
- Tractiekabels plus en minus 1500 V;
- Kabelverbindingen;
- Gelijkverdeelinrichtingen (GVI);
- Hoogspanningsverdeelinrichtingen (HVI);
- Gelijkrichters;
- Transformatoren.



Materiaalgebruik, levensduur, CO₂-emissiefactoren en CO₂-ketenemissie

Onderdeel	Hoeveelheid	Materiaal	kg CO ₂ /kg	Emissie per jaar	Levensduur
Gebouw	280 stuks	Gewapend beton	0,28	74.591	40 jaar
Netkabels (10kV)	207 m ³	Al	5,12	71.539	40 jaar
		Cu	3,90	109.200	40 jaar
		Staal			
		Epoxy			
		Gegalvaniseerd staal			
GVI	369 stuks	Cu	17.131,00	158.033	40 jaar
		Staal			
		Epoxy			
		Gegalvaniseerd staal			
		Plastics			
HVI	280 stuks	RVS	6.793,00	47.551	
		Gegalvaniseerd staal			
		Epoxy			
		SF6			
		Cu			
Kabels tractie (plus) 1500 V	1.180.000 m	50% Cu, 500 mm ²	3,90	257.712	

		50% Al, 500 mm2	5,12	101.952	
Minuskabel 1500V	1.180.000 m	50% Cu, 500 mm2	3,90	257.712	
		50% Al, 500 mm2	5,12	101.952	
Kabelverbinding	2.100.000 m	50% Cu, 50 mm2	3,90	55.693	
		50% Al, 50 mm2	5,12	21.993	
Gelijkrichters	452 stuks	<i>Niet bepaald</i>	6.793,00	85.290	
Transformatoren	452 stuks	Cu	41.808,00	524.923	
		Staal			
		Corestaal (coresteel)			
		Olie			
TOTAAL				1.868.041	

Tabel 18: Geïventariseerde hoeveelheden, materialen en bijbehorende emissies.

Bronnen

- CO₂-emissiefactoren: Ecoinvent 3.5. Zie bijlage A3 voor de emissiefactor per materiaal.

A1.17 Overwegplaten

Omschrijving

Overwegplaten worden gebruikt op plaatsen waar weg- en spoorwegverkeer elkaar kruisen en wordt op de dwarsliggers van het spoor geplaatst. Het zijn prefab betonelementen gemaakt van gewapend beton. In deze rapportage is uitgegaan van 6.018 stuks overwegplaten met een gemiddelde breedte van 2,37 meter, een gemiddelde lengte van 7,5 meter en een gemiddelde dikte van 0,58 meter.

CO₂-ketenemissie

CO₂-emissiefactor 0,28 kg CO₂/kg

CO₂-ketenemissie

Totaal CO₂-emissie = gewicht gewapend beton (kg) * CO₂-emissiefactor/levensduur = 1.739.053 kg CO₂/jaar.

Bronnen

- Aantallen en gemiddelde afmetingen: SAP-systeem en experts ProRail;
- CO₂-emissiefactor: Nationale Milieudatabase 3.2.

A1.18 ICT

Omschrijving

Voor het systeem ICT zijn de volgende onderdelen meegenomen in de berekeningen:

Werkplekelektronica	Aantal	Levensduur
LCD-schermen	8.608	4 jaar
Desktops	1.546	4 jaar
Laptops	6.599	4 jaar
Muizen	2.955	4 jaar
Toetsenborden	2.955	4 jaar
Servers	1.626	4 jaar
Netwerkapparatuur (routers e.d.)	4.888	4 jaar
Multifunctionals	42	4 jaar
Voedingen	5.611	4 jaar

Tabel 19: Aantallen en levensduren werkplekelektronica. De emissie van multifunctionals is hieronder apart toegelicht.

CO₂-emissiefactoren

Alle emissiefactoren zijn afkomstig uit Ecoinvent 3.5. Zie bijlage A3 voor de emissiefactoren per onderdeel.

De emissie veroorzaakt door de 52 multifunctionals is berekend o.b.v. een levensduur van 4 jaar en een emissiefactor van 3191,24 kg CO₂ per multifunctional (EPD⁶).

Ten opzichte van de analyse in 2017 is het energieverbruik van servers niet meegenomen in de analyse. Dit valt namelijk onder scope 2 emissies van ProRail. Daarnaast zijn voedingen als extra categorie aan de analyse toegevoegd.

CO₂-ketenemissie

Totale CO₂-emissie is de som van alle (ICT-apparatuur * CO₂-emissiefactor / levensduur) = 1.380.547 kg CO₂/jaar.

Onzekerheid

- De verscheidenheid binnen ICT-producten is groot.

Bronnen

- Aantallen en levensduur: expert ProRail;
- CO₂-emissiefactor multifunctionals: EPD Lexmark;
- CO₂-emissiefactoren andere ICT-producten: Ecoinvent 3.5.

⁶ Zie: https://csr.lexmark.com/env-epd_6_801822358.pdf

A1.19 Ballast

Omschrijving

Ballast is grofkorrelig en ongebonden materiaal, dat door de inwendige wrijving tussen de korrels aanzienlijke drukspanningen kan opnemen. De functie van de ballast is het verdelen van druk en het leveren van zijdelingse weerstand. Daarnaast vormen de drainerende werking en de bergingscapaciteit tijdens stortbuien een belangrijk facet van ballast.

De exacte hoeveelheid ballast is niet bekend. In de rapportage is daarom uitgegaan van de onderstaande berekening om het totale volume te bepalen.

Omschrijving	Aantal	Eenheid
Breedte ballastlaag voor dubbel spoor:	4	m
Dikte ballastlaag:	0,45	m
Lengte ballastbed:	6.395.500	m
Totaal volume ballast:	11.511.900	m ³
Gewicht per m ³ :	1.800	kg
Totaal gewicht ballast:	29.930.940.000	kg
Levensduur:	35	jaar

Tabel 20: Materiaalgebruik en levensduur van het systeem Ballast.

CO₂-emissiefactoren

Voor de CO₂-emissiefactoren is in deze rapportage uitgegaan van de volgende onderdelen in de keten: grondstofwinning (A1), transport naar productielocatie (A2), productie (A3), afvalverwerking (C3), finale afvalverwerking (C4) en milieulasten en -baten (D). Het aandeel van de CO₂-uitstoot dat voor rekening komt voor de bouwfase (A4-5), gebruik (B) en sloop (C1-2) zijn meegenomen in de CO₂-berekening van de aannemers.

CO ₂ -emissiefactor (fasen A1-3, C3-4 en D):	0,0022 kg CO ₂ /kg
CO ₂ -emissiefactor, aannemers (fasen A4-5, B en C1-2)	0,0261 kg CO ₂ /kg

CO₂-ketenemissie ballast ProRail

Totaal gewicht ballast (kg) / levensduur * CO₂-emissiefactor = 1.327.355 kg CO₂/jaar.

Onzekerheid

- De exacte hoeveelheid ballast is niet bekend. In plaats daarvan zijn berekeningen gemaakt met gemiddelde afmetingen van de ballastlaag.

Bronnen

- Lengte spoor en omrekening naar hoeveelheid ballast: SAP-systeem ProRail;
- Levensduur: LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Spoorballast.

A1.20 Hekwerk

Omschrijving

Grote delen van het spoor zijn afgeschermd tegen betreding middels hekwerken. Het meest gangbare type is stalen draadmathekwerk van producenten zoals Acon of HERAS. De hekwerken zijn gemaakt van verzinkt staal met poedercoating. De fundering (indien van toepassing) is van beton (C30/37). De exacte hoeveelheden kunnen gevonden worden in LCA-studies (zie bronnen hieronder).

Totale lengte hekwerk: 1.790 km
Levensduur: 50 jaar

CO₂-emissiefactoren

CO₂-emissiefactor hekwerk: 13,95 kg CO₂/m

CO₂-ketenemissie

Lengte hekwerk (m) / levensduur * gemiddelde CO₂-emissiefactor = 899.073 kg CO₂/jaar.

Onzekerheid

- De hoogte van hekwerken kunnen verschillen.

Bronnen

- Lengte hekwerk: SAP-systeem ProRail
- Levensduur en CO₂-emissiefactor: LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Overige objecten spoor

A1.21 Systemen buiten dominantieanalyse

Personenvervoer voor- en natransport en vervangend busvervoer zijn niet in ranking van de dominantieanalyse opgenomen. Beide zijn niet direct de scope 3 emissies van ProRail (het zijn scope 3 emissies van de spoorwegvervoerders. Wel kan ProRail hier invloed op uitoefenen. Voor het voor- en natransport van personenvervoer kan de inrichting van de stationsgebieden zoals het plaatsen van fietsenstallingen tot emissiereductie leiden. Op de emissie van vervangend busvervoer heeft ProRail invloed door bijvoorbeeld de planning van onderhoudswerkzaamheden.

A1.21.1 Personenvervoer voor- en natransport

Omschrijving

Emissies van het personenvervoer in het voor- en natransport betreffen de CO₂-uitstoot van vervoersbewegingen van en naar stations, zoals met auto, tram, metro en bus. Deze emissiebron is buiten de top-20 geplaatst, omdat het voor- en natransport feitelijk toebehoort aan de keten van spoorvervoerders. Echter, omdat ProRail kan bijdragen aan verlaging van deze emissies door met goede voorzieningen, zoals fietsenstallingen en oplaadpunten voor elektrische fietsen, reizigers te stimuleren op lage of emissievrije manieren naar het station te komen, is deze emissiebron wel berekend voor een indicatie van zwaartepunten.

CO₂-ketenemissie

Treinritten per inwoner (>6 jaar) per jaar: 0,08

Inwoners totaal 2019 (>6 jaar): 16.391.317

Aantal treinritten: 478.626.442

Wijze van transport	Percentage ritten	afstand	Aantal Km	Emissiefactor	CO ₂ -uitstoot (kg)
lopen <1 km/ geen transport	20%		95.725.288	0	0
fiets	43%	2,6 km	205.809.370	0	0
lopen	11%	1, 4 km	52.648.909	0	0
auto	9%	3,5 km	43.076.380	0,195	29.399.629
OV	15%	3 km	71.793.966	0,07	15.292.115
overig	2%		9.572.529	0	0

Tabel 21 Berekening CO₂-uitstoot voortransport

Wijze van transport	Percentage ritten	afstand	Aantal Km	Emissiefactor	CO ₂ -uitstoot (kg)
lopen <1 km/ geen transport	41%		196.236.841	0	0
fiets	11%	2,6 km	52.648.909	0	0
lopen	22%	1, 4 km	105.297.817	0	0
auto	5%	3,5 km	23.931.322	0,195	16.333.127
OV	20%	3 km	95.725.288	0,07	20.389.486
overig	1%		4.786.264	0	0

Tabel 22 Berekening CO₂-uitstoot natransport

De totale CO₂-uitstoot van het voor- en natransport is 81.414.358 kg.

Onzekerheid

- Er zijn schattingen gedaan van de afstanden met de auto en het OV (bus, tram, metro);
- Er is geen rekening gehouden met het gebruik van reizigers van een elektrische fiets om bij het station te komen.

Bronnen

- Aantallen inwoners en treinritten: CBS statline;
- CO₂-emissiefactoren: CO2emissiefactoren.nl.
- Voor- en natransport reizigers:
 - Fietsfeiten, nieuwe inzichten. Kennisinstituut voor mobiliteitsbeleid (KiM), oktober 2020
 - Loopfeiten, Kennisinstituut voor mobiliteitsbeleid (KiM), oktober 2019

A1.22 Vervangend busvervoer

Omschrijving

Bij werkzaamheden of langdurige storingen zet de NS vervangend busvervoer in. Net als personenvervoer voor- en natransport is deze emissiebron buiten de top-20 geplaatst, omdat het vervangend busvervoer feitelijk toebehoort aan de keten van spoorgebruikers. Echter, ProRail kan door planning wel bijdragen deze emissie te beperken. Daarom is deze emissiebron berekend voor een indicatie van zwaartepunten.

CO₂-ketenemissie

Vervangend busvervoer 2017:	564.389 voertuigkm
CO ₂ -emissiefactor	1,04 kg CO ₂ /voertuigkm (diesel)
CO ₂ -emissiefactor	0,01 kg CO ₂ / voertuigkm (HVO)
CO ₂ -uitstoot	5.887 kg CO ₂

Het percentage vervangend vervoer door werkzaamheden of storingen (invloed ProRail) is niet bekend.

Bronnen

- Afstanden: ProRail;
- CO₂-emissiefactor: CO2emissiefactoren.nl.

Bijlage A2 Onderbouwing reductiemaatregelen

System	CO ₂ -reductiemaatregelen	Score CO ₂ reductie-potentieel	Beperkende eisen	Score beperkende eisen	Eigenaarschap ProRail	Kansen voor inkoop	Score inkoop
Energieverbruik dieseltreinen	<ul style="list-style-type: none"> - Inzet HVO als brandstof - Omschakeling naar elektrische brandstof (batterijtrein/ elektrificatie spoor / waterstoffrein) 	Hoog	<ul style="list-style-type: none"> - Leveringstijd batterijoplossing te lang (vervoerder kan die niet hebben bij start concessie) - Duurzame alternatieven nog niet volledig toegelaten in NL 	Ja	Nee	ProRail koopt zelf geen treinen in.	Laag
Energieverbruik elektrische treinen	<ul style="list-style-type: none"> - NS rijdt al volledig op windenergie, daar geen CO₂-reductie te halen. - NS stuurt al op reductie energieverbruik treinen 	Laag		Nee	Nee	ProRail koop zelf geen treinen in.	Laag
Voertuig- en materieelgebruik aannemers	<ul style="list-style-type: none"> - Optimalisatie transport(afstanden) - Inzet treinen voor vervoer materiaal/materieel - Inzet elektrisch materieel - Gebruik waterstof (voorwaarde: 'groene' waterstof) - Gebruik alternatieve brandstoffen (HVO / GTL) - Klimaatneutrale bouwplaats is inzet van ministerie, veel subsidies. - Kleiner materieel moet in 2030 elektrisch zijn. 	Hoog	<ul style="list-style-type: none"> - Grote vermogens zijn lastig, gaan over op waterstof. - Laadinfrastructuur op bouwplaats, vaak lastig. Bij ProRail makkelijker omdat overal voeding is 	Ja	Nee	<ul style="list-style-type: none"> - Combinatie van contracteisen en gunningscriteria. Belonen koplopers met extra opdrachten. 	Hoog

Projectgerelateerd



Systeem	CO ₂ -reductiemaatregelen	Score CO ₂ reductie-potentieel	Beperkende eisen	Score beperkende eisen	Eigenaarschap ProRail	Kansen voor inkoop	Score inkoop
Spoordragende kunstwerken	<ul style="list-style-type: none"> Inzet duurzamer beton Beperken materiaalgebruik 	Middel	<ul style="list-style-type: none"> Beton en staal zijn nodig voor constructieve veiligheid Cementloos beton kan levensduur kunstwerken verkorten 	Ja	Ja	Inkoop als onderdeel van projecten	Middel
Spoortunnels	<ul style="list-style-type: none"> Verminderen hoeveelheid beton Hergebruik – afvoeren naar opslag, afzetmarkt voor producten zoeken MKI meenemen in aanbesteding Meer nadenken over einde levensduur 	Middel	Veiligheid in spoortunnel moet gegarandeerd kunnen blijven worden.	Ja	Ja		Laag
Spoorstaven	<ul style="list-style-type: none"> Kleine gebreken tijdig verhelpen (levensduur verlengend onderhoud) Hergebruik van spoorstaven in ketensamenwerking Kop spoorstaaf niet meer op locatie doen, maar in fabriek (Voestalpine) 	Hoog	<ul style="list-style-type: none"> Hergebruik spoorstaven wordt gedaan, maar hebben veel eerder defecten dan nieuwe 	Ja	Ja	Wordt ca. 200 km/ jaar vervangen	Hoog
Dwarsliggers	<ul style="list-style-type: none"> Hergebruik dwarsliggers (op emplacementen) Ketensamenwerking opzetten voor hergebruik dwarsliggers Geopolymeer beton Zwavelbeton ligger Kunststof liggers van gerecycled plastic 	Hoog	<ul style="list-style-type: none"> Geopolymeer beton en zwavelbeton nog in proeffase. Gerecycled kunststof liggers al toegestaan, maar duurder 	Ja	Ja	Wordt ca. 200 km/ jaar vervangen	Hoog
Wissels	<ul style="list-style-type: none"> Hergebruik wisseldelen Ketensamenwerking opzetten voor hergebruik Maatregelen voor energieverbruik wissels (scope 2 ProRail) 	Middel	Kan alleen op plekken waar de verwachte levensduur van de wissel het toelaat.	Nee	Ja		Hoog

Projectgerelateerd



Stelsel	CO ₂ -reductiemaatregelen	Score CO ₂ reductie-potentieel	Beperkende eisen	Score beperkende eisen	Eigenaarschap ProRail	Kansen voor inkoop	Score inkoop
Elektrisch systeem bovenleiding	- Geen nieuw koper meer toepassen: aluminium/ ijzerkern of legeringen	Middel		Nee	Ja	Wordt ca. 200 km/ jaar vervangen	Hoog
Rijwielstallingen	- Verminderen hoeveelheid beton - Hergebruik – afvoeren naar opslag, afzetmarkt voor producten zoeken - Toepassen gerecycled plastic - MKI meenemen in aanbesteding - Meer nadenken over einde levensduur	Hoog		Nee	Ja	Op korte termijn liggen er kansen voor fietsparkeren. Beperkingen in de contracten voor aanbesteden.	Middel
Overkappingen	- Verminderen hoeveelheid beton - Hergebruik – afvoeren naar opslag, afzetmarkt voor producten zoeken - Toepassen gerecycled plastic - MKI meenemen in aanbesteding- - Meer nadenken over einde levensduur	Middel		Ja	Ja		Middel
Ballast	- Slimmere inkoop zodat minder CO ₂ wordt uitgestoten door het transport. (onderdeel inzet materieelgebruik aannemers) - Hergebruik van eigen ballast (gebeurt al) - Hergebruik van ballast uit het buitenland (gebeurt nog niet)	Middel		Nee	Ja	Ca 200 km spoor per jaar wordt vervangen.	Hoog

Projectgerelateerd



Systeem	CO ₂ -reductiemaatregelen	Score CO ₂ reductie-potentieel	Beperkende eisen	Score beperkende eisen	Eigenaarschap ProRail	Kansen voor inkoop	Score inkoop
Tractie energievoorziening	<ul style="list-style-type: none"> - Hoogspanningskabel niet op 90 m diepte maar in kabelgoot naast spoor - Van hoog- naar middenspanning systeem - Minder overstations. Geen positieve business case. Vraag ligt bij de overheid. Kans ligt hoog maar lang traject. >50% besparing van energieverlies. - Minder nutsaansluitingen - Aansluitingen combineren met energieopwekking van derden 	Hoog	<ul style="list-style-type: none"> - Voorschriften ProRail zijn beperkend, kunnen wat meer open - Percentage koper dat toegepast kan worden om technische redenen beperkt 	Ja	Ja	ProRail is wereldwijd een kleine speler, neemt duurzaamheid wel op in aanbestedingen	Middel
Hekwerk	<ul style="list-style-type: none"> - Hergebruik van het hekwerk - Ophogen van hekwerk i.p.v. vervangen door nieuw - Minder hekwerk gebruiken (natuurlijke oplossingen als goot of sloot) 	Hoog	Geen	Nee	Ja	Worden km's hekwerk bij geplaatst komende jaren.	Hoog
Geluidsschermen	<ul style="list-style-type: none"> - Minder beton toepassen - Hergebruik van stalen palen - Houten schermen - Mycelium en kurk als alternatief voor houtvezelbeton - Geopolymeer beton gebruiken (40-85% CO₂-reductie) - Geluidsreducerende maatregelen in trein zodat minder geluidsschermen nodig zijn. - Leaseconstructies geluidsschermen 	Hoog	Bij hout speelt risico brandveiligheid.	Ja	Ja	Er start een proeftuin voor ontwikkeling en inkoop duurzame geluidsschermen. Moeten veel geluidsschermen bij komen.	Hoog
Overwegplaten	<ul style="list-style-type: none"> - Hergebruik - Duurzaam beton toepassen 	Middel		Nee	Ja		Laag

Projectgerelateerd



Systeem	CO ₂ -reductiemaatregelen	Score CO ₂ reductie-potentieel	Beperkende eisen	Score beperkende eisen	Eigenaarschap ProRail	Kansen voor inkoop	Score inkoop
Perrons	<ul style="list-style-type: none"> - Geopolymeer / duurzaam beton - Gunnen op MKI - Hergebruik (bv van banken/prullenbakken), zijn ze al mee bezig - Meer nadenken over einde levensduur 	Hoog		Nee	Ja	Regelmatig onderhoud aan perrons	Middel
ICT	<ul style="list-style-type: none"> - Nieuwe Pc's hebben een lagere impact - ProRail doet al wat ze kunnen op dit vlak 	Laag		Nee	Ja	ProRail heeft recent nieuwe ICT aangeschaft	Laag
Draagconstructie bovenleiding	<ul style="list-style-type: none"> - BK balken afschaffen (uit analyse 2017) 	Hoog		Ja	Ja		Hoog
Passagierstunnels	<ul style="list-style-type: none"> - Duurzamer materiaalgebruik (gunnen op MKI) 	Middel	Technische eisen voor veiligheid	Ja	Ja		Middel
Roltrappen	<ul style="list-style-type: none"> - Minder materiaal gebruiken - Gebruik duurzame materialen - Roltrap met lager energieverbruik 	Middel		Ja	Ja	Lichte toename aantal roltrappen	Middel
Stationshallen	<ul style="list-style-type: none"> - Van het gas af - Verminderen hoeveelheid beton - Hergebruik – afvoeren naar opslag, afzetmarkt voor producten zoeken - Toepassen gerecycled plastic - MKI meenemen in aanbesteding - Verlichting 'as a service' - Meer nadenken over einde levensduur 	Hoog	Ontwerp gaat vaak door wijziging in functionele eisen minder lang mee dan de technische levensduur.	Ja	Nee	Geen specifieke kansen benoemd. Stationshallen zijn niet van ProRail.	Laag

Projectgerelateerd



Systeem	CO ₂ -reductiemaatregelen	Score CO ₂ reductie-potentieel	Beperkende eisen	Score beperkende eisen	Eigenaarschap ProRail	Kansen voor inkoop	Score inkoop
Info+	<ul style="list-style-type: none"> - Ledverlichting - levensduur verlengen - ProRail doet al wat ze kan 	Laag	Geen duurzame alternatieven beschikbaar voor elektronica. Worden duurzame technieken verwacht, levensduurverlenging tot die tijd	Ja	Ja	Hebben levensduur verlengd en daarmee investering 5 jaar uitgesteld	Laag
Gebouwen	<ul style="list-style-type: none"> - Van het gas af (scope 2) - Circulair bouwen - Duurzaam materiaalgebruik (anders bouwen, modulair met hout) - Geopolymeer beton - Circulaire module stoot 4-6x minder CO₂ uit 	Hoog		Nee	Ja	ProRail onderzoekt nieuw circulair gebouwconcept om toe te passen	Hoog
Niet-spoordragende kunstwerken	<ul style="list-style-type: none"> - Duurzaam materiaalgebruik - Geopolymeer beton - Gunnen op MKI 	Middel		Nee	Ja		Middel
Hellingbaan	<ul style="list-style-type: none"> - Geopolymeer beton - Gunnen op MKI 	Middel		Nee	Ja		Middel
Relais	Weinig ontwikkelingen op duurzaamheid. Enige ontwikkelingen op energiebesparing.	Laag	Strengere eisen aan veiligheid	Ja	Ja	ProRail kleine speler in wereldmarkt	Laag
Technische ruimte perrons	<ul style="list-style-type: none"> - Circulair bouwen - Duurzaam materiaalgebruik (anders bouwen, modulair met hout) - Geopolymeer beton 	Hoog	Veiligheidseisen i.v.m. minimaliseren brandgevaar	Ja	Ja		Middel
Outillage	<ul style="list-style-type: none"> - Hergebruik – afvoeren naar opslag, afzetmarkt voor producten zoeken - Toepassen gerecycled plastic - MKI meenemen in aanbesteding 	Hoog	Ontwerp gaat vaak door wijziging in functionele eisen minder lang mee dan de technische levensduur.	Ja	Ja		Hoog

Projectgerelateerd



Stelsel	CO ₂ -reductiemaatregelen	Score CO ₂ reductie-potentieel	Beperkende eisen	Score beperkende eisen	Eigenaarschap ProRail	Kansen voor inkoop	Score inkoop
	- Meer nadenken over einde levensduur						
Netverlies bovenleiding		Laag		Ja	Nee	Inkoop meegenomen onder elektrisch systeem bovenleiding	Laag
Tankinstallaties	- Faciliteren van HVO in tankinstallaties voor alle vervoerders met dieseltreinen	Hoog		Ja	Ja	Aantal dieseltreinen gaat omlaag, beperkt de inkoop van nieuwe tankinstallaties. Vervoerders regelen zelf tankinstallatie voor HVO-brandstof.	Laag

Bronnen reductiemaatregelen:

- Interviews met experts ProRail
- Contact met leveranciers (Voestalpine Track Solutions)
- De volgende ketenanalyses:
 - Ketenanalyse beton, Anton Groep, 3 april 2019
 - Ketenanalyse duurzaam materieeltransport, Volker Rail, 26 november 2019
 - Ketenanalyse duurzaam Spoorstaafonderhoud, Volker Rail, 20 juni 2017
 - Keteninitiatief duurzame wisselverwarming, Movares, 19 december 2019
 - Ketenanalyse hergebruikte liggers en wisseldelen, VolkerRail, 4 september 2020
 - Scope 3 analyse en ketenanalyse Raillight, FlexcoRail, 11 maart 2020
 - Scope 3 – ketenanalyse, Inkoop en transport van Ballast, Swietselsky Rail Benelux, 5 juni 2020
 - Ketenanalyse onderhoud spoorstaven, asset rail, 5 april 2018
 - Ketenanalyse opname-/inspectiewerkzaamheden bovenleiding, Dutch Rail Control, 27 mei 2020
 - Ketenanalyse wissels, Vossloh-Cogifer-Kloos BV, 2 oktober 2018

Bijlage A3 Overzicht Emissiefactoren Ecoinvent

Hieronder volgt een overzicht van alle gebruikte emissiefactoren in deze dominantie-analyse afkomstig uit de Ecoinvent database, versie 3.5. Bronnen van de NMD 3.2 betreft Ecoinvent processen die speciaal volgens de bepalingsmethode milieuprestatie gebouwen zijn gemodelleerd. Alle emissiefactoren zijn berekend met de voorgeschreven rekenmethode van de bepalingsmethode milieuprestatie bouwwerken van de NMD.

Materiaal / item	Ehd	kg CO ₂ /ehd	Bron
Aluminium	kg	5,12	NMD 3.2 0151-fabAluminium (o.b.v. Aluminium, cast alloy {GLO}) market for Cut-off, U; 26% primair, 74% scrap)
Beton	kg	0,18	NMD 3.2 0163-fabBetonmortel C30/37 (o.b.v. CEM I), 2395 kg/m ³
Beton, gewapend	kg	0,28	0,95% emissiefactor Beton en 0,05% emissiefactor Staal – wapening
Bouw- en sloopafval	kg	0,01	Ecoinvent 3.5 Waste reinforced concrete {Europe without Switzerland} treatment of waste reinforced concrete, collection for final disposal Cut-off, U
Composiet	kg	0,57	USLCI Composite wood I-joist, at plant, US SE/kg/US. Method: IPCC 2013 GWP100
Destra data-afval	kg	0,02	Ecoinvent 3.5 Waste paperboard {ROW} treatment of, sorting plant Cut-off, U
Folie- en kunststofafval	kg	2,38	Ecoinvent 3.5 Waste plastic, mixture {ROW} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration Cut-off, U
Gebouw - staal constructie	m ²	415,00	Ecoinvent 3.5 Building, hall, steel construction {GLO}) market for Cut-off, U
Gevaarlijk afval	kg	2,57	Ecoinvent 3.5 Hazardous waste, for incineration, {Europe without Switzerland} market for hazardous waste, for incineration Cut-off, U
Glas - coated	kg	1,19	NMD 3.2 0019-fabGlas, vlakglas (o.b.v. Flat glass, coated {GLO}) market for Cut-off, U)
Glasafval	kg	0,00018	NMD 3.2 0256-avCVerbranden glas (o.b.v. {Europe without Switzerland} treatment Cut-off ,U)
Hout	kg	0,37	NMD 3.2 0027-fabHout, Europees hardhout, eiken, kastanje, robinia, western red cedar, gezaagd (o.b.v. Sawwood, hardwood, raw, dried (u=10%) {RER}) market for Cut-off, U en 650 kg/m ³ + 1500 kg per as)
Houtafval	kg	0,01	NMD 3.2 0262-avCVerbranden hout, 'schoon' (13,99 MJ/kg) (o.b.v. Waste wood, untreated {CH}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)
ICT – Desktop	stuk	223,00	Ecoinvent 3.5 Computer, desktop, without screen {GLO}) market for Cut-off, U
ICT – Laptop	stuk	162,00	Ecoinvent 3.5 Computer, laptop {GLO}) market for Cut-off, U
ICT – LCD-scherm	stuk	360,00	Ecoinvent 3.5 Display, liquid crystal, 17 inches {GLO}) market for Cut-off, U
ICT – Muis	stuk	6,57	Ecoinvent 3.5 Pointing device, optical mouse, with cable {GLO}) market for Cut-off, U
ICT – Netwerkkapparatuur	stuk	32,70	Ecoinvent 3.5 Router, internet {GLO}) market for Cut-off, U
ICT – Servers	stuk	223,00	Ecoinvent 3.5 Computer, desktop, without screen {GLO}) market for Cut-off, U

ICT – Toetsenbord	stuk	31,80	Ecoinvent 3.5 Keyboard {GLO} market for Cut-off, U
ICT – Voeding	stuk	37,10	Ecoinvent 3.5 Power supply unit, for desktop computer {GLO} market for Cut-off, U
Inductor	kg	45,50	Ecoinvent 3.5 Inductor, auxiliaries and energy use (GLO) market for Cut-off, U
Koper	kg	3,90	NMD 3.2 0059-0-fabKoper (o.b.v. Copper {GLO} market for Cut-off, U; 71% primair, 29% secundair)
Kunsthars	kg	4,02	Ecoinvent 3.5 Epoxy resin, liquid {RoW} production Cut-off, U
Kunststof – Polycarbonaat	kg	8,20	NMD 3.2 0030-fabPolycarbonaat (o.b.v. Polycarbonate {GLO} market for Cut-off, U)
Kunststof – Polyethyleen	kg	2,08	NMD 3.2 0353-fabPolyethyleen, HDPE, granulaat (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Cut-off, U)
Kunststof – Polyvinylchloride	kg	2,16	Ecoinvent 3.5 Polyvinylchloride, bulk polymerised {GLO} market for Cut-off, U
Lood	kg	1,22	NMD 3.2 0037-fab&Lood (o.b.v. Lead {GLO} market for Cut-off, U; 45% primair, 55% secundair)
Oud papier en karton	kg	0,02	Ecoinvent 3.5 Waste paperboard {ROW} treatment of, sorting plant Cut-off, U
Papier	kg	0,77	Ecoinvent 3.5 Graphic paper, 100% recycled (RER), production Cut-off, U
Porselein	kg	1,97	NMD 3.2 0237-fabPorselein, keramische isolator (o.b.v. Sanitary ceramics {GLO} market for Cut-off, U)
Restafval	kg	0,52	NMD 3.2 0106-pro&Verbranden, overig (o.b.v. Municipal solid waste {NL} treatment of, municipal incineration Cut-off, U
Smeerolie	kg	1,42	Ecoinvent 3.5 Lubricating oil {RoW} market for lubricating oil Cut-off
Staal – geen legering	kg	1,88	Ecoinvent 3.5 Steel, unalloyed {GLO} market for Cut-off, U
Staal – verchroomd	kg	4,50	NMD 3.2 0202-fabStaal, hooggelegeerd, RVS (o.b.v. Steel, Chromium steel 18/8 {GLO} market for Cut-off, U; 72% primair, 28% secundair)
Staal – verzinkt	kg	2,53	NMD 3.2 0233-fabStaal, staalplaat, verzinkt (o.b.v. 98,6% Steel, unalloyed {GLO} market for Cut-off, U + Sheet rolling; 0,66 m2 Zinc coat, coils)
Staal – wapening	kg	2,11	NMD 3.2 0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) o.b.v. Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair)
Swill	kg	0,06	Gemiddelde van de volgende drie processen: - NMD 3.2 0297-avCVerbranden organisch afval (4,29 MJ/kg) (o.b.v. Biowaste {GLO} treatment of biowaste, municipal incineration Cut-off, U) - Ecoinvent 3.5 Biowaste {ROW} treatment of biowaste by anaerobic digestion Cut-off, U - NMD 3.2 0294-reC&Compostieren, per kg te compostieren materiaal (o.b.v. Biowaste {ROW} treatment of biowaste, industrial composting Cut-off, U)
TL-lamp	stuk	0,94	Ecoinvent 3.5 Ultraviolet lamp {GLO} market for Cut-off, U
Wit- en bruingoed	kg	0,18	Gemiddelde van de volgende twee processen:

Projectgerelateerd



			- Ecoinvent 3.5 Used industrial electronic device {GLO} treatment of, mechanical treatment Cut-off, U - Ecoinvent 3.5 Waste electric and electronic equipment {GLO} treatment of, shredding Cut-off, U
Zand	kg	0,01	NMD 3.2 0168-fabZand, ophoogzand, betonzand, drainagezand, (o.b.v. Sand {GLO} Cut-off, U)
Zilver	kg	330,00	Ecoinvent 3.5 Silver {GLO} market for Cut-off, U