

## Ketenanalyse & -initiatief Wisselverwarming

19 December 2019; v 1.0



# Keteninitiatief duurzame wisselverwarming

## Autorisatieblad

### Keteninitiatief duurzame wisselverwarming

	<b>Naam</b>	<b>Akkoord</b>	<b>Datum</b>
Opgesteld door	Haan, NLM de	✓	19-12-2019 23-12-2019
Gecontroleerd door	Bos, JA	✓	23-12-2019
Vrijgegeven door	Schukken, RA	✓	30-12-2019

Op dit autorisatieblad ontbreken de handtekeningen wegens de digitale verwerking van ons vrijgaveproces. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

#### Versie historie

<b>Versie</b>	<b>Naam</b>	<b>Datum</b>	<b>Korte toelichting</b>

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding ketenanalyse algemeen</b>	<b>5</b>
1.1	Algemeen	5
1.2	Verschil tussen scope 1, 2 en 3 emissies	5
1.3	Doel ketenanalyse	6
1.4	Categorieën scope 3 emissies	6
1.5	Keuze ketenanalyses 2019	7
1.6	Leeswijzer	7
<b>2</b>	<b>Inleiding ketenanalyse Duurzame wisselverwarming</b>	<b>8</b>
2.1	Algemeen	8
2.2	CO <sub>2</sub> uitstoot door Wisselverwarming	8
2.3	Simulatie van wisselverwarming	8
2.4	Doelstellingen ProRail energiebesparing en CO <sub>2</sub> -uitstoot	9
2.5	Duurzaamheids-streven Movares	9
<b>3</b>	<b>Ketenanalyse Wisselverwarming</b>	<b>10</b>
3.1	De keten van wisselverwarming	10
3.2	Ketenuitwerking wisselverwarming	10
3.3	Systeemanalyse wisselverwarming	11
<b>4</b>	<b>Voortgaand onderzoek efficiëntere wisselverwarming</b>	<b>13</b>
4.1	Onderzoek internationaal	13
4.2	Kansen voor effectievere wisselverwarming	13
4.3	Resultaten uit EEM-simulaties	13
<b>5</b>	<b>Energieverbruik wisselverwarming</b>	<b>15</b>
5.1	Trend in energieverbruik wisselverwarming	15
5.2	Vergelijking van de systemen	16
5.3	CO <sub>2</sub> -footprint per wisselverwarmings-systeem	17
5.4	Analyse en conclusies	18
<b>6</b>	<b>CO<sub>2</sub> -reductieberekening</b>	<b>19</b>
6.1	Identificatie van reductiemogelijkheid	19
6.2	Reductiedoelstelling Movares	19
<b>7</b>	<b>Keteninitiatief: Plan van aanpak voor realisering reductiedoelstelling</b>	<b>21</b>
7.1	Identificatie ketenpartners	21
<b>8</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>Gebruikte literatuur en referenties:</b>	<b>23</b>
	<b>Colofon</b>	<b>24</b>

# 1 Inleiding ketenanalyse algemeen

## 1.1 Algemeen

Bij Movares staat betrokkenheid hoog in het vaandel. Het is een van onze kernwaarden. Onze insteek naar klanten, partners en medewerkers is hier mede op gebaseerd. En richting maatschappij en milieu is betrokkenheid het sleutelwoord. Wij zijn ons bewust van onze verantwoordelijkheid voor een duurzame samenleving voor huidige en toekomstige generaties, beseffen welke rol Movares daarin kan spelen en handelen daarnaar. Allereerst is dit zichtbaar in de projecten die wij uitvoeren.

Als ontwerpende partij zijn wij vaak betrokken bij de vroege fasen van de levenscyclus van een project. In ons marktsegment, de infrastructuur, kunnen wij veel betekenen voor de verduurzaming van (het gebruik van) die infrastructuur. Door, behalve voor onze eigen rol, ook oog te hebben voor de totale keten en daarin de samenwerking met ketenpartners op te zoeken, worden de mogelijkheden tot verduurzaming vergroot. Zo komen oplossingen tot stand die maatschappelijk het grootste nut opleveren.

Een belangrijk onderdeel van onze duurzaamheidsambities is onze positie op de in december 2009 door ProRail gelanceerde CO<sub>2</sub>-prestatieladder, waar wij te vinden zijn op trede 5. Een van de onderdelen van deze ladder is het inzicht hebben in de emissies die wij uitstoten. Dit betreft zogenoemde Scope 1, 2 en 3 emissies.

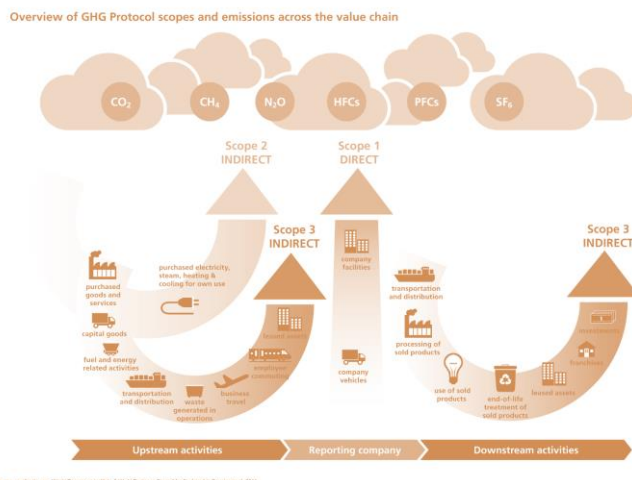
## 1.2 Verschil tussen scope 1, 2 en 3 emissies

In het zogenaamde *Greenhouse Gas Protocol* wordt onderscheid gemaakt naar de herkomst van de emissies in scope 1, 2 en 3, zie Figuur 1 en Tabel 1.

**Tabel 1** *Overzicht en toelichting emissies scope 1, 2 en 3*

Scope	Type	Definitie	Voorbeeld
1	Direct	Emissies van activiteiten die beheerd of uitgevoerd worden door het rapporterende bedrijf	Emissies van aardgas in eigen CV-installaties, bedrijfsauto's
2	Indirect	Emissies als gevolg van de productie van ingekochte elektriciteit, stroom, verwarming of koeling die gebruikt wordt door het rapporterende bedrijf	Emissies van ingekochte elektriciteit
3	Indirect	Alle indirecte emissies, welke niet onder scope 2 vallen, die voorkomen in de waardeketen van het rapporterende bedrijf inclusief upstream en downstream emissies.	Productie en transport van ingekochte producten, of het gebruik van verkochte producten

T.b.v. de CO<sub>2</sub>-prestatieladder worden de emissies van privéauto's, zakelijk vliegverkeer en zakelijk openbaar vervoer tot scope 2 gerekend. Het GHG protocol rekent deze tot scope 3.



**Figuur 1** Verdeling scope 1, 2 en 3 emissies

### 1.3 Doel ketenanalyse

Voor de ketenanalyse zijn de scope 3 emissies belangrijk. Om inzicht te krijgen in de scope 3-emissies op het gebied van CO<sub>2</sub> heeft Movares een analyse uitgevoerd van haar waardeketen. Hierbij zijn alle indirecte CO<sub>2</sub>-emissies beschouwd die als gevolg van onze activiteiten worden uitgestoten, maar waar wij niet direct invloed op hebben. Voorbeelden hiervan zijn onze ontwerpprocessen, waarbij onze oplossingen een groot deel van de emissies bepalen, hoewel wij zelf de realisatie van onze oplossingen niet verzorgen.

Doel van deze emissie-analyse is om inzicht te krijgen in onze grootste emissieveroorzakers, zodat daar gericht reductiedoelen op kunnen worden gesteld, die vervolgens ook kunnen worden gemonitord. In dit hoofdstuk wordt enige informatie uit het ‘Energiemanagement en CO<sub>2</sub>-reductieplan’ [8] gegeven zodat de plaats van de voorliggende ketenanalyse (Duurzame wisselverwarming) duidelijk is.

### 1.4 Categorieën scope 3 emissies

De scope 3 emissies worden in het GHG protocol in verschillende categorieën ingedeeld, in de twee hoofdstromen upstream en downstream, zie ook **Tabel 2**.

Upstream	Downstream
1. Aangekochte goederen en diensten	9. Downstream transport en distributie
2. Kapitaalgoederen	10. Ver- of bewerken van verkochte producten
3. Brandstof en energie gerelateerde activiteiten (niet opgenomen in scope 1 of 2)	11. Gebruik van verkochte producten
4. Upstream transport en distributie	12. End-of-life verwerking van verkochte producten
5. Productieafval	13. Downstream geleaste activa
6. Personenvervoer onder werktijd (Business Travel)	14. Franchisehouders
7. Woon-werkverkeer	15. Investerings
8. Upstream geleaste activa	

**Tabel 2** Categorieën scope 3 emissies

Categorie 6 is doorgehaald, aangezien deze categorie conform de CO<sub>2</sub>-prestatieladder onder scope 2 emissies valt. Movares heeft in het ‘Energiemanagement en CO<sub>2</sub>-



reductieplan' beschreven welke upstream- en downstreamemissies in de bedrijfsvoering aanwezig zijn. Hiervoor is ook bepaald welke ProductMarktCombinatie's (PMC's) Movares kent. De 5 PMC's van Movares waar Movares de meeste invloed in heeft zijn:

PMC's Movares	Relatief belang van CO <sub>2</sub> -belasting van de sector	Invloed van onze activiteiten op deze CO <sub>2</sub> -emissies	Potentiële invloed Movares op CO <sub>2</sub> -uitstoot	Rang -orde	Indicatie uitstoot (kton CO <sub>2</sub> )
Rail - tractievoeding	groot	groot	groot	1	159
Rail, wegen en water – kunstwerken	middelgroot	groot	groot	2	80
Rail, wegen en water – overige infrastructuur	groot	groot	klein	3	342
Gebouwen en energie - gebouwen	groot	groot	klein	4	5
Gebouwen en energie – installaties	groot	groot	klein	5	5

**Tabel 3** Meest materiële scope 3-emissies Movares Nederland

#### 1.5 Keuze ketenanalyses 2019

Movares heeft in 2019 conform het handboek 'CO<sub>2</sub>-prestatieladder 3.0' de verplichting om één nieuwe ketenanalyse met bijbehorend keteninitiatief te starten. De bestaande ketenanalyse 'Beton & topologisch ontwerpen' loopt door maar het bestaande keteninitiatief '3kV' kan voorlopig niet bijdragen aan de geplande CO<sub>2</sub>-reductie van Movares omdat er op hoog politiek niveau in Nederland besluitvorming over moet plaatsvinden. Het initiatief staat dus 'on hold'. In dit document wordt daarom de nieuwe ketenanalyse inclusief het keteninitiatief 'Duurzame wisselverwarming' en de bijbehorende reductiedoelen beschreven. Deze analyse valt in de PMC Rail (wegen en water) – overige infrastructuur, waar de hoogste CO<sub>2</sub>-uitstoot plaatsvindt.

#### 1.6 Leeswijzer

In dit document worden de ketenanalyse en de reductiedoelstellingen vanuit het keteninitiatief 'Duurzame wisselverwarming' beschreven. In hoofdstuk 1 staat algemene informatie over ketenanalyses. In hoofdstuk 2 vindt u een inleiding op deze specifieke ketenanalyse. Hoofdstuk 3 beschrijft de ketenanalyse van een wisselverwarming. In hoofdstuk 4 is onderzoek beschreven naar soorten wisselverwarming. Hoofdstuk 5 beschrijft het energiegebruik van wisselverwarming en in hoofdstuk 6 is de bijbehorende CO<sub>2</sub> reductiedoelstelling beschreven. Hoofdstuk 7 gaat in op het keteninitiatief dat bij deze ketenanalyse hoort. Hoofdstuk 8 is een puntsgewijze samenvatting van het document, en in hoofdstuk 9 staat de geraadpleegde literatuur.

## 2 Inleiding ketenanalyse Duurzame wisselverwarming

### 2.1 Algemeen

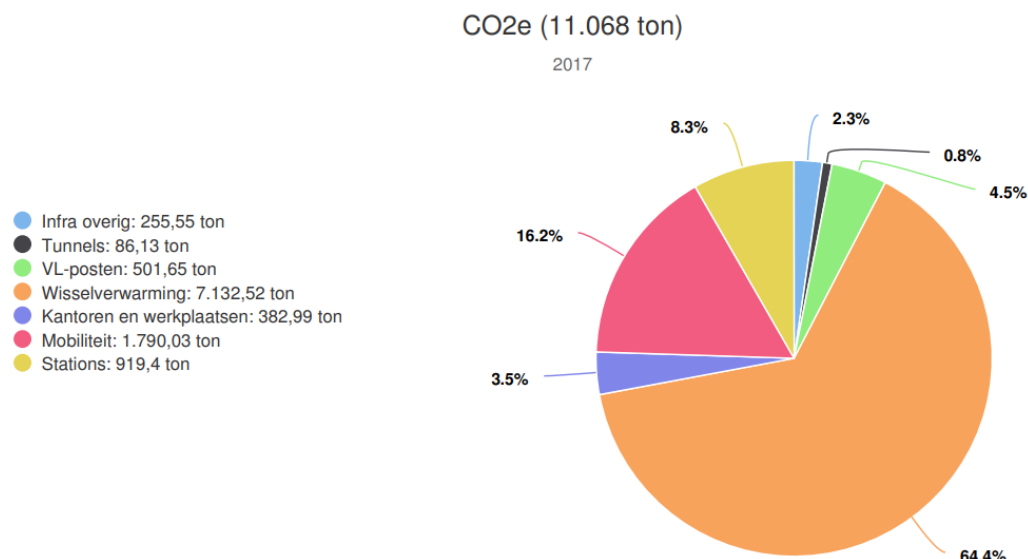
Movares is in 2010 een keteninitiatief gestart om wisselverwarming te verduurzamen op basis van bodemwarmte en warmtepomptechnologie. Dit concept is op verschillende locaties ingebouwd en getest en ook effectief gebleken. Niettemin wordt deze oplossing door ProRail en de procescontractaannemers (PCA's) als te complex ervaren. Daarom wordt toepassing van deze installaties op bodemwarmte niet gecontinueerd.

Nieuwe installaties zijn gebaseerd op het principe 'elektrisch lint' zoals vastgelegd in OVS00303-V002. Deze nieuwe specificatie leidt niet tot CO<sub>2</sub>-reductie, integendeel. Om deze reden is Movares opnieuw op zoek gegaan naar een manier om CO<sub>2</sub>-reductie voor wisselverwarming te bewerkstelligen. Hier wordt vanaf hoofdstuk 4 op ingegaan.

Om de leesbaarheid te bevorderen wordt in dit document af en toe teruggegrepen op de ketenanalyse van 2010. Het onderliggende probleem, de CO<sub>2</sub>-uitstoot, is namelijk hetzelfde gebleven doordat de eerder bedachte oplossing niet praktisch is gebleken. Belangrijk verschil met het initiatief uit 2010 is dat de beoogde CO<sub>2</sub>-besparing wordt gerealiseerd door selectief te verwarmen, daar waar nodig. Dat betekent dat de reductie niet wordt bereikt door inzet van een warmtepomp, maar doordat de hoogwaardige (elektrische) warmtebron effectiever wordt benut.

### 2.2 CO<sub>2</sub> uitstoot door Wisselverwarming

Wisselverwarming is verantwoordelijk voor 2/3<sup>e</sup> van alle CO<sub>2</sub>-uitstoot door ProRail (ruim 7.000 ton/jaar, oranje deel in onderstaande grafiek). Efficiëntere wisselverwarming is en blijft daarom prioriteit om het energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-uitstoot door ProRail te verminderen (referentie [4]).



**Figuur 2** Overzicht CO<sub>2</sub>-uitstoot ProRail

### 2.3 Simulatie van wisselverwarming

Simulaties door Movares laten zien dat de warmteoverdracht van wisselverwarming waarmee sneeuw en ijs worden gesmolten een factor 3 beter kan wanneer gebruik wordt gemaakt van infrarood voor de warmteoverdracht. (7132,52 ton CO<sub>2</sub>/3 = 2377,51 ton; Een besparing van 4775 ton CO<sub>2</sub>.)



Een andere optie waarvan veel winst wordt verwacht is glijstoelverwarming (deze optie is nog niet nader berekend en de ketenanalyse focust daarom op de infraroodverwarming).

Omdat beide oplossingen een snellere reactietijd kennen, kan de inschakelduur worden verkort wat mogelijk leidt tot een factor 4 reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot. (7132,52 ton CO<sub>2</sub> /4 = 1783,13 ton CO<sub>2</sub>; Een besparing van 5349,42 ton CO<sub>2</sub> ).

In potentie kan daardoor de CO<sub>2</sub>-footprint van ProRail met de helft (≥ 5000 ton CO<sub>2</sub>/jaar) worden gereduceerd. Deze potentie is in september 2019 gepresenteerd op de Movares duurzaamheidsdag (referentie [1]).

#### 2.4 Doelstellingen ProRail energiebesparing en CO<sub>2</sub>-uitstoot

ProRail *Verbindt, Verbetert en Verduurzaamt* en voert een actief energiebeleid. Voor dit laatste is het Energie-Efficiency-Plan opgesteld [2]. ProRail vindt energiebesparing belangrijk en hanteert hierbij een prioritering van energiebesparingsprojecten volgens de Trias Energetica. De eerste prioriteit is daarbij de reductie van energievraag. Tweede prioriteit is de inkoop van duurzame energie. Als derde tenslotte, het gebruik van apparatuur met een zo hoog mogelijk rendement.

In het kader van de CO<sub>2</sub>-prestatieladder, laat ProRail jaarlijks een energieaudit uitvoeren. Uit het rapport over 2014 worden Verlichting en Wisselverwarming genoemd als interessante gebieden. Voor wisselverwarming zijn voornamelijk geen maatregelen genomen anders dan het verminderen van het aantal installaties, als gevolg van de reductie van het aantal wissels [2]. Op haar website zegt ProRail hierover het volgende:

*In november 2018 hebben we onze CO<sub>2</sub>-voetafdruk over 2017 gepubliceerd. De CO<sub>2</sub>-emissie als gevolg van ons energieverbruik is in 2017 gedaald naar 12 kiloton, vergelijkbaar met de uitstoot van circa 1.500 huishoudens. De prognose voor onze voetafdruk 2018 is ruim 13 kiloton. Door deze toename zullen we ons jaardoel van maximaal 12 kiloton niet halen. Oorzaak is een fors hoger gasverbruik bij wisselverwarming en een hoger gasverbruik bij stations door de lange periode van kou begin 2018. Bovendien waren voor de aanleg van diverse elektrische wisselverwarmingssystemen de aansluitingen op het energienet niet op tijd klaar, waardoor tijdelijk dieselaggregaten nodig waren.*

(<https://www.jaarverslagprorail.nl/verslag/maatschappijprestatie/duurzaamspoor>)

Voor de CO<sub>2</sub>-emissie in de levenscyclus van wisselverwarming zijn het energieverbruik en de levensduur van wisselverwarming maatgevende factoren [2]. Vanaf hoofdstuk 5 wordt hier verder op ingegaan.

#### 2.5 Duurzaamheidsstreeven Movares

Movares hecht er aan om haar kennis en ervaring op het gebied van wisselverwarming (net als eerder in 2010) in te zetten voor een duurzaamheidsinitiatief en samen met ProRail en de sector effectievere wisselverwarming mogelijk te maken.

### 3 Ketenanalyse Wisselverwarming

#### 3.1 De keten van wisselverwarming

De uitgevoerde stappen in de analyse uit 2010 zijn onder meer:

- In kaart brengen van de keten
- Identificeren partners in de keten
- Kwantificeren van de CO<sub>2</sub>-emissie van de keten
- Aandragen van wisselverwarming op basis van bodemwarmte

Om de CO<sub>2</sub>-emissies van wisselverwarming gedurende de levenscyclus in kaart te kunnen brengen, is het van belang om de verschillende emissiebronnen te identificeren. Op basis hiervan kunnen de belangrijkste emissiebronnen geselecteerd worden. Deze emissiebronnen vormen de aanknopingspunten voor emissiereductie-opties.

#### 3.2 Ketenuitwerking wisselverwarming

De levenscyclus, zoals weergegeven in Figuur 5, is gebaseerd op een generiek wisselverwarmingssysteem. Afhankelijk van welk systeem wordt toegepast, kunnen bepaalde stappen specifiek worden ingevuld, zoals recycling en winning van grondstoffen. Voor de huidige analyse wordt uitgegaan van het in Nederland meest toegepaste systeem: het branderpijpsysteem, gevoed door aardgas.

In de spoorsector is het gebruikelijk om te focussen op het energieverbruik tijdens de levensfase, vooral omdat het energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-emissies tijdens bouw en sloop van wisselverwarming gering zijn ten opzichte van de hoge emissies ten gevolge van het energieverbruik tijdens de levensfase. In de levenscyclus in Figuur 5 is de levensduur met bijbehorend energieverbruik aangegeven middels een geel blok.



**Figuur 3** *Branderpijpsysteem*

Om de aanname dat de CO<sub>2</sub>-emissies tijdens de bouw- en sloopfase gering zijn te kunnen bewijzen, volgt hier een vergelijking op basis van elektrisch lint (de huidige keuze voor installaties) . Daarbij wordt uitgegaan van een levensduur van 25 jaar.

- Productie, assemblage en plaatsen: 50 kg CO<sub>2</sub>/jaar per wissel
- Sloop: 15 kg CO<sub>2</sub>/jaar per wissel
- Onderhoud excl. energieverbruik: 53 kg CO<sub>2</sub>/jaar per wissel

Het totaal is 118 kg CO<sub>2</sub>/jaar per wissel. Ten opzichte van het energiegebruik van bestaand elektrisch lint van 1024 kg CO<sub>2</sub>/jaar per wissel (zie hoofdstuk 5) kan daarom voor deze ketenanalyse worden volstaan met een beschouwing van het energiegebruik omdat de CO<sub>2</sub>-uitstoot ten gevolge van het energieverbruik ongeveer 90 procent van de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot bedraagt. Voor nieuw elektrisch lint (1752 kg CO<sub>2</sub>/jr per wissel) is dit zelfs 94%.



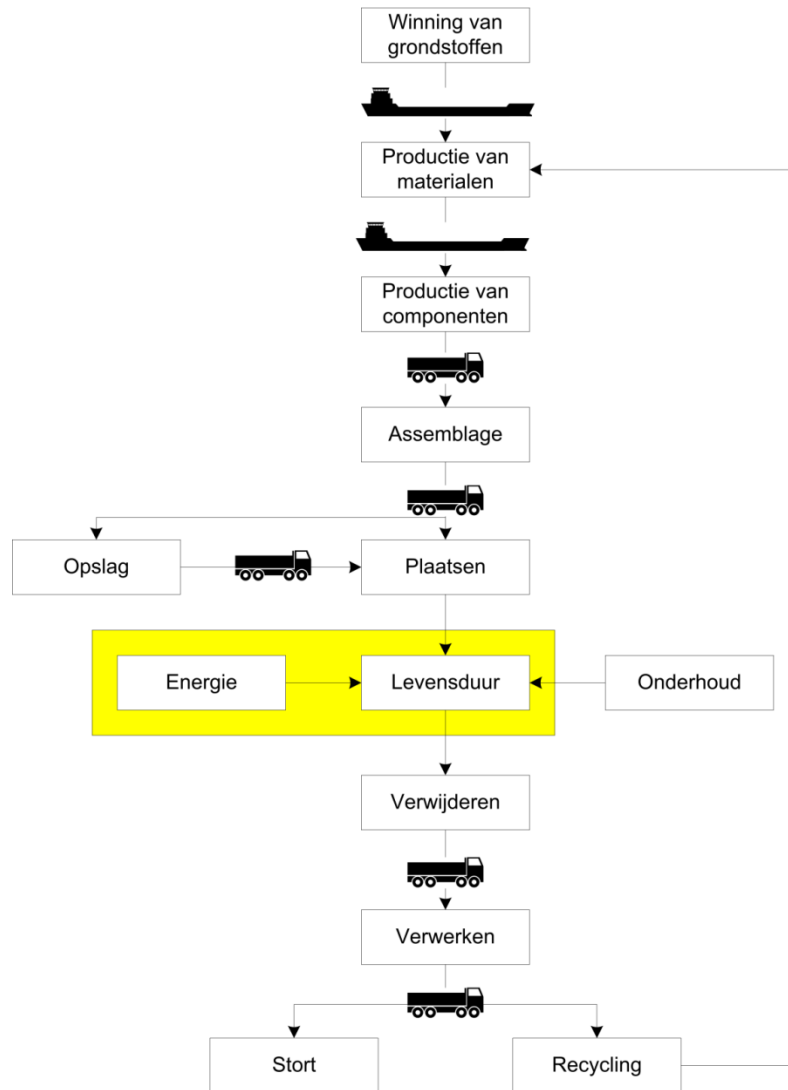
**Figuur 4** Elektrisch lint systeem

### 3.3 [Systeemanalyse](#) [wisselverwarming](#)

Voor de ketenanalyse van bestaande wisselverwarmingssystemen wordt uitgegaan van het meest gebruikte branderpijpsysteem. Dit systeem bestaat uit de volgende componenten:

- Twee branderpijpen met vonkontstekers, die met klemmen aan de rails worden bevestigd.
- Gasvoorziening met bekabeling.
- Optioneel zijn ook meetcomputers e.d. te installeren.

Omdat, afgezien van de gasinfrastructuur, de hoeveelheid materiaal erg beperkt is, is het bij het analyseren van CO<sub>2</sub>-reductiemogelijkheden bij wisselverwarming niet relevant om te kijken naar het gebruik van andere materialen, naar hergebruik van materialen of naar andere manieren van transport. De effecten van deze emissiereducties vallen in het niet bij de hoge emissies tijdens de levensfase. In dit onderzoek focussen wij ons dan ook alleen op het energieverbruik tijdens de levensfase.



**Figuur 5** *Levenscyclus van een wisselverwarmingssysteem*

## 4 Voortgaand onderzoek efficiëntere wisselverwarming

Aangezien het eerder genomen initiatief niet praktisch is gebleken in de uitvoering is de toepassing ervan beperkt gebleven tot slechts enkele locaties.

### 4.1 Onderzoek internationaal

Ook internationaal is er aandacht voor het energieverbruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot door wisselverwarming. In Zwitserland is in 2014 onderzoek uitgevoerd dat is beschreven in het rapport *Übersichtsstudie Energieeffiziente Weichenheizung* [7]. Uit dit rapport kunnen belangrijke conclusies worden getrokken die ook voor het Nederlandse spoor van belang zijn.

De eerste betreft de gasgestookte wissels. Volgens de opstellers van het rapport wordt buiten Nederland vrijwel nergens nieuwe wisselverwarming op gas aangelegd. In Zwitserland zelf wordt 31% van de wissels met gas verwarmd (stand in 2014). De gasgestookte wissels verbruiken ongeveer twee keer zo veel energie in vergelijking met elektrisch verwarmde. In de Zwitserse situatie (waar veel waterkracht voor handen is) is wisselverwarming op gas verantwoordelijk voor 90% van de CO<sub>2</sub> uitstoot.

Veel aandacht wordt in het rapport besteed aan de verbetering van de energie-efficiëntie van elektrische wissels. Grote winst (ca 50%) is te halen door een goede weersafhankelijke regeling voor de niet-geautomatiseerde wisselverwarming. Dit wordt dan ook gezien als de eerst voor de hand liggende verbetering. Zo'n regeling zal dan ook worden meegenomen bij de nieuwe wisselverwarming op infraroodbasis.

Als kansrijk wordt internationaal wisselverwarming op basis van Geothermie gezien. Een van de systemen werkt zelfs zonder externe energietoevoer. In Duitsland lopen proeven met dit systeem vanaf 2013. Systemen op aardwarmte zijn overigens wel duurder. Ook bestaat er in Zwitserland (net als in Nederland) scepsis ten aanzien van wisselverwarming op aardwarmte. Dit is de reden voor dit nieuwe keteninitiatief.

Buiten wisselverwarming op aardwarmte wordt veel verwacht van elektrische wisselverwarming waarbij delen van het wissel worden verwarmd d.m.v. inductie of systemen waarbij het verwarmingselement is geoptimaliseerd.

### 4.2 Kansen voor effectievere wisselverwarming

In 2016 heeft VolkerRail een aanbesteding voor wisselverwarming op basis van 'Electric Point Heating' (EPH) gewonnen. Bij Movares is het vermoeden gerezen dat deze EPH een verre van optimale oplossing was om wissels te verwarmen. In 2016 heeft overleg met VolkerRail plaatsgevonden over verbetering van de z.g. EPH-wisselverwarming. Aangezien de EPH de oplossing was waarmee de aanbesteding was gewonnen, was in het kader van deze aanbesteding geen wijziging van dit concept mogelijk (op straffe van ontbinding van de overeenkomst tussen VolkerRail en ProRail).

### 4.3 Resultaten uit EEM-simulaties

Sinds 2016 onderzoekt Movares daarom op welke wijze efficiëntere wisselverwarming kan worden gerealiseerd *zonder* toepassing van bodemwarmte [4]. Met behulp van computersimulatie is de prestatie van systemen die gebruik maken van infrarood-warmtestraling vergeleken met systemen op basis van het huidige Ontwerpvoorschrift voor Elektrische Wisselverwarming [5].

Hieruit blijkt dat bij bestaande systemen slechts 12,8% van de warmte beschikbaar is voor het smelten van sneeuw en ijs tussen wisseltong en aanslagspoorstaaf. Bij een geoptimaliseerd systeem met Infraroodstraler kan tot ca. 40% van de energie effectief worden benut. Dit betekent dat het energieverbruik, en dus ook de CO<sub>2</sub> uitstoot van wisselverwarming met een factor 3 omlaag kan. Maar omdat een geoptimaliseerd systeem ook sneller reageert, kan de winst nog hoger uitvallen.

[Naast Infraroodverwarming is er nog een ander interessant alternatief waar nog geen nader onderzoek naar is gedaan: verwarming van de glijstoelen, waarop de tongen rusten, door middel van elektrische verwarmingselementen. Door deze glijstoelen direct te verwarmen in plaats van indirect via de aanslagspoorstaaf wordt eveneens grote winst verwacht. Met welke techniek de meeste winst kan worden geboekt, zal uit onderzoek moeten blijken. In februari 2020 start een afstudeerproject in het kader waarvan dit onderzoek zal worden uitgevoerd.]



## 5 Energieverbruik wisselverwarming

Zoals in hoofdstuk 2.2 is genoemd, komt ongeveer 2/3<sup>e</sup> van het jaarlijkse energieverbruik van ProRail voor rekening van wisselverwarming. Dit komt neer op bijna 16 miljoen kWh per jaar. Uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-uitstoot is dit ruim 7000 ton per jaar.

In het keteninitiatief van 2010 heeft Movares ingezet op het vervangen van de huidige branderpijpsystemen door systemen met een warmtepomp op basis van bodemwarmte. Dit initiatief borduurde voort op ervaringen met proefinstallaties in Arnhem, Lelystad en Utrecht met in totaal ongeveer 50 wissels. Hoewel de bereikte CO<sub>2</sub>-reductie door deze installaties hoog is (ca 80 % minder dan een branderpijpsysteem), zijn deze complexer in aanleg en onderhoud. Om deze reden worden bodemwarmtesystemen niet meer in wisselverwarming toegepast.

In Nederland worden verschillende methoden van wisselverwarming toegepast zoals open branderpijpen die werken op aardgas, eveneens gasgestookte CV-installaties en elektrische wisselverwarming met elektrisch lint. Daarnaast worden dus enkele wissels verwarmd met behulp van bodemwarmte (warmtepomp).

In dit hoofdstuk worden alternatieven beschreven en vergeleken op investeringskosten, exploitatiekosten, energiegebruik en CO<sub>2</sub>-emissies.

### 5.1 Trend in energieverbruik wisselverwarming

In de CO<sub>2</sub>-emissie-analyse in 2010 is uitgegaan van 500 branduren per wissel per jaar (vallend in het seizoen van 1 oktober tot 1 april). Voor het vermogen per wissel werd uitgegaan van 4,5 kW voor een (veel toegepast type) 1:9 wissel met elektrisch lint wisselverwarming. De eisen aan het ontwerp van elektrische wisselverwarming zijn de laatste jaren echter gewijzigd. Het huidige PVE in OVS00303-v.002, [5] schrijft een vermogen voor van 700 W per meter (per halve tongbeweging) voor het genoemde wissel. Bij een wissel 1:9 bedraagt de te verwarmen lengte in totaal 11 meter, zodat het vermogen uitkomt op 7,7 kW. Dit is een stijging van 70% ten opzichte van de situatie in 2010, toen het geïnstalleerd vermogen bij dit type wissel nog 4,5 kW was. Als gevolg hiervan is bij nieuwe wisselverwarmingsinstallaties een fors hoger verbruik te verwachten.

Een bijkomend probleem van een hoog geïnstalleerd vermogen vormt de elektrische aansluiting. Vooral bij grotere emplacementen kan een gelimiteerd aansluitvermogen een bottleneck vormen. Ook gaat een hoog aansluitvermogen gepaard met hoge kosten voor aanleg en de vaste leveringskosten (voorheen vastrecht).

Omdat simulaties van wisselverwarming met gerichte warmte(-straling) hebben laten zien dat het vermogen van wisselverwarming flink omlaag kan met behoud van effectiviteit, adviseert Movares om hierop in te zetten en nader onderzoek te doen naar wisselverwarming met infraroodstralers (en naar wisselverwarming met verwarming onder de glijstoelen; hier is vooralsnog geen onderzoek naar verricht). Dit voorstel wordt verder toegelicht in het vervolg van dit rapport.

Om uitwisseling van gegevens eenvoudiger te maken en inzicht te krijgen in de CO<sub>2</sub>-footprint van een wisselverwarmingssysteem gedurende zijn levensfase, gefocust op energieverbruik wordt teruggegrepen op het voorgaande keteninitiatief uit 2010 met wisselverwarming met behulp van bodemwarmte [2]. Movares heeft toen de volgende alternatieven onderzocht:

1. Elektrisch lint: wisselverwarming gevoed door elektriciteit.
2. Centrale buissysteem: CV- met warm water, gevoed door aardgas.
3. Elektrische warmtepomp t.b.v. bodemwarmtesysteem: systeem dat gebruik maakt van bodemwarmte (ondiepe bodemlussen) om een wissel te verwarmen.
4. Gaswarmtepomp t.b.v. bodemwarmtesysteem: analoog als voorgaande, maar met gas als energiebron voor de warmtepomp.
5. Branderpijp: conventioneel, open brandersysteem op aardgas.

Relevant in deze opsomming zijn twee nieuwe varianten:

- 1a) Elektrisch lint verwarming volgens de specificatie van OVS00303.v002 (het vigerend PVE).
- 1b) een eveneens elektrisch systeem dat gebruik maakt van Infraroodstraling.

De belangrijkste kenmerken en verschillen van de systemen worden hieronder kort beschreven:

Ad 1

**Elektrisch-lint-verwarming** maakt gebruik van verwarmingselementen (geïsoleerde weerstandsdraad in een buis) die tegen de aanslagspoorstaaf worden geklemd. De kosten van elektrisch-lint-verwarming zijn ondanks de eenvoud van de installatie aan het spoor hoger dan andere systemen. Dat wordt veroorzaakt door de isolatietrafo's en het transport van elektrische energie op het emplacement. In de kostenvergelijking van de varianten is rekening gehouden met de sloop van de branderpijpen en de kosten om de werkzaamheden op het spoor veilig te kunnen uitvoeren. Door deze kosten die voor alle varianten gelden is het verschil in prijs tussen de varianten kleiner dan men bij een eerste globale beschouwing zou verwachten. Elektrisch lint heeft een hoge CO<sub>2</sub>-uitstoot door conversieverliezen bij de opwekking van elektriciteit op basis van fossiele energie. Uiteraard is de CO<sub>2</sub>-emissie bij gebruik van groene stroom lager, maar dat geldt voor alle elektrische varianten.

Ad 2:

In Nederland wordt naast wisselverwarming met branderpijpen en elektrisch lint gebruik gemaakt van het **centrale buissysteem** waarbij de warmte wordt opgewekt door een CV-ketel. Het maakt gebruik van het bestaande gasnet voor de branderpijpen en heeft een aanzienlijk lagere CO<sub>2</sub>-emissie dan elektrisch lint.

Ad 3:

**Wisselverwarming met bodemwarmte** is door Movares geïntroduceerd. Het systeem heeft een laag energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissie. Hoewel de warmtepomp en de bodemlus meer geld kosten dan de installatie voor elektrisch lint valt de investering toch lager uit omdat het kabelnet veel goedkoper is door de lagere benodigde vermogens.

Ad 4:

In verband met de hoge aanlegkosten voor de aanvoer van elektrische energie is ook gekeken naar bodemwarmte op basis van een **gaswarmtepomp**. Deze heeft een wat

hogere CO<sub>2</sub>-emissie dan de elektrische warmtepomp variant, maar de installatiekosten vallen wel lager uit.

Ad 5:

Als referentie wordt tenslotte gebruik gemaakt van het bestaande **branderpijsysteem**. Het open brandersysteem heeft een laag rendement maar een hoger thermisch vermogen dan de andere systemen.

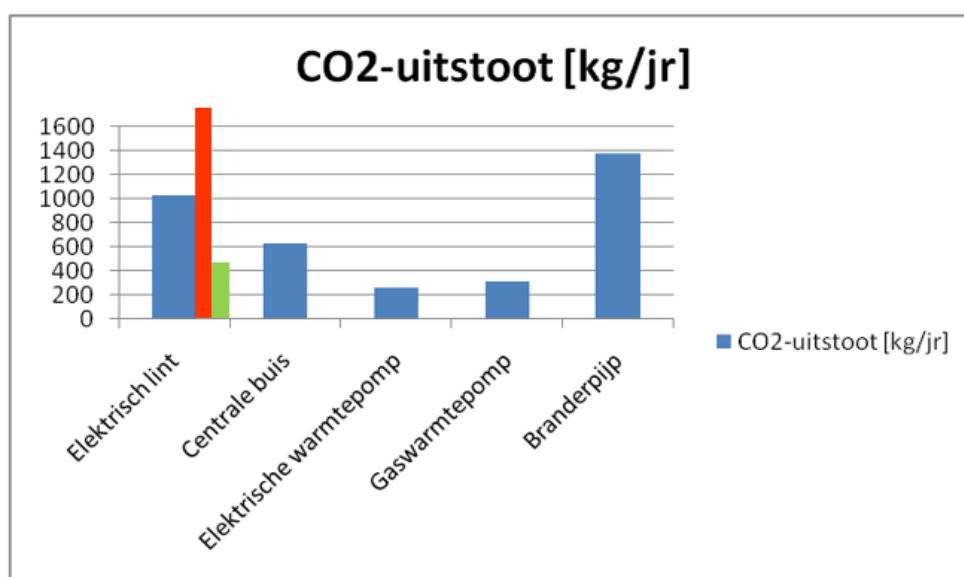
### 5.3 CO<sub>2</sub>-footprint per wisselverwarmings-systeem

Uitgegaan wordt van een standaard 1:9 wissel. Verdere uitgangspunten voor de berekening zijn 500 branduren per jaar (van 1 oktober tot 1 april) per wissel, met een vermogen van 4,5 kW per wissel (dat is de bestaande situatie).

De energieverbruiksgegevens voor de hierboven genoemde systemen zijn weergegeven in Tabel 4. De CO<sub>2</sub>-uitstoot van de diverse systemen is grafisch weergegeven in figuur 6. De gehanteerde emissiewaarden zijn 0,455 kg CO<sub>2</sub>/kWh en 1,825 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> aardgas.

Systeem	Verbruik elektriciteit		Verbruik gas		CO <sub>2</sub> -uitstoot [kg/jr]
	[kW]	[kWh/jr]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /jr]	
Elektrisch lint	4,5	2.250			1024
Elektrisch lint OVS00303v2	7,7	3.850			1752
Elektrisch, Infrarood	2	1000			455
Centrale buis			0,69	342	624
Elektrische warmtepomp	1,1	563			256
Gaswarmtepomp			0,34	171	312
Branderpijp			1,51	755	1378

**Tabel 4** Verbruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot van wisselverwarming Bron: Movares [2]



**Figuur 6** CO<sub>2</sub>-emissie per wissel per jaar

Voor de onderzochte systemen zijn de investeringen bij vervanging van de huidige branderpijpsystemen, de energiekosten per jaar en de onderhoudskosten per jaar weergegeven in Tabel 5. **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** De gebruikte kleuren zijn een indicatie van de relatieve score ten opzichte van de alternatieven. (Oplopend van groen – geelgroen – geel – oranje – naar rood).

Systeem	Investering [€]	Energie [€/jr]	Onderhoud [€/jr]	CO <sub>2</sub> -uitstoot [kg/jr]
1 Elektrisch lint	24.500	222	130	1024
1a Elektr. OVS00303v2	30.000	380	130	1752
1b Elektrisch, Infrarood	20.000	100	195	455
2 Centrale buis	17.500	152	90	624
3 Elektr. warmtepomp	23.000	56	90	256
4 Gaswarmtepomp	20.000	80	90	312
5 Branderpijp	Bestaand	336	310	1378

**Tabel 5** Keuzetabel systemen wisselverwarming

Bron: Movares [2]

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de bodemwarmtesystemen relatief goed scoren in vergelijking met de andere de alternatieven. Deze oplossing wordt zoals reeds aangegeven door ProRail als te complex ervaren.

Verder valt op dat het elektrisch lint zoals dat nú in de OVS is gespecificeerd, de hoogste energiekosten met zich mee brengt, de hoogste investering vergt en veruit de hoogste CO<sub>2</sub>-uitstoot levert.

De door Movares voorgestelde geoptimaliseerde elektrische oplossing (1b) daarentegen levert juist een flinke besparing op energiekosten, is het goedkoopst in aanleg en levert een relatief lage CO<sub>2</sub>-uitstoot. Omdat de oplossing nog niet geheel is uitontwikkeld, is er veiligheidshalve van uitgegaan dat deze 1,5 maal meer onderhoud vergt, bijvoorbeeld omdat de elementen waarschijnlijk jaarlijks moeten worden schoongemaakt.

In het bovenstaande is er vanuit gegaan dat de investeringskosten voor de nieuwe OVS-oplossing ruim 20% hoger zijn dan voor elektrisch lint eerder berekend, omdat het vermogen van de aansluiting 70% hoger is. Voor de geoptimaliseerde oplossing is een relatief lichte aansluiting voldoende, en hoeft geen boring plaats te vinden voor bodemwarmte. Daarom wordt de investering op ongeveer 20k geschat, iets minder dan voor de elektrische warmtepomp oplossing.

#### 5.4 Analyse en conclusies

Bij vervanging van de huidige wisselverwarming met branderpijpen (ca 2500 stuks) is vervanging door verwarming op basis van elektrisch lint conform OVS00303v2 qua duurzaamheid en kosten geen voor de hand liggende keuze. De berekening laat zien dat er veel energie- en CO<sub>2</sub>-besparing is te behalen door een alternatief te kiezen. Omdat systemen op basis van bodemwarmte door ProRail worden ervaren als ‘een brug te ver’, ligt de keuze voor een andere elektrische oplossing waarbij gericht wordt verwarmd meer voor de hand.

Op basis van de overwegingen in dit hoofdstuk adviseert Movares dan ook om deze systemen te vervangen door een geoptimaliseerd elektrisch systeem. Op basis van simulaties kan met zekerheid worden gesteld dat Infraroodverwarming een goede oplossing is. (Zie ook de laatste alinea van hoofdstuk 4 over glijstoelen).

## 6 CO<sub>2</sub> -reductieberekening

### 6.1 Identificatie van reductiemogelijkheid

Het grootste gedeelte van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van een wisselverwarmingssysteem vindt plaats tijdens de operationele levensduur van het systeem. In het vorige hoofdstuk zijn de verschillende alternatieven onderzocht en heeft Movares de CO<sub>2</sub>-reductiepotentie van de verschillende alternatieven aangegeven.

Bij de berekening van de CO<sub>2</sub>-reductie heeft Movares reeds rekening gehouden met aansturing van het systeem op basis van de weersvoorspelling, een maatregel die de efficiëntie verhoogt en CO<sub>2</sub>-uitstoot van wissels aanzienlijk verlaagt.

Movares ontwerpt en adviseert ProRail bij de aanleg en het onderhoud van het spoorwegnet. In die rol is Movares in staat alternatieven te adviseren voor het vervangen van bestaande wisselverwarmingssystemen of het toepassen van nieuwe wisselverwarmingssystemen. In deze analyse heeft Movares verschillende systemen onderzocht op emissiereductie en kosteneffectiviteit en het resultaat van dit onderzoek ter informatie voorgelegd aan ProRail.

Op basis van de CO<sub>2</sub>-emissies van de verschillende systemen adviseert Movares om de huidige systemen om te bouwen naar energiezuinige systemen (infrarood en/of glijstoelverwarming), waarbij geen gebruik wordt gemaakt van een warmtepomp en bodemwarmte, maar een zuinige oplossing waarbij de energie gericht, dus slechts daar waar nodig, wordt ingezet om sneeuw en ijs te smelten en vastvriezen van het wissel te voorkomen.

### 6.2 Reductiedoelstelling Movares

Doordat Movares in het verleden het initiatief heeft genomen wisselverwarming te optimaliseren en dit te simuleren, kan ten opzichte van de huidige standaard in potentie tot 75% worden gereduceerd wanneer er vanuit wordt gegaan dat alle wissels zullen worden verwarmd conform de nu geldende eisen van OVS00303.v002. Niet alleen wordt zo een fikse CO<sub>2</sub>-reductie bereikt, ook de investering van deze geoptimaliseerde oplossing valt gunstig uit omdat met een relatief lichte elektrische aansluiting kan worden volstaan.

Als langetermijndoelstelling streeft Movares ernaar om 2500 bestaande branderpijpsystemen om te bouwen naar de geoptimaliseerde oplossing. Per geïnstalleerd systeem levert dat tijdens de levenscyclus (ongeveer 15 jaar) een CO<sub>2</sub>-reductie van ongeveer 67% op ten opzichte van branderpijpsystemen. Ten opzichte van de systemen die conform de huidige OVS worden gebouwd is de besparing nog groter: ca 74%.

De totale reductie voor 2500 systemen staat gelijk aan minimaal  $67\% * 7132 = 4780$  ton CO<sub>2</sub> per jaar.

Minimale CO2-reductiedoelen	CO2-reductie 2020 tov 2019	CO2-reductie 2021 tov 2019	CO2-reductie 2022 tov 2019	CO2-reductie 2023 tov 2019	CO2-reductie 2024 tov 2019	CO2-reductie 2025 tov 2019	CO2 reductie Totaal
Vervangingsjaar branderpijpsysteem (500 per jaar)							
<b>2020</b>	0						
<b>2021</b>		956					956
<b>2022</b>		956	956				1912
<b>2023</b>		956	956	956			2866
<b>2024</b>		956	956	956	956		3821
<b>2025</b>		956	956	956	956	956	<b>4778</b>

**Tabel 6** *Reductiedoelstelling dmv wisselverwarming t/m 2025*

ProRail heeft de ambitie in 2050 volledig CO<sub>2</sub> neutraal te zijn. Wisselverwarming op infraroodbasis levert hier een grote bijdrage aan. De verwachting is, wanneer ProRail ketenpartner wordt, dat er vanaf 2021 ongeveer 500 stuks wisselverwarming per jaar kunnen worden vervangen. Vanaf 2026 levert dat dus de volledige verwachte besparing van 4780 ton CO<sub>2</sub> per jaar op.



## 7 Keteninitiatief: Plan van aanpak voor realisering reductiedoelstelling

### 7.1 Identificatie ketenpartners

Gebaseerd op de analyse van de levenscyclus, zoals uitgevoerd in hoofdstuk 3, zijn de partners in de keten van een wisselverwarmingssysteem geïdentificeerd, zie tabel 8. Zonder ketenpartner is er immers geen sprake van een keteninitiatief.

Categorie	Partner
Opdrachtgever	ProRail (systeemkeuze)
Leveranciers	TripleS, Heatpoint e.a.
Installatie	Volker Stevin e.a.
Energievoorziening	ProRail, VolkerRail e.a.
Onderhoud	Volker Stevin e.a.
Verwijderen	Volker Stevin e.a.

**Tabel 7** Ketenpartners voor wisselverwarmingssysteem

Het voorstel om de huidige wisselverwarming te optimaliseren is op o.a. op 20 oktober 2018 met ProRail besproken (Duurzaamheidsdag Movares; Rob Gerritsen, iHub). Daarbij kwam ook aan de orde dat de overgang van gas- naar elektrische wisselverwarming problemen geeft met het aansluitvermogen op grotere emplacementen.

Begin 2019 heeft Movares aan ProRail aangeboden om een gezamenlijke studie naar de besparingsmogelijkheid te starten. ProRail gaf aan dit voorstel interessant te vinden, maar gaf in de mail aan eerst te willen focussen op eventuele oplossingen die in een Europees onderzoekstraject worden onderzocht. Desondanks heeft Movares een studie gestart [4]. Nu de resultaten van de interne studie van Movares aangeven dat zeer grote verbetering mogelijk is, vindt opnieuw overleg plaats over dit onderwerp tussen Movares en ProRail. Dit overleg zal eerst plaatsvinden met deskundigen die verantwoordelijk zijn voor de wisselverwarming en indien nodig voor het keteninitiatief worden opgeschaald tot de verantwoordelijke voor duurzaamheid op directieniveau.

Aangezien het beoogde type wisselverwarming (Infrarood) niet geschikt is voor wissels in tramlijnen is het belangrijk dat ProRail als enige eigenaar van spoorse wissels overtuigd raakt van het nut van Infraroodwisselverwarming. Movares gaat er vanuit in de eerste helft van 2020 met ProRail zover te zijn dat ProRail ketenpartner wordt voor wisselverwarming middels Infrarood. Op dat moment kan gezamenlijk nader onderzoek worden verricht. Movares is er van overtuigd dat dit positieve resultaten oplevert zodat daarna de rest van de keten kan worden ingeschakeld, bijvoorbeeld voor het leveren van een prototype.

Een onderdeel van dit overleg behelst, om significante winst van energiebesparing én CO<sub>2</sub>-reductie te halen, dat de huidige specificatie van wisselverwarming (de OVS) dient te worden aangepast. Die aanpassing moet voorkómen dat de nu meest inefficiënte wisselverwarming wordt gebouwd. Dit betekent dat een werkelijk functionele specificatie moet worden opgesteld die er toe leidt dat het wissel zo effectief mogelijk wordt verwarmd.

## 8 Samenvatting

Conclusies op basis van de huidige kennis:

- Wisselverwarming is verantwoordelijk voor bijna 2/3 van de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot van ProRail (ofwel 7132 ton CO<sub>2</sub>)
- Elektrische wisselverwarming cf. huidig PVE vraagt flink meer vermogen (70% meer) dan enkele jaren geleden
- Omschakeling van gas naar elektrisch geeft problemen m.b.t. elektrische aansluitvermogens op grote emplacementen
- Elektrische wisselverwarming op aardwarmte is weliswaar zuinig maar (te) complex gebleken
- Movares heeft een alternatief doorgerekend dat maximaal gebruik maakt van stralingswarmte (Infrarood)
- Niet 13%, maar 40% van de warmte kan worden benut: dit scheelt een factor 3
- Ook een ander alternatief (glijstoelverwarming) is mogelijk zeer effectief en zal worden doorgerekend
- Warmte is direct beschikbaar, geen vertraging: minder inschakelduur hogere beschikbaarheid van het wissel. Geschatte winst: 30%
- Geschatte CO<sub>2</sub>-reductie daardoor: factor 4 (reduceert footprint 50% !)

Meer voordelen kunnen zijn:

- Geringere investering, lagere kosten vast recht, kleinere installatie
- Sneller bouwen, lagere kosten, minder hinder

### **Initiatief:**

Op basis van de doelen van ProRail en de berekeningen van Movares wil Movares een keteninitiatief met ketenpartner ProRail ontwikkelen zodat een hoge CO<sub>2</sub>-reductie kan worden bereikt. Gezamenlijk kan verder onderzoek gedaan worden naar bijvoorbeeld het gemiddeld stroomverbruik en het benodigd installatievermogen voor een volledig wissel, de optimale inschakelduur en relevante elektrotechnische aspecten. Door een leverancier in de keten te betrekken kan, door het bouwen van een prototype waarbij de IR-oplossing wordt toegepast, de mogelijke besparing daadwerkelijk worden vastgesteld en de realiseerbaarheid worden getoetst. De OVS-specificaties voor elektrische wisselverwarming kunnen aan de hand van de uitkomsten worden bijgesteld.

## 9 Gebruikte literatuur en referenties:

1. Presentatie 'Betere en duurzamere wisselverwarming' 17sep19, Jelte Bos
2. CO<sub>2</sub>-emissie analyse scope 3 – Document 2: ketenuitwerking varianten wisselverwarming, Movares, K&I-PB-100029202 - Versie 1.0, 14 december 2010
3. Energie-efficiency plan 2017-2020, ProRail, 12 mei 2017
4. Eindverslag Stageopdracht verbeteren wisselverwarming, F.J. Wiesman, Movares, juli 2019
5. Ontwerpvoorschrift Elektrische Wisselverwarming, OVS 00303 v.002, ProRail, 2 maart 2018
6. <https://www.cobouw.nl/bouwbreed/nieuws/2010/01/wisselverwarming-kan-veel-effectiever-en-zuiniger-10147757>
7. Übersichtsstudie Energieeffiziente Weichenheizung, SBB, Dr. A. Grüniger, September 2014
8. Movares Nederland B.V. (2017), Energiemanagement en CO<sub>2</sub>-reductieplan Movares Nederland - Doelstellingen en maatregelen scope 1, 2 en 3 [2017-2021]

## Colofon

Uitgave Movares Nederland B.V.  
Daalseplein 100  
Postbus 2855  
3500 GW Utrecht

Jelte Bos / Nicolien de Haan  
Adviseurs

© 2019, Movares Nederland B.V.

*Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.*