

# Praktijkproef Hergebruik Geleiderail

## Ketenproject





**Opdrachtgever**      **NL Energie en Klimaat, onderdeel van AgentschapNL**

Revisie                      Eindrapport

Datum                        mei 2010

Uitgevoerd door      Verzinkerij Van Aert BV

**Dit project is tot stand gekomen in nauwe samenwerking met:**

- Arrosso BV                                      Renovatiebedrijf
- Heymans Techniek & Mobiliteit B.V.      Aannemer
- Laura Metaal Eygelshoven B.V.            Producent geleiderail
- VTBC    Van Tilborg Business Consultancy B.V.
- CP3-Metrec B.V.                                Metals Research & Engineering Consultants
- Van Ruiten Adviesbureau B.V.            Marketing en Organisatieadviesbureau

**Literatuur**

- Terugwinning van zink bij de recycling van verzinkt staal(schroot);  
[www.senternovem.nl/uitvoeringafvalbeheer/ketenaanpak/het\\_project/pilot\\_zink/rapport\\_terugwinning\\_van\\_zink\\_bij\\_de\\_recycling\\_van\\_verzinkt\\_staalschroot.asp](http://www.senternovem.nl/uitvoeringafvalbeheer/ketenaanpak/het_project/pilot_zink/rapport_terugwinning_van_zink_bij_de_recycling_van_verzinkt_staalschroot.asp)
- Materiaaleigenschappen gerenoveerde geleiderail (rapport CP3-Metrec)  
[www.senternovem.nl/mja/publicaties/rapporten/materiaaleigenschappen Gerenoveerde geleiderails.asp](http://www.senternovem.nl/mja/publicaties/rapporten/materiaaleigenschappen Gerenoveerde geleiderails.asp)
- Zinc Protects - [www.iza.com/publications.html](http://www.iza.com/publications.html)



## Inhoudsopgave

Samenvatting.....	5
1. Inleiding.....	7
2. Doel en opzet onderzoek .....	8
2.1. Doel .....	8
2.2. Uitgangssituatie.....	8
2.3. Stakeholders .....	10
3. Interviews stakeholders .....	11
3.1. Overheid .....	11
3.2. Aannemers .....	12
3.3. Dienstverleners afvalverwerking.....	13
3.4. Verzinkerijen .....	13
4. Praktijkproef.....	14
4.1. Inleiding.....	14
4.2. Demontage .....	15
4.2.1. Resultaten demontage .....	16
4.2.2. Analyse demontage.....	16
4.3. Voorbehandeling van gedemonteerde geleideraïdelen .....	17
4.3.1. Reiniging .....	17
4.3.2. Selectie en kalibratie .....	18
4.3.3. Procesgang renovatie verzinkte producten .....	24
4.3.4. Invloed renovatie op kwaliteit verzinken .....	24
4.3.5. Productie zinkhoudend zoutzuur .....	26
4.3.6. Emissie van dampen.....	26
5. Kosten en baten .....	29
5.1. Inleiding.....	29
5.2. Kosten en baten. ....	29
6. Energie- en Milieuvoordeel .....	30
6.1. Achtergrond .....	30
6.2. Winst door hergebruik zink.....	30
6.3. Energiebesparing.....	31
7. Conclusies en aanbevelingen .....	32
Bijlage 1: detailresultaten demontage .....	35





## Samenvatting

In 2008 is in het kader van het nieuwe Landelijke Afvalbeheerplan (LAP) in opdracht van het Ministerie van VROM een inventarisatie gemaakt naar mogelijkheden om de milieudruk van zink in de afvalfase te verminderen. In samenspraak met de belangrijkste stakeholders in de zinkketen zijn initiatieven ontplooid met als doel het verder vergroten van het recyclingpercentage van zink. Bij het sluiten van de zinkketen biedt het renoveren van verzinkte vormgegeven producten reële perspectieven voor zowel zink- als energiebesparing. Door het sluiten van de keten hoeft er immers naast minder zink ook minder vormgegeven product te worden gemaakt.

Door het programma Meerjarenaafspraken energie-efficiency (MJA) van NL Energie en Klimaat, onderdeel van Agentschap NL, is, wegens de grote potentiële energiebesparing, een project geïnitieerd om de mogelijkheden van grootschalig renoveren van geleiderails te onderzoeken.

Om een reëel beeld te krijgen is binnen het project een bestaand stuk geleiderail gedemonteerd en gerenoveerd en is gebruik gemaakt van de kennis en kunde van Verzinkerij Van Aert BV en renovatiebedrijf Arrosso BV.

De voornaamste onderzoeksgebieden binnen het project waren als volgt:

- Demontage (techniek, tijd, kosten en baten)
- Selectie en kalibratie (criteria)
- Technische en economische haalbaarheid renovatie (kwaliteiteisen en kosten)
- Milieu en Energie (winst)

Uit de praktijkproef is naar voren gekomen dat geleiderail vanuit technisch en economisch oogpunt goed te renoveren is. Dat renoveren van verzinkte producten economisch interessant is blijkt mede uit het feit dat de laatste 3 jaar het renoveren reeds verdrievoudigd is. Ondanks dat het economisch aantrekkelijk is, het milieuvordelen heeft en Rijkswaterstaat het in haar oude bestekken regelmatig heeft voorgeschreven, wordt de mogelijkheid tot hergebruik van geleiderail niet altijd benut.

In de nieuwe contractvorm kunnen aannemers zelf meer bepalen hoe een geleiderail wordt vervangen. Het ter plaatse verschromen lijkt dikwijls de makkelijkste oplossing, met name bij een planning die in de knel komt. In de Leidraad Afvalstoffen Rijkswaterstaat 2009 en het Handboek Bermbeveiligingsvoorzieningen 2006 staat het renoveren expliciet beschreven. Momenteel stellen overheden en bedrijven de criteria op voor duurzaam inkopen. Het renoveren van geleiderail en andere verzinkte producten wordt niet altijd expliciet als mogelijkheid opgenomen als duurzaam hergebruik. Het hergebruik van verzinkte producten geeft echter een grote bijdrage aan de verduurzaming van de infrastructuur van Nederland.



## Conclusies

- Renovatie van geleiderail is technisch en economisch haalbaar
  - Besparingen op productkosten voor 1 km geleiderail zijn ca. 40 %, afhankelijk van schommelingen in de grondstofprijzen. De kosten voor het kunnen leveren van een gerenoveerd product liggen lager dan die voor een nieuw product.
- Door renovatie is een aanzienlijke energie- en milieuwinst in de keten te behalen
  - De milieuwinst komt neer op 542 ton zink die terug in de zinkketen wordt gebracht.
  - Bij een jaarlijkse vervanging van 360 km geleiderail kan door renovatie een besparing worden gerealiseerd van 150 tot 250 km geleiderail (42% tot maximaal 70% direct herbruikbaar materiaal). Vergeleken met de huidige werkwijze vertegenwoordigt dit een energiebesparing van 200 tot 325 TJ/jr. Naast energiebesparing wordt tevens de CO<sub>2</sub> uitstoot verlaagd met circa 9.500 tot 16.000 ton door besparing op productie van primair staal.
- Onderzoek naar renovatie van geleiderail heeft een blauwdruk opgeleverd voor andere vormgegeven verzinkte producten
- Renovatie van geleiderail is een nieuwe markt en biedt nieuwe werkgelegenheid
- Er moet bij grootschalige renovatie van vormgegeven verzinkt materiaal worden gezocht naar extra verwerkingscapaciteit van de toenemende hoeveelheden te verwerken zinkhoudende reststromen.

## Aanbevelingen

- Samenwerking: zorg voor goede communicatie en afstemming tussen de betrokken partijen
- Renoveren van verzinkte producten opnemen als vorm van duurzaam inkopen
- Stimuleer verbetering van het design voor systeem-(dis)assembly
- Stimuleer hergebruik door standaardisering
- Prioriteer renovatie in aanbestedingstrajecten
- Maak lange termijn afspraken over hergebruik verzinkte producten
- Stimuleer extra verwerkingscapaciteit reststromen
- Er zijn nog geen oplossingen gevonden om het ontstaan van waterstofgas tijdens het ontzinken in zoutzuur afdoende te beperken. Bij het ontzinken in zoutzuur blijven maatregelen nodig om het gevormde waterstof zo snel mogelijk af te voeren om explosiegevaar te voorkomen. Uitwegen voor dit probleem kunnen zijn:
  1. het ontwerpen van een explosie veilige installatie en om zorg te dragen dat alle elektrische apparatuur en schakelkasten die in aanraking komen met het waterstof explosievrij zijn ingericht. Hierbij is een risico-analyse en deskundig advies een vereiste.
  2. Het ontwikkelen van een proces waarbij geen waterstof vrijkomt Hiervoor is aanvullend diepgaand onderzoek noodzakelijk.



## 1. Inleiding

Vanuit de opzet van een nieuw Landelijk Afvalbeheerplan (LAP) is gekeken of er door ketensamenwerking mogelijkheden kunnen worden gevonden om de milieudruk van materialen in de afvalfase te verlagen. Hiervoor is vanuit VROM in 2007 een project “Naar een ketenaanpak in het afvalbeleid” gestart. Hierin namen zes materiaalstromen als pilot deel. Vanuit de zinkpilot (een van de zes ketenpilots) is in 2008 in opdracht van het Ministerie van VROM een inventarisatie gemaakt van de bestaande verwerkingsmethoden van zinkhoudend stof dat vrijkomt bij het smelten van zinkhoudend schroot. [WBM Consultancy, 2008]. De belangrijkste bevindingen uit het onderzoek staan hieronder weergegeven.

### Resultaten verwerkingsmethoden zinkhoudend stof

- Bij het smelten van zinkhoudend schroot in een elektro-oven komt zinkhoudende stof (EAF-stof) vrij hetgeen een probleem voor het milieu vormt alsmede een verspilling van grondstof indien dit niet wordt hergebruikt.
- Terugwinning van zink uit het EAF-stof is mogelijk waarbij het hergebruikpercentage afhankelijk is van de toegepaste techniek. Bij de meest toegepaste techniek, te weten het Waelz-Kiln-proces bedraagt het terugwinpercentage circa 68% (restant van het zink, alsmede ijzer blijft achter in slak die naar deponie wordt afgevoerd).
- Nieuwe technieken ter verhoging van het terugwinpercentage zijn in ontwikkeling en worden nog slechts zeer beperkt toegepast.
- Een belangrijke ontwikkeling in Nederland betreft het hergebruiken op productniveau van verzinkte voorwerpen. Voordeel hiervan is dat het staal niet als schroot hoeft te worden afgevoerd maar een tweede gebruiksfase in kan gaan. Het ontzinken en weer verzinken van producten wordt tot op heden slechts op kleine schaal toegepast.

In de ketenpilot is vervolgens nagegaan waar er mogelijkheden zijn om de zinkketen nog verder te sluiten. In samenspraak met de belangrijkste stakeholders in de zinkketen is in eerste instantie gekeken naar de plaatsen waarbij zink verloren gaat in de keten, te weten bij de verwerking van zinkhoudend stof, in de agro-sector, rioolwaterzuiveringslib en ook bij het smelten van verzinkte voorwerpen. De ketenpartners hebben zich vervolgens sterk gemaakt om te onderzoeken wat de (on)mogelijkheden waren om renovatie van vormgegeven verzinkte materialen leven in te blazen en of dit economisch haalbaar is. Hiervoor is een praktijkproef gedefinieerd en uitgevoerd, specifiek gericht op geleiderail. Hergebruik van materialen en het sluiten van ketens heeft altijd een energiebesparingspotentieel. Deze praktijkproef is daarom door het programma Meerjarenafspraken energie-efficiency (MJA) van NL Energie en Klimaat, onderdeel van Agentschap NL, (tot 1/1/2010 SenterNovem) ondersteund.



## 2. Doel en opzet onderzoek

### 2.1. Doel

De doelstelling zoals deze centraal heeft gestaan in de door SenterNovem ondersteunde “Praktijkproef Ketenproject hergebruik geleiderail” was:

Het verkrijgen van een blauwdruk voor renovatie van vormgegeven verzinkte producten met als doel:

- minder afvalstoffen door hergebruik
- besparing van grondstoffen en energie
- terugbrengen van zink in de keten

In tegenstelling tot vroeger staat bij het sluiten van de keten de verzinkerij centraal daar renovatie grootschalig industrieel moet worden opgepakt.

Ervaring op industriële schaal met het grootschalig ontzinken en opnieuw verzinken is nog niet aanwezig in Nederland als ook niet in andere landen. Het onderzoek is geïnitieerd vanuit de gedachte om lekken in de zinkketen te verminderen maar heeft vooral effect op de energiebesparing in de keten doordat er bij renovatie geen nieuw staal hoeft te worden geproduceerd. Er is gekeken naar logistiek, cleaning, nat chemisch-metallurgische aspecten en reststroombewerking/verwerking.

### 2.2. Uitgangssituatie

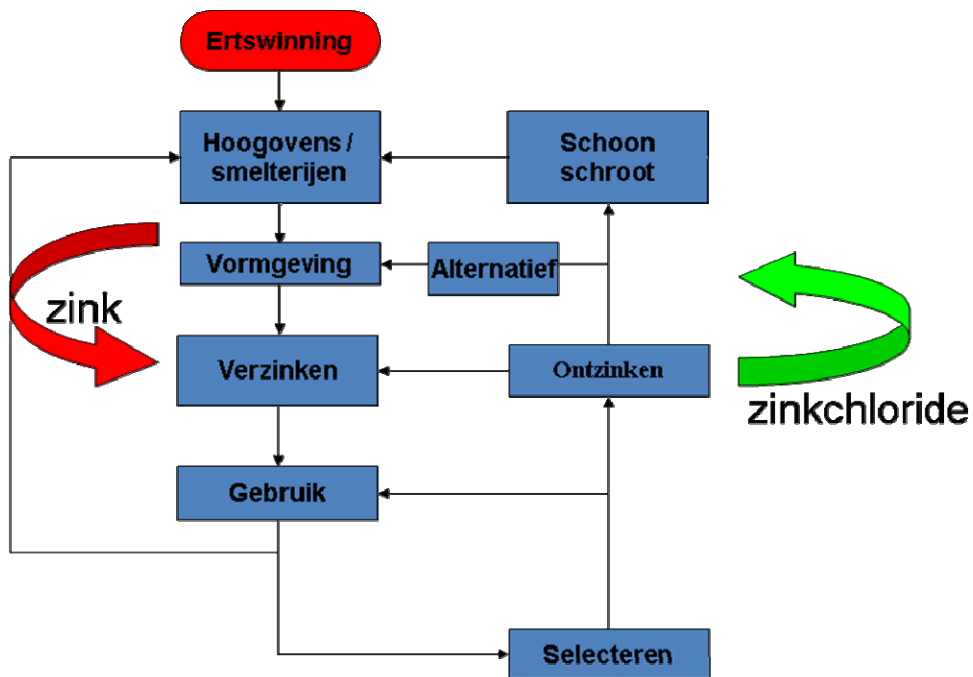
Zink en zinkderivaten worden voor diverse toepassingen gebruikt. Een belangrijke toepassing van zink betreft corrosiebescherming. Circa 40%<sup>1</sup> van de hoeveelheid zink die jaarlijks wordt gebruikt, wordt gebruikt voor corrosiebescherming. Naast de deklaag biedt het ook kathodische bescherming. De verzinkte vormgegeven producten worden vervolgens vele jaren gebruikt alvorens deze door slijtage, ouderdom of erosie worden vervangen. Zink en staal zijn immers oneindig recyclebaar.

Er bestaan diverse kanalen waarlangs de verzinkte vormgegeven producten kunnen terugkomen in het hergebruiktraject. In figuur 1 zijn deze stromen op hoofdlijnen weergegeven. Hergebruik van vormgegeven producten is de meest hoogwaardige toepassing en sluit aan bij de cradle to cradle gedachte.

---

<sup>1</sup> Bron: [www.iza.com](http://www.iza.com)





figuur 1: Samenhang ketens m.b.t. verzinkte vormgegeven producten

In de linkerkolom (ertswinning t/m gebruik) staat de productie en het gebruik van de vormgegeven verzinkte producten weergegeven. In de rechterkolom (selecteren t/m schoon schroot) staan de mogelijkheden weergegeven die er zijn als het gaat om het hergebruiken van verzinkte vormgegeven producten. Het meest duurzame hergebruik wordt bereikt indien een product op hetzelfde productniveau wordt toegepast. Een voorbeeld hiervan betreft het inzetten van een gedemonteerde geleiderail bij een ander baanvak. Een tweede niveau van hergebruik betreft het renoveren van een vormgegeven product. Het product wordt na verwijdering van de oude zinklaag en aanbrenge van een nieuwe zinklaag weer hergebruikt. Het derde niveau van hergebruik is, van producten die niet meer voldoen aan niveau 2, een ander alternatief product te maken. De laatste mogelijkheid van hergebruik betreft het ontzinken van alle overige producten en restanten en daarna aanbieden als schoon schroot aan de hoogovens/smelterijen om van het metaal weer nieuw staal te kunnen produceren.



Het merendeel van de afgedankte en retour gekomen vormgegeven verzinkte producten wordt in het buitenland aangeboden aan smelterijen. Dit vraagt veel transport van schroot. Bij verwerking van zinkhoudend schroot is er bij de meeste processen een verliespost aan zink. Hierdoor is er een lek in de zinkketen en dus een milieubelasting.

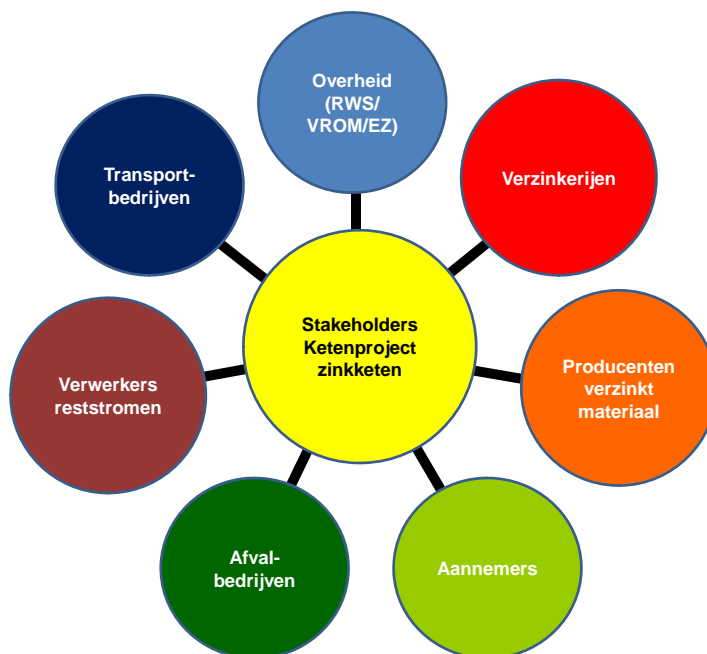
De afzet van zinkhoudend schroot in Nederland is zeer beperkt. Corus in IJmuiden accepteert geen verzinkt schroot in het staalproces omdat dit een negatieve invloed heeft op de kwaliteit van het oxyslik (hogere zinkgehalten). Bij hogere gehalten in het oxyslik kan er minder hoogovengasstof in de hoogoven worden gerecycled omdat de zinkinput van de hoogoven is gelimiteerd vanwege milieu/arbo en ruwijzerkwaliteit.

### 2.3. Stakeholders

Voorafgaand aan en tijdens de praktijkproef is op diverse manieren en bij diverse partijen informatie ingezameld, onder ander door interviews.

Bij het in kaart brengen van de aspecten is de aandacht uitgegaan naar met name organisatorische aspecten en marktontwikkelingen.

Bij de interviews heeft de focus gelegen op hele praktische maar wel essentiële aspecten die in praktijk bepalen of het grootschalig rooveren van vormgegeven materialen en het ontzinken van schroot een succes kan worden. De haalbaarheid wordt namelijk niet enkel bepaald door de technische mogelijkheden maar zeker ook door de stakeholders en de bereidheid van stakeholders om op een andere manier te werk te gaan.



figuur 2: Stakeholders zinkproject



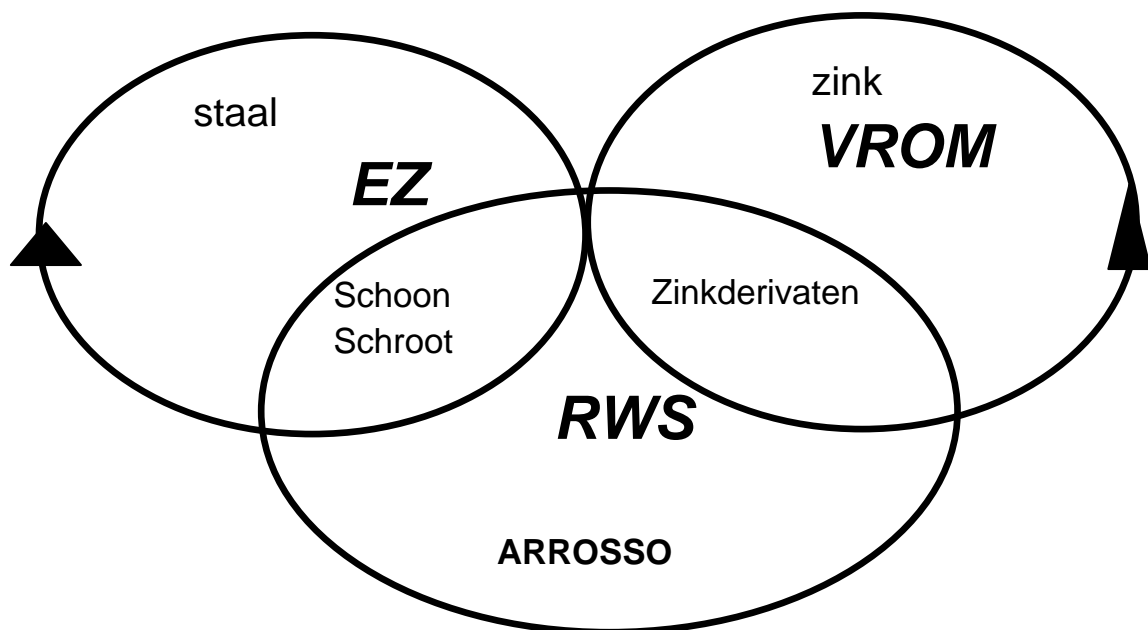
## 3. Interviews stakeholders

### 3.1. Overheid

Binnen de keten voor renovatie zijn er drie separate kringlopen te onderscheiden. De eerste is de kringloop van zink door het sluiten van de zinkketen, met VROM als stakeholder. De tweede kringloop, met EZ als stakeholder, is die van staal met een grote energiebesparing die in de keten optreedt bij renovatie. De derde kringloop is die van de renovatie zelf met RWS als de belangrijkste opdrachtgever; deze stakeholder is de verantwoordelijke partij voor de snelwegen in Nederland.

Indien renovatie van geleiderail op industriële schaal gaat worden toegepast, hanteert RWS de norm NEN 5190 waar geleiderail aan moet voldoen.

Toepassing van gerenoveerde geleiderail ligt op dit moment nog bij de aannemers.



Gezien de grote druk op het wegennet in Nederland is en blijft het aspect van snelheid van oplevering van het werk van groot belang voor RWS. Hoe sneller een baanvak weer begaanbaar is hoe beter.



De aanbesteding wordt beoordeeld volgens de Handreiking EMVI (Economisch Meest Voordelige Inschrijving). Hierin zijn nog geen criteria opgenomen voor het toepassen van gerenoveerde geleiderail. Gerenoveerde geleiderail kan, ondanks het feit dat dit slechts een klein deel van het werk is, een goede bijdrage leveren aan verduurzaming van het wegennet.

### 3.2. Aannemers

Een tweede stakeholder betreft de aannemers. De aannemers zijn de uitvoerders van de demontage en montage van geleiderail. Na verwerving van een aanbesteding worden zij eigenaar van de materialen en kunnen daarom zelfstandig beslissen hoe de demontage wordt uitgevoerd en wat er met de gedemonteerde onderdelen gebeurt. Uit de gesprekken is duidelijk naar voren gekomen dat duurzaamheid nog geen hoofdrol speelt en dat kosten en snelheid wel van groot belang zijn.

Aannemers hebben door hun veelal jarenlange ervaring wel voldoende kennis in huis om vast te kunnen stellen of de geleiderail redelijkerwijs nog kan worden gerenoveerd. In praktijk wordt een groot deel (circa 50%) van de te vervangen geleiderail als niet te renoveren gekwalificeerd. Van het wel te renoveren deel wordt vervolgens ook maar circa 50% echt gedemonteerd met het oog op renovatie. De reden hiervoor is dat de aannemers vaak over onvoldoende tijd beschikken om een nette demontage van de geleiderail te kunnen uitvoeren. In dergelijke gevallen wordt overgegaan tot demontagetechnieken die de geleiderail dermate beschadigen dat renovatie is uitgesloten (zie foto 1 en 2). Hierdoor komt op dit moment maximaal 25% van de geleiderail langs de rijkswegen in Nederland in aanmerking om het renovatietraject in te gaan. Uiteindelijk zal dit percentage nog lager liggen daar ook weer een deel hiervan niet voldoet aan de norm NEN 5190.

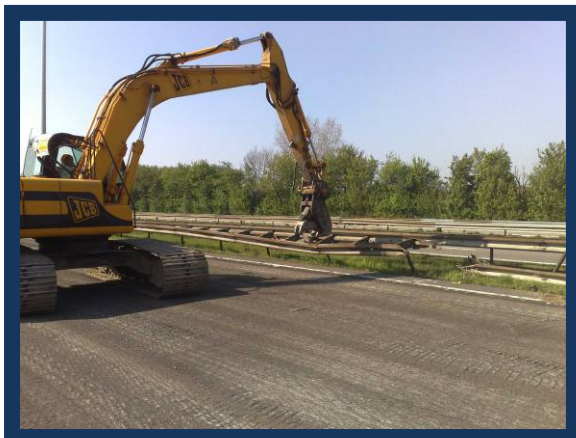


foto 1: knippen geleiderail



foto 2: resultaat "knippen"



### **3.3. Dienstverleners afvalverwerking**

Gesprekken met de afvalverwerkingsbedrijven hebben vooral betrekking gehad op terugwinmogelijkheid van zink uit zinkhoudend zoutzuur. Het grootste pijnpunt was dat er in Nederland op industriële schaal geen capaciteit is voor verwerking van zinkhoudend zuur.

### **3.4. Verzinkerijen**

Verzinkerij van Aert BV en Arrosso BV zijn de initiatiefnemers geweest om de mogelijkheden van renovatie van geleiderail te onderzoeken.

De gesprekken hebben geleid tot een gedetailleerd beeld van de huidige situatie op het gebied van het ont- en verzinken van geleiderail alsook van de gewenste toekomstige situatie. Kijkend naar de huidige situatie kan gesteld worden dat het ont- en opnieuw verzinken van geleiderail al op kleinschalige manier plaatsvindt. De techniek om te kunnen ontzinken is voorhanden. Dit wil niet zeggen dat de huidige toegepaste techniek de beste techniek is. Om op grote schaal geleiderail te kunnen ontzinken is een procesinstallatie noodzakelijk die enkel gericht is op het ontzinken. Een dergelijke faciliteit is op dit moment nog niet beschikbaar in Nederland.

Het kunnen realiseren van de energie- en milieuwinst die door de initiatiefnemers wordt beoogd hangt af van diverse factoren. Naast het kwaliteitsaspect speelt ook het kwantiteitsaspect een belangrijke rol. Om renovatie van geleiderail succesvol te laten zijn is het noodzaak om te kunnen beschikken over voldoende te renoveren geleiderail.

Bij aanvang van het project ontbrak het de initiatiefnemers aan realistische data als het gaat om de jaarlijkse hoeveelheid geleiderail die in Nederland vrijkomt en het percentage wat hiervan geschikt is om het renovatietraject in te gaan. Tevens ontbrak het aan data omtrent de meest geschikte techniek om geleiderail te kunnen demonteren en te reinigen en de daarvoor benodigde tijd en kosten.

Een laatste belangrijk punt dat door de initiatiefnemers is genoemd betreft de acceptatie in de markt van een systeem gericht op het ont- en opnieuw verzinken van geleiderail. Hierbij is met name gekeken naar de producenten van nieuwe geleiderail en de aannemers. Voor de producenten van nieuwe geleiderail zou het kunnen leiden tot een afname van de afzet. Voor wat betreft de opdrachtgevers en aannemers liggen de vraagpunten meer op het vlak van acceptatie van gerenoveerde geleiderail. Aspecten als kwaliteit en kosten speelden hierbij een belangrijke rol.



## 4. Praktijkproef

### 4.1. Inleiding

In het sluiten van de zinkketen staat de verzinkerij centraal om hergebruik van vormgegeven materiaal grootschalig te kunnen realiseren. In de praktijkproef is dit gerealiseerd door een aantal partijen uit de keten. Arrosso BV heeft hierbij nauw samengewerkt met Verzinkerij Van Aert, Laura Metaal Eygelshoven als producent van geleiderail; en Heymans Techniek & Mobiliteit als wegenaannemer om alle procesonderdelen goed in kaart te brengen en waar mogelijk te optimaliseren. Daarnaast is gebruik gemaakt van expertadviezen op het gebied van materiaal en chemische eigenschappen (CP3-Metrec en VTBC).

De praktijkproef zoals uitgevoerd kende een viertal onderzoeksgebieden, te weten:

1. Demontage en verwijdering van geleiderail
2. Voorbehandeling van gedemonteerde geleiderail delen
3. Ont- en verzinken
4. Afhandeling en verwerking van afval- en reststromen

#### ***Ad 1 Demontage en verwijdering van geleiderail***

De eerste activiteit heeft zich primair gericht op het in de praktijk verwijderen van geleiderail uit een wegvak over een lengte van circa 4 km.

##### **Onderzoeksvragen**

Met betrekking tot demontage dienden onder meer de volgende onderzoeksvragen te worden beantwoord:

- Hoeveel meter geleiderail kan per tijdseenheid worden gedemonteerd
- Hoeveel bedragen de integrale demontagekosten per meter geleiderail
- Welke knelpunten doen zich voor bij het demonteren van geleiderail

#### ***Ad 2 Voorbehandeling van gedemonteerde geleiderail delen***

De tweede activiteit hield zich bezig met de voorbehandeling van gedemonteerde geleiderail zodat deze geschikt is voor het renovatieproces.

##### **Onderzoeksvragen**

Met betrekking tot de voorbehandeling dienden de volgende onderzoeksvragen te worden beantwoord:

- Wat zijn de kosten verbonden aan de diverse reinigingstechnieken
- Welk percentage planken en overige onderdelen is geschikt voor hergebruik op product of onderdeelniveau



### **Ad 3 Ont- en verzinken**

Als derde activiteit binnen de praktijkproef is het ont- en verzinken van de gereinigde geleiderail onderdelen opgepakt. Binnen de praktijkproef is eveneens de mate van reiniging van het inputmateriaal op het renovatietraject onderzocht. Ook is metallurgisch onderzoek uitgevoerd.

#### **Onderzoeksvragen**

Met betrekking tot de ont- en verzinken dienen de volgende onderzoeksvragen te worden beantwoord:

- Wat is de invloed van de mate van reiniging op de reactiesnelheid en het verbruik van zoutuur
- Wat is de invloed van het ont- en verzinken op de kwaliteit van het basismateriaal

### **Ad 4 Afhandeling en verwerking van afval- en reststromen**

Bij het vierde en laatste onderzoeksgebied hebben de afval- en reststromen centraal gestaan.

#### **Onderzoeksvragen**

Met betrekking tot de afval- en reststromen dienden de volgende onderzoeksvragen te worden beantwoord:

- Wat is de samenstelling en omvang van het afval dat vrijkomt bij het reinigen van de geleiderail onderdelen
- Wat is de werkingsgraad van het beoogde proces voor de verwerking van zinkzuur
- Welke mogelijkheden zijn er voor de afkeurproducten

## **4.2. Demontage**

De eerste activiteit zoals deze is uitgevoerd binnen de praktijkproef, betrof de demontage van geleiderail langs een deel van het traject Deil-Culemborg. De keuze voor het betreffende wegvak was hierbij enkel gebaseerd op het feit dat hier een renovatietraject gaande was en dus snel een praktijkproef kon worden uitgevoerd.

Voor het demonteren is, met een demontageploeg van 7 medewerkers, gebruik gemaakt van een tweetal demontagetechnieken, te weten:

1. volledige demontage on-site;
2. demontage van 12 meter delen.

De detailinformatie staat vermeld in bijlage 1



### 4.2.1. Resultaten demontage

De gedemonteerde lengte aan geleiderail, alsmede de hieraan bestede tijd staat weergegeven in tabel 1.

Aspect	Demontage on-site	Demontage 12 meter delen
Arbeidsuren	154 uur	46 uur
Lengte	3.050 meter	660 meter
Demontage snelheid	± 20 meter per uur per arbeidsuur	± 9 meter per uur per arbeidsuur

tabel 1: resultaten demontage on-site

### 4.2.2. Analyse demontage

De demontage van geleiderail moet onder tijdsdruk worden uitgevoerd. Aannemers moeten vaak voldoen aan een planning die gericht is op het zoveel mogelijk vermijden van overlast voor de weggebruikers. De wijze van demontage is van invloed op het percentage herbruikbaar materiaal maar ook op de ermee gepaard gaande kosten.

Voorafgaand aan de demontage in het proefproject is door middel van een visuele inspectie de kwaliteit van de te demonteren geleiderail in kaart gebracht. De kwaliteit is beoordeeld op basis van de mate van corrosie, vervorming en de vervuiling. Uit de inspectie bleek dat de kwaliteit nog goed was te noemen, d.w.z. weinig tot geen roestvorming en weinig beschadigingen en verontreinigingen. De staat van de geleiderail was beter dan normaliter mag worden verondersteld van een geleiderail die wordt vervangen. Hierdoor is de demontage hierdoor nagenoeg moeiteloos is verlopen voor beide onderzochte demontagetechnieken.

Uit de demontagetijden zoals weergegeven in tabel 1 blijkt dat volledige demontage on-site overall gezien het beste scoort met een demontagesnelheid van 20 meter per arbeidsuur. Bij de 12 meter delen gevolgd door een verdere demontage op een depot ligt de snelheid overall gezien op 9 meter per arbeidsuur.

Indien gekeken wordt naar de lengte die per werkdag in een baanvak kan worden verwijderd door één werkploeg, dan scoren beide demontagetechnieken ongeveer gelijk met circa 1.100 meter per dag.

Het percentage herbruikbaar materiaal is duidelijk hoger bij de volledige demontage on-site!





De wijzen van demontage zoals deze zijn gevolgd in de praktijkproef zijn qua demontagesnelheid nog te optimaliseren. Verbeteringen moeten hierbij met name worden gezocht in optimalisatie van het bevestigingsmateriaal en in optimalisatie van de demontagehulpmiddelen. Bij de montage kunnen op dit moment de bouten worden vastgezet zonder dat ze goed zijn gepositioneerd in het druppelgat, met als gevolg dat bij de demontage slecht gepositioneerde bouten kunnen blijven doordraaien.

Bij de demontage dient niet alleen te worden gekeken naar de snelheid maar ook naar de ergonomische aspecten. De volledige demontage on-site wordt door de demontageploeg als prettiger ervaren daar de diverse werkhoudingen elkaar sneller afwisselen.

### **Demontagekosten**

Het aspect van demontagekosten is nauw verbonden aan de demontagesnelheid en de hulpmiddelen die zijn ingezet voor de demontagehandelingen. De absolute demontagekosten zijn hierbij niet te geven omdat dit afhankelijk is van specifiek bedrijfseigen werkwijzen en het ter beschikking hebben van de juiste hulpmiddelen.

## **4.3. Voorbehandeling van gedemonteerde geleideraildelen**

Het demontagetraject is het startpunt van het proces dat uiteindelijk dient te leiden tot het hergebruik van geleiderail. Na de demontage volgt de voorbehandeling. Onder voorbehandeling wordt verstaan het daar waar nodig reinigen van de diverse onderdelen alsmede het selecteren, kalibreren en markeren van de onderdelen opdat enkel die onderdelen voor hergebruik in aanmerking komen die voldoen aan de geldende normering NEN 5190.

### **4.3.1. Reiniging**

Reiniging van onderdelen is een belangrijke stap. Het aanwezig zijn van verontreinigingen kan bij het ont- en verzinken grote procesverstoringen veroorzaken. Een onderdeel waarvoor dit aspect zeer belangrijk is betreft de palen. Bij het plaatsen van een geleiderail worden deze in de grond geheid. Daar de palen van binnen hol zijn, komen er bij het heien zand, klei, asfalt, steentjes etc. in de binnenruimte van de paal te zitten. De inhoud van de palen dient door middel van reiniging te worden verwijderd. In de praktijkproef zijn verschillende reinigingstechnieken toegepast, te weten:

- hydraulische perscilinder
- trillen
- hoge druk reiniging



De eerste gedachte was om de verontreiniging eruit te drukken middels pers/drukkracht. Met een pers/drukkracht van 7.000 kg lukte het niet om met een hydraulische perscilinder met diverse doornen ( vierkant 20x20, plat 60x20) de inhoud uit de platte/ronde buis te drukken. De doornen waren niet bestand tegen de perskracht. Hierna is een test uitgevoerd met een trilunit. Deze optie maakt teveel geluid, duurt erg lang en levert een slecht resultaat op. Hierna is overgestapt naar het reinigen met water. Om te kijken of reiniging met zeer hoge druk bruikbaar was, is er een test gedaan met 2500 bar bij een gespecialiseerd bedrijf. De palen werden door deze techniek 100 % schoon. Het reinigen met 2.500 bar bleek hierbij geen haalbare optie daar de kosten voor reiniging hoger liggen dan de aanschafprijs van een nieuwe paal. Bovendien bleek dat naast het kostenaspect ook nog een veiligheidsrisico kleefde aan het reinigen met 2.500 bar. Indien de spuitstraal namelijk iets afwijkt is de paal een projectiel.

Als meest reële reinigingstechniek is uiteindelijk reiniging met een waterdruk van 500 bar naar voren gekomen. Hiermee was het mogelijk om de palen zodanig te reinigen dat de meeste vervuiling hierdoor verdween en de resterende vervuiling te gering was om voor problemen te zorgen in het ont- en verzinkproces.

#### **4.3.2. Selectie en kalibratie**

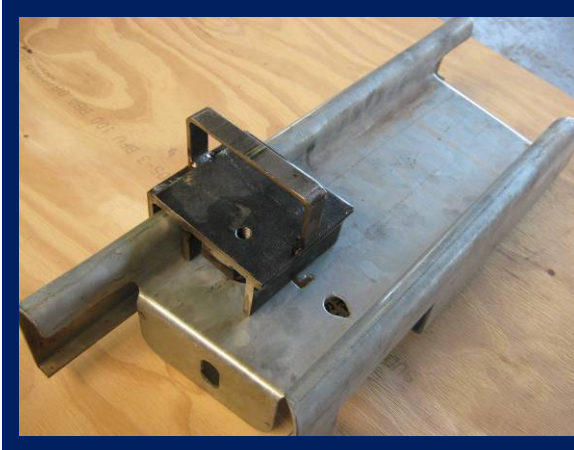
Onderdelen van de gedemonteerde geleiderailconstructie zijn:

- Afstandhouder AH18
- Diagonaal D1L
- Paal P2
- Geleiderail plank A1

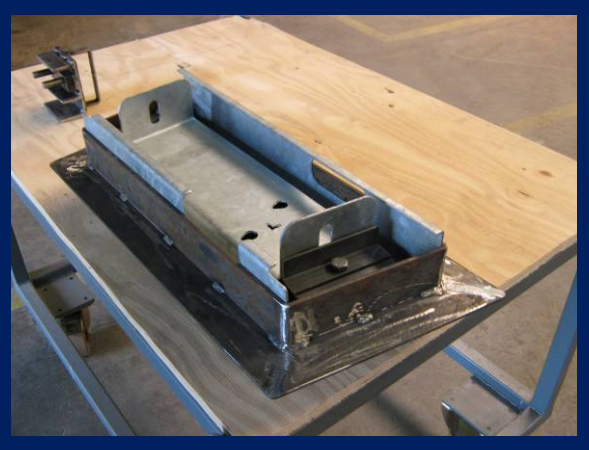
Voor elk onderdeel is een specifieke selectie en kalibratie noodzakelijk. Daarnaast is er een onderscheid gemaakt als gevolg van de twee demontagetechnieken voor de afstandhouders en de geleideplanken, te weten: volledige demontage on-site en demontage in 12 meter delen.

##### **Afstandhouder AH18**

- De eerste controle betrof een visuele controle op algemene beschadigingen en roestvorming (vooral aan de binnenzijde en scheurvorming in de hoeken van de afstandhouder).
- Met het 1e kaliber (zie foto 3) is volgens NEN 5190 een controle uitgevoerd van de steekmaat van de bevestigingsgaten op de stijl ten opzichte van de bovenkant van de afstandhouder.
- Met het 2<sup>e</sup> kaliber (zie foto 4) is volgens NEN 5190 een controle uitgevoerd van de hoogte van de afstandhouder en de breedtemaat van de lippen waar de planken aan komen te hangen.



**foto 3: controle gatenpatroon**



**foto 4: controle afstandhouder**

De resultaten van de selectie en kalibratie met betrekking tot het onderdeel afstandhouder staat in tabel 2 weergegeven.

	12 meter elementen	Demontage On-site
Aantal in onderzoek	495	2.928
<b>Afwijking</b>		
Roestvorming	5	8
Beschadigingen	30	247
Scheurvorming	45	430
Maatvoering		90
Vreemde producent		20
<b>Totaal afkeur</b>	<b>80</b>	<b>795</b>
<b>Gerenvoerd</b>	<b>415</b>	<b>2.133</b>

**tabel 2: resultaten selectie en kalibratie afstandhouders**

### **Diagonaal D1L**

- De eerste controle was ook hier een visuele inspectie op algemene beschadigingen, roestvorming en op scheurvorming in de plat gedrukte vlakken.
- Als tweede stap is met het kaliber (zie foto 5) de controle op de steekmaat van de bevestigingsgaten gecontroleerd volgens NEN 5190.



foto 5: controle bevestigingsgaten

De resultaten van de selectie en kalibratie zijn weergegeven in tabel 3.

	Aantal
Aantal in onderzoek	1.006
<b>Afwijking</b>	
Roestvorming	1
Rechtheid, beschadiging	33
Scheurvorming	1
Steekmaat bevestigingsgaten	35
<b>Totaal afkeur</b>	<b>70</b>
<b>Gerenvoerd</b>	<b>936</b>

tabel 3: resultaten selectie en kalibratie afstandhouders

### Paal P2

- De eerste controle bestond hierbij uit een visuele controle op algemene beschadigingen, roestvorming, rechtheid en hei-beschadigingen op de kop van de paal.
- Met het kaliber (zie foto 6) is een controle uitgevoerd op de steekmaat van de bevestigingsgaten ten opzichte van de bovenkant van de paal



**foto 6: controle steekmaat bevestigingspunten**

De resultaten van de kalibratie en selectie van de palen staan weergegeven in tabel 4.

	<b>Aantal</b>
Aantal in onderzoek	1.777
<b>Afwijking</b>	
Rechtheid	19
Lengte	8
Steekmaat bevestigingsgaten	0
Hei beschadiging	47
Roestvorming	0
Voorwerpen in paal	9
Niet schoon	21
<b>Afkeur totaal</b>	<b>104</b>
<b>Gerenoveerd</b>	<b>1.673</b>

**tabel 4: resultaat selectie en kalibratie palen**

Het afval, dat bestaat uit zand, klei, grind en stenen, is geanalyseerd door een erkend laboratorium. Uit de analyse is gebleken dat het zand een te hoog gehalte aan zink en minerale olie bevat. De waarden in deze zijn 13.000 mg/kg ds aan zink en 10.400 mg/kg ds aan olie C10-C40. Mogelijkheden om het slib verder te bewerken betreft een thermische reiniging voor olie residu en een wassing voor zink. Een combinatie van deze twee bewerkingen is niet mogelijk, waardoor het als chemisch afval wordt geclassificeerd.



## Geleiderail plank A1

- Bij de belangrijkste component van de geleiderail, te weten de geleiderail planken is als eerste met een visuele controle gekeken naar algemene beschadigingen, verontreiniging, deuken, gaten, roestvorming en rechtheid.
- Met een rolmaat is vervolgens een controle uitgevoerd van de steekmaat van het gatenpatroon tussen de 2 sleufgaten.

De resultaten van de selectie en kalibratie van de plank staan weergegeven in tabel 5.

	12 meter elementen		Demontage on-site	
Totaal aantal planken in proef	330	100%	2.030	100%
Geconstateerde beschadigingen				
Afwijkend gatenpatroon	66	20%	408	20%
Beschadiging door klem	19	6%		0%
Overige beschadiging	50	15%	308	15%
Gatenpatroon + klem	13	4%		0%
Gatenpatroon + beschadiging	14	4%	83	4%
Klem + overig beschadiging	19	6%		0%
<b>Totaal afkeur</b>	<b>181</b>	<b>55%</b>	<b>799</b>	<b>39%</b>
<b>Gerenvoerd</b>	<b>149</b>	<b>45%</b>	<b>1.231</b>	<b>61%</b>

**tabel 5: resultaten selectie en kalibratie planken**

Uit tabel 5 kan worden afgeleid dat het percentage afkeur bij de 12 meter elementen aanzienlijk hoger ligt dan bij de demontage on-site (55% versus 39%). Het verschil wordt hierbij volledig bepaald door de beschadigingen die optreden door het gebruik van de klem bij het ophijzen van de 12-meter delen op een oplegger. Tevens kan worden geconcludeerd dat een relatief groot aantal geleiderailplanken een afwijkend gatenpatroon heeft en hierdoor niet geschikt zijn om te worden hergebruikt. Naast het gatenpatroon is ook de post overige beschadigingen relatief hoog met circa 15%. Het betreft hier veelal beschadigingen die niet door toedoen van demontagehandelingen zijn ontstaan.

### Algemene aspecten kalibratie en selectie

De stap van kalibratie vormt een cruciale stap, zowel tijdens de praktijkproef alsook in de toekomst. De kalibratie moet ervoor zorgen dat de gerenoveerde geleiderail weer voldoet aan het "als nieuw" criterium van RWS en de geldende normen (NEN). De kalibratie moet ertoe leiden dat er geen verschil is tussen de nieuwe geleiderail en gerenoveerde geleiderail.

Alle onderdelen die tezamen de geleiderailconstructie vormen (uitgezonderd bouten en moeren) dienen te worden voorzien van een markering. Binnen de praktijkproef is gekozen om de plank en de afstandhouder te voorzien van de initialen van de producent en het



jaartal. Voor de diagonalen en palen is gekozen voor de letter “R” als markering. De markering moet zodanig helder en uniek zijn dat deze geen vragen kan oproepen wie wat wanneer heeft gedaan.

Om een juiste selectie te maken ten aanzien van roestvorming is het stadium van het corrosieproces van belang. Indien het basismateriaal nog niet is aangetast en er geen putcorrosie aanwezig is, kan het product nog worden gerenoveerd. De kathodische bescherming door het zink is nog in werking. De producten met roestvorming dienen gescheiden te worden van producten zonder roestvorming omwille van het feit dat deze een langere beitsijd vereisen en een verstoring geven in het verzinkproces.

In tabel 6 staan voor alle onderdelen de hergebruiksgegevens weergegeven. Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen de toegepaste demontagetechnieken daar deze voornamelijk invloed hebben op de herbruikbaarheid van de planken en niet of nauwelijks op de overige onderdelen. Met een aandeel van circa 70% op het totale gewicht, vormen de planken wel de belangrijkste factor in het hergebruiksniveau.

Onderdeel	Stuks			Kilogram			Massapercentage hergebruik	
	Ontvangen	Afkeur	Hergebruik	Ontvangen	Afkeur	Hergebruik	Onderdeel niveau	Totaal niveau
Afstandhouder	3.423	875	2.548	15.746	4.025	11.721	74%	7%
Diagonaal	1.006	70	936	6.137	427	5.710	93%	4%
Paal	1.777	104	1.673	27.366	1.602	25.764	94%	16%
Plank	2.360	980	1.380	112.100	46.550	65.550	58%	41%
<b>Totalen</b>	<b>8.566</b>	<b>2.029</b>	<b>6.537</b>	<b>161.349</b>	<b>52.604</b>	<b>108.745</b>		<b>67%</b>

**tabel 6: overall hergebruikresultaten geleiderail**

Uit tabel 6 blijkt dat op massabasis gezien circa 67% van de geleiderail onderdelen kan worden hergebruikt. Het onderdeel dat het minst geschikt is voor hergebruik betreft de plank met een overall hergebruikresultaat van circa 58%. De onderdelen diagonaal en paal zijn vrijwel geheel geschikt voor hergebruik (hergebruikpercentages van respectievelijk 93 en 94%). Bij de afstandhouders wordt het grootste deel van de afkeur veroorzaakt door scheurvorming als gevolg van het uitzetten en krimpen van de geleiderailconstructie door temperatuurswisselingen. Het ontwerp van de huidige geleiderailconstructie is reeds vele jaren oud en nooit ontworpen met het oog op hergebruik. Het verhogen van het hergebruikpercentage door middel van een verbeterd ontwerp is dan ook één van de aandachtspunten voor de toekomst.

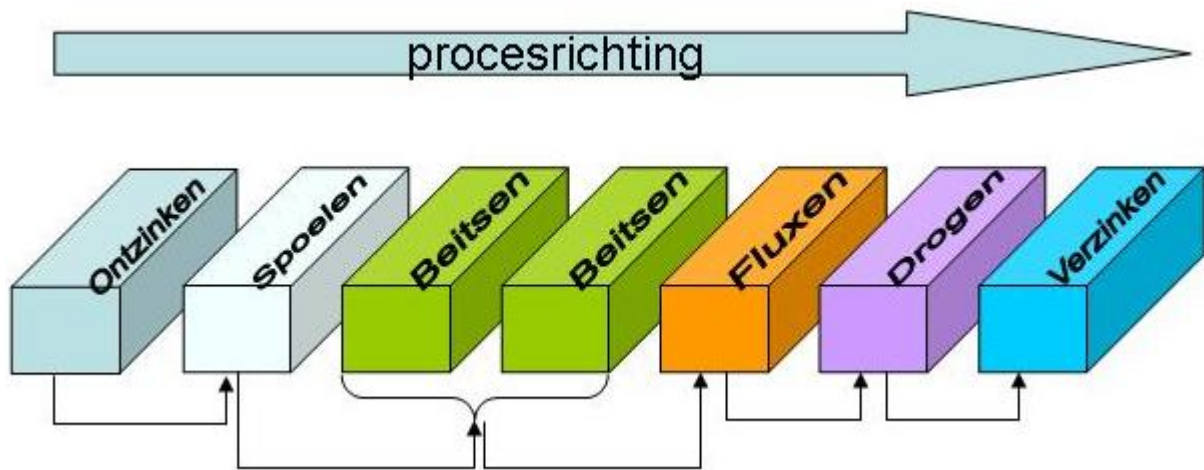
Het volume van renoveerbare geleiderail wordt tevens verhoogd indien identieke uitvoeringsvormen worden ingezet. Standaardisatie van geleiderail is van belang voor hergebruik.



### 4.3.3. Procesgang renovatie verzinkte producten

In de huidige situatie worden nieuwe nog onverzinkte producten voorafgaand aan het thermisch verzinkproces voorbehandeld in een reeks dompelbaden. In deze voorbehandeling worden te verzinken materialen ontvet, gebeitst en voorzien van een laag flux(zout). Na de voorbehandeling worden de producten thermisch verzinkt door deze onder te dompelen in een bad met vloeibare zink.

Het renoveren van verzinkte geleiderailonderdelen gebeurt vrijwel op dezelfde wijze als het thermisch verzinken van nieuwe materialen. Enig verschil is dat de verzinkte producten eerst ontzinkt dienen te worden. Na het ontzinken in zoutzuur worden de materialen gespoeld en gebeitst. Om de verbinding tussen het vloeibare zink en de materialen tot stand te brengen wordt op het materiaal flux aangebracht waarna deze worden gedroogd. Het thermisch verzinken gebeurt in een zinkbad op 450°C.



figuur 3: processtappen in het ont- en verzinkproces

### 4.3.4. Invloed renovatie op kwaliteit verzinken

Het renoveren van verzinkte materialen heeft invloed op de kwaliteit van het verzinken. De voornaamste oorzaak hiervoor is dat het oppervlak nog intermetallics bevat. Deze intermetallics komen vrij in het verzinkbad. Het ontstaan van hardzink neemt hiermee toe. Door het ruwe oppervlak wordt de zinklaag op gerenoveerd materiaal dikker wat een positief effect heeft op de corrosie bescherming. Met zekerheid voldoet gerenoveerd materiaal ook aan de verzinknorm NEN-EN-ISO 1461.





### **Afname van het basismateriaal**

Een drietal charges te rooveren planken zijn voor het ontzinken, na het ontzinken en na het opnieuw verzinken gewogen. Ter referentie zijn ook drie charges met nieuwe planken gewogen voor en na het beitsproces en na het verzinken.

Door het ontzinken neemt het gewicht van een plank gemiddeld 5,1 % af. Uit analyse van het ontzinkmedium is gebleken dat deze gewichtsafname voor het grootste deel veroorzaakt wordt door het oplossen van de zinklaag (4,3 %), slechts een klein deel van de gewichtsafname wordt veroorzaakt door het oplossen van het basismateriaal (0,8 %).

Tijdens het beitsen van nieuwe planken is de gewichtsafname door ijzerafdracht 0,4 %.

### **Invloed op de sterkte van het materiaal**

De invloed van het ont- en verzinken op de sterkte en eigenschappen van het materiaal is eveneens binnen de praktijkproef onderzocht (zie rapport CP3-Metrec).

Één plank is in twaalf gelijke delen gezaagd. Alle delen zijn voorzien van een uniek merkteken. Één deel is ter referentie apart gehouden, de overige elf delen zijn ontzinkt en opnieuw verzinkt. Na het verzinken is wederom één deel apart gehouden, de overige tien delen zijn weer ontzinkt en opnieuw verzinkt. De cyclus van ont- en verzinken is in totaal elf maal herhaald waarbij tussen elke cyclus één proefstuk uit het proces is genomen.

Het resultaat zijn twaalf proefdelen die elk een uniek aantal maal ont- en verzinkt zijn, oplopend van 0 tot 11 maal.

Per renovatiecyclus neemt de vloeigrens af met 0,7%, de treksterkte met 0,4% en de rek met 0,6%. De taaigheid bij -20°C neemt met 0,45% af.



#### **4.3.5. Productie zinkhoudend zoutzuur**

Naast aspecten als verontreiniging en kwaliteit, is binnen de praktijkproef tevens middels een theoretische benadering gekeken naar hoeveelheid zinkhoudend zoutzuur die ontstaat gedurende het totale renovatietraject. De productie van zinkhoudend zoutzuur (zinkzuur) per ton renovatiewerk is op twee manieren berekend. Bij de eerste manier is gekeken naar de gewichtsafname door het ontzinken. Uit de analyses van de uitgaande stroom zinkhoudend zuur is de gemiddelde zinkopname per liter bepaald. Per 1.000 kg renovatiemateriaal komt 43 kg zink vrij (4,3%). Per liter ontzinkzuur wordt gemiddeld 270 g/l zink opgenomen. Uit deze gegevens blijkt voor het ontzinken van 1.000 kg renovatiewerk 159 liter zinkhoudend zoutzuur geproduceerd te worden. Bij de tweede manier is de hoeveelheid geproduceerd zinkhoudend zoutzuur en de hoeveelheid ontzinkt materiaal bijgehouden. Uit deze gegevens blijkt per 1.000 kg renovatiewerk 127 liter zinkhoudend zoutzuur geproduceerd te worden.

Het verschil in bovenstaande berekeningen wordt ten dele veroorzaakt door meetfouten. Het verschil in zuurproductie wordt voornamelijk veroorzaakt door het verschil in zinkpercentage van de verschillende onderdelen terwijl bij manier 1 alleen de planken zijn geanalyseerd.

#### **4.3.6. Emissie van dampen**

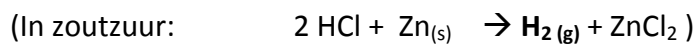
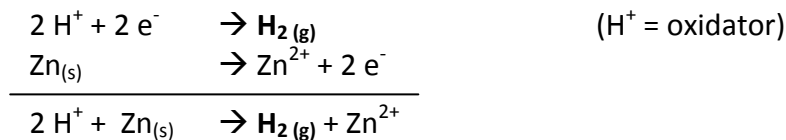
Tijdens het huidige ontzinkproces in zoutzuur ontstaat veel waterstofgas. Dit waterstofgas is niet alleen gevaarlijk, het heeft ook een hevige schuimvorming in het bad tot gevolg. Indien de reactie te snel gaat ontstaat zoveel schuim dat dit over de badrand de beitskelder in vloeit. Om het ontzinkproces netter te laten verlopen willen we graag de schuimvorming beperken. Om de schuimvorming te beperken zou het verminderen van de waterstofproductie een goede oplossing kunnen zijn. Bijkomend voordeel is de kleinere kans op een explosie door de beperkte waterstofproductie. Er zijn twee theorieën in de praktijk getest. Als eerste is getracht de waterstofontwikkeling te vertragen door toevoeging van beitsremmer. Beitsremmer wordt algemeen ingezet om aantasting van het metallisch ijzer in de beitsbaden tegen te gaan. In een beitsbad zonder beitsremmer oxideert het metallisch ijzer langzaam onder vorming van waterstofgas. De beitsremmer gaat het ontstaan van waterstof aan het ijzeroppervlak tegen waardoor de oxidatie van het metaal wordt voorkomen. Door het inzetten van beitsremmer in het ontzinkproces kan de waterstofvorming vertraagd worden waardoor er minder schuimvorming optreedt en de hoeveelheid waterstofgas per tijdseenheid wordt beperkt. Door een proef op kleine schaal is er geen waarneembare verschil in waterstof en schuimvorming tijdens de reactie. (zie foto 7).



foto 7: proef waterstof en schuimvorming

In een tweede test is getracht de waterstofvorming te beperken door het zuur als oxidator te vervangen door een andere oxidator waarbij geen waterstof ontstaat.

Het waterstof ontstaat tijdens het oxideren van het metallische zink naar het oplosbare zinkion:



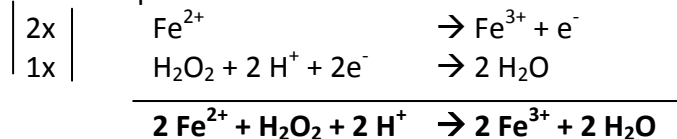
Door nu een andere oxidator voor het waterstof-ion te nemen zou een reactie kunnen plaatsvinden zonder waterstofontwikkeling.

In het ontzinkzuur is naast zoutzuur en zink(chloride) ook ijzer(chloride) aanwezig. Het ijzer is onder normale omstandigheden aanwezig als Fe<sup>2+</sup> (ijzer II). IJzer II is geen sterke oxidator, echter ijzer III is een sterkere oxidator dan het waterstof-ion.

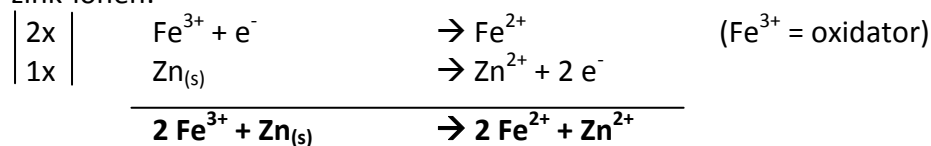
Indien nu het aanwezige ijzer omgezet wordt naar een sterke oxidator kan deze het metallische zink omzetten zonder waterstofproductie.

Reacties:

- 1- Het ijzer(II)chloride wordt geoxideerd (omgezet) naar ijzer(III)chloride door waterstofperoxide:



- 2- Tijdens het onzinken wordt het metallische zink door het ijzer(III) omgezet naar zink-ionen:





Om voorgaande theorie te verifiëren is 20 liter ontzinkvloeistof evenredig over twee cans verdeeld. Aan één van de twee is waterstofperoxide gedoseerd om het ijzer te oxideren en actief te maken als oxidator. Aan beide cans is vervolgens een gelijke hoeveelheid zink toegevoegd en is de hoeveelheid waterstofgas dat ontstaat tijdens de reactie gemeten. De hoeveelheid waterstof is bij beide proeven gelijk.

**Conclusie en aanbeveling:**

Er zijn nog geen middelen gevonden om het ontstaan van waterstofgas tijdens het ontzinken in zoutzuur afdoende te beperken. Bij het ontzinken in zoutzuur blijven maatregelen nodig om het gevormde waterstof zo snel mogelijk af te voeren om explosiegevaar te voorkomen.

Uitwegen voor dit probleem kunnen zijn:

1. het ontwerpen van een explosie veilige installatie en zorg dragen dat alle elektrische apparatuur en schakelkasten die in aanraking komen met het waterstof explosievrij zijn ingericht. Hierbij is een risico-analyse en deskundig advies een vereiste.
2. het ontwikkelen van een proces waarbij geen waterstof vrijkomt, hiervoor is aanvullend diepgaand onderzoek noodzakelijk.



## 5. Kosten en baten

### 5.1. Inleiding

De toekomst voor wat betreft het renoveren van verzinkte vormgegeven producten, waarvan de geleiderail er één van is, is afhankelijk van de technische alsmede de economische haalbaarheid. In hoofdstuk 4 is ingegaan op de technische haalbaarheid.

### 5.2. Kosten en baten.

Om de kosten en baten in beeld te brengen is de geleiderailconstructietype VLP 2Z 267-80L/R als voorbeeld genomen. In de praktijkproef is geleiderail van dit constructietype gebruikt.

Een lengte van 1 km bestaat dan uit 500 geleideplanken, 750 afstandhouders, 375 palen en 250 diagonalen. Voor de aanschaf van 1 km nieuwe geleiderail zijn de productkosten berekend op € 37.000. De wijze van renovatie is beschreven in het Handboek Bermbeveiligingsvoorzieningen, uitgave tweede druk mei 2006 door de CROW. Dit omvat het reinigen, kalibreren, selecteren, markeren, ontzinken en verzinken volgens NEN-EN-ISO 1461. Het renoveren van 1 km geleiderail volgens deze werkwijze kost € 22.000 aan productkosten. Alle producten, zowel nieuw als gerenoveerd, voldoen aan de vereiste norm NEN 5190.

Besparingen op productkosten voor 1 km geleiderail omvat dan ca. 40 %. De genoemde bedragen zijn indicatief en afhankelijk van schommelingen in de grondstofprijzen. De kosten voor het kunnen leveren van een gerenoveerd product liggen niet hoger dan die voor een nieuw product. Op basis van deze bevindingen kan worden gesteld dat het economisch rendabel blijkt om renovatie van vormgegeven producten toe te passen. De praktijkproef zoals deze is uitgevoerd en de inzichten die hiermee zijn opgedaan hebben bijgedragen aan een goed beeld van de kosten en baten die in praktijk samenhangen met het renoveren van vormgegeven verzinkte producten. Zelfs op een relatief lage schaalgrootte is renovatie vanuit economisch oogpunt reeds interessant. Een verdere vergroting van de schaalgrootte zal renovatie enkel nog interessanter maken.



## 6. Energie- en Milieuvoordeel

### 6.1. Achtergrond

Met een stijgend globaal welvaartsniveau, afnemende grondstofvoorraden en toenemende overlast als gevolg van klimaatveranderingen lijkt het klimaat rijp om op zoek te gaan naar oplossingen die een positieve bijdrage leveren aan het verminderen van de milieubelasting. In het licht van het voorgaande is door Verzinkerij van Aert BV en renovatiebedrijf Arrosso BV een weg ingeslagen om de mogelijkheden te onderzoeken om de milieubelasting te verminderen, kringlopen te sluiten en hierdoor energie- en milieuwinst te boeken. In de berekening van de energie- en milieuwinst is hierbij nog enkel gekeken naar de winst die samenhangt met het renoveren van geleiderail.

### 6.2. Winst door hergebruik zink

Binnen het project lag de focus in eerste instantie op het sluiten van de zinkketen. De milieuwinst is hierbij gezocht in het terugwinnen van zink uit de zoutzuurbaden. Op dit moment wordt enkel op kleine schaal geleiderail gerenoveerd. Daar in Nederland geen goede verwerkingsmogelijkheid aanwezig is voor de verwerking van zinkhoudend schroot, zal het grootste deel van de betreffende hoeveelheid worden afgevoerd naar het buitenland. Bij de verwerking van het zinkhoudend schroot komt zinkoxide als zinkstof vrij. Voor de berekening van de milieuwinst is als uitgangspunt genomen dat de verwerking van dit zinkstof plaatsvindt met behulp van het Waelz-Kiln-proces. Van de in de EAF-stof aanwezige zink kan circa 68% worden teruggewonnen. De resterende 32% blijft achter in de slak die naar een deponie wordt afgevoerd.

Binnen de praktijkproef is ervoor gekozen om zowel de bruikbare als de onbruikbare geleideraildelen niet als schroot te behandelen maar om deze te renoveren of aan te bieden als schoon schroot (zinkvrij). De oude zinklaag wordt hierbij eerst verwijderd door middel van een ontzinkbad op zoutzuurbasis. De zink lost hierin op en vormt zinkchloride. De zinkrijke fractie uit het ontzinkbad wordt als grondstof aangeboden en verwerkt in het buitenland (België en Duitsland). Het zink wordt hierbij teruggebracht in de keten in de vorm van zinkchloride. Het terugwinningpercentage van de hoeveelheid zink bedraagt hierbij 99%. Dit zinkchloride wordt ingezet voor ondermeer batterijen en farmaceutische producten.



Indien op industriële schaal geleiderail wordt gerenoveerd zou daarmee een belangrijke stap worden gezet in het sluiten van de zinkketen. Het verlies van zink bij de afdanking zou hiermee kunnen worden teruggedrongen van circa 32% tot circa 1%.

Het uiteindelijk streven is om circa 70% van de vrijkomende hoeveelheid geleiderail te kunnen renoveren en de overige 30% als schoon schroot (ontzinkt) te kunnen afzetten. De milieuwinst komt neer op 542 ton zink die weer in de zinkketen wordt gebracht. Indien naast geleiderail ook nog andere verzinkte vormgegeven materialen gerenoveerd gaan worden, neemt de milieuwinst in absolute zin nog verder toe.

### **6.3. Energiebesparing**

Door het renoveren van verzinkte geleiderail wordt een aanzienlijke energiewinst in de productketen gerealiseerd doordat het niet nodig is om nieuw staal voor de geleiderail te produceren en er minder transport is.

Voor elke ton geleiderail die renoveerbaar is hoeft hetzelfde tonnage niet te worden geproduceerd als staal (29,96 GJ/ton)<sup>2</sup> en niet te worden gevormd door de producent van geleiderail (5 GJ/ton)<sup>2</sup>. Verder wordt bij renovatie de aanwezige hoeveelheid zink opgelost in zoutzuur en opnieuw als zinkchloride in de keten teruggebracht. Hierdoor wordt de productie van primair zink uitgespaard (65,3 GJ/ton)<sup>2</sup>. Er is wel extra zoutzuur nodig voor het ontzinken, deze extra energiekosten zijn meegenomen in de energiebesparingsberekening.

Indien naar de totale energetische prestatie van de productketen wordt gekeken, is deze bij renovatie aanzienlijk beter vergeleken bij de huidige werkwijze (verschroten van het materiaal en productie van nieuwe geleiderail).

Bij een jaarlijkse vervanging van 360 km geleiderail kan door renovatie een besparing worden gerealiseerd van 150 tot 250 km geleiderail (42% tot maximaal 70% direct herbruikbaar materiaal). Vergeleken met de huidige werkwijze vertegenwoordigt dit een energiebesparing van 200 tot 325 TJ/jr.

Naast energiebesparing wordt tevens de CO<sub>2</sub> uitstoot verlaagd met circa 9.500 tot 16.000 ton door besparing op productie van primair staal.

Als naast de productgroep geleiderail ook nog andere productgroepen zullen worden gerenoveerd zal de jaarlijkse energiewinst in Nederland nog groter worden.

---

<sup>2</sup> bron: IDEMAT2000



## 7. Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de conclusies en aanbevelingen gepresenteerd die resulteren uit het uitgevoerde onderzoek.

### **Conclusie 1: renovatie van geleiderail is technisch en economisch haalbaar**

De belangrijkste conclusie die uit het onderzoek kan worden getrokken is het feit dat renovatie van geleiderail zowel technisch als economisch haalbaar is. Met behulp van de huidige stand der techniek en de huidige eisen ten aanzien van geleiderail is het mogelijk om geleiderail zodanig te renoveren dat deze voldoet aan het 'als-nieuw' principe zoals RWS dit hanteert. De kwaliteit van de geleiderail voldoet hierbij zelfs na 10 keer renoveren nog steeds aan alle eisen.

### **Conclusie 2: door renovatie is een aanzienlijke energie- en milieuwinst te behalen**

Het onderzoek heeft laten zien dat door renovatie op diverse terreinen grote energie- en milieuwinst is te boeken. Ten eerste wordt de vraag naar nieuw staal door renovatie van geleiderail sterk verminderd doordat geleiderail vaak kan worden gerenoveerd. Ten tweede wordt de hoeveelheid zink die bij renovatie terug in de keten kan worden gebracht sterk vergroot. Naast de hiervoor beschreven voordelen op energie- en milieugebied geldt ook nog dat door renovatie en het ontzinken van schroot wordt voorkomen dat transport van verzinkt schroot naar het buitenland plaatsvindt en het 'schone' schroot volledig in Nederland kan worden gerecycleerd.

### **Aanbeveling m.b.t. te realiseren energie- en milieuwinst**

1. Het project toont aan dat hergebruik duurzaamheids voordelen heeft. De cijfers geven zowel milieuwinst als energiewinst aan. De overheden kunnen hiermee hun duurzaamheids doelstellingen verwezenlijken. De overheid, in het bijzonder de aanbestedende diensten zoals RWS is hiervoor de belangrijkste stakeholder. In aanbestedingstrajecten zouden bijvoorbeeld credits kunnen worden toegekend aan partijen die in hun aanbieding aangeven gebruik te maken van gerenoveerde geleiderail. Op deze manier kan de renovatie worden gestimuleerd en de energie- en milieuwinst worden vergroot.





2. Een tweede issue betreft de tijdigheid voor het vervangen van geleiderail. Een tijdige renovatie van de geleiderail in een wegvak levert naast energie- en milieuvoordeel tevens een bijdrage aan een verbeterde uitstraling en een verhoogd gevoel van veiligheid.
3. Het verdient ook aanbeveling om de mogelijkheden te onderzoeken van een verbeterd design voor systeem (de)montage. Niet alleen levert dit een winst op bij de demontage in tijd en geld maar tevens qua milieuresultaat doordat bij de (de)montage minder onderdelen beschadigd raken en hierdoor meer in aanmerking komen voor renovatie.
4. Standaardisatie van geleiderailconstructies is van belang voor het toepassen van hergebruik. Indien de toegepaste geleiderailconstructies in Nederland gelijk zijn, betekent dit dat gerenoveerde en nieuwe geleiderail uitwisselbaar zijn en er dus altijd de mogelijkheid bestaat om gerenoveerde onderdelen toe te passen. Zonder uniformiteit kan het voorkomen dat bepaalde geleiderailconstructies enkel op zeer specifieke plaatsen toepasbaar zijn. Door dit laatste wordt de flexibiliteit van een renovatiesysteem beperkt. RWS speelt qua standaardisatie een sleutelrol daar zij de partij zijn die de grootste invloed kunnen uitoefenen op de geleiderailconstructies zoals deze geplaatst worden, zij zijn immers in vrijwel alle gevallen de opdrachtgever voor het plaatsen van geleiderail langs de rijkswegen.
5. Om een optimaal resultaat te kunnen bereiken, is het noodzaak om de afstemming tussen alle betrokken partijen te analyseren. Aannemers, demontagebedrijven en renovatiebedrijven moeten goed met elkaar communiceren zodat in de procesgang zaken op elkaar kunnen worden afgestemd. Demontagebedrijven moeten bijvoorbeeld de tijd en ruimte krijgen om geleiderail op een milieuverantwoorde en kostenefficiënte manier te kunnen demonteren. Dit laatste vereist afstemming op het gebied van planning.

**Conclusie 3: onderzoek renovatie van geleiderail heeft blauwdruk opgeleverd voor andere vormgegeven verzinkte producten**

Het renoveren van geleiderail is technisch en economisch haalbaar gebleken. Naast geleiderail zijn er nog vele andere productgroepen te onderkennen waarvoor renovatie ook tot de mogelijkheden zou kunnen behoren. De resultaten van het uitgevoerde onderzoek kunnen hierbij als leidraad dienen bij het uitzoeken van de haalbaarheid van renovatie voor de andere productgroepen.



**Conclusie 4: renovatie van geleiderail is een nieuwe markt en biedt nieuwe werkgelegenheid**

Renovatie van geleiderail gebeurt op dit moment nog slechts op zeer beperkte schaal. Indien renovatie van geleiderail op grote(re) schaal gaat plaatsvinden ontstaat hiermee een nieuwe markt en wordt extra werkgelegenheid gecreëerd.

**Conclusie 5: stimuleer extra verwerkingscapaciteit reststromen**

Een belangrijke reststroom uit het renovatietraject betreft het zinkhoudende zoutzuur. Bij grootschalige renovatie gaat deze reststroom sterk toenemen. Deze reststroom wordt nu geheel afgezet richting België en Duitsland. Indien om welke reden dan ook de afzetkanalen geblokkeerd worden, is er geen alternatief afzetkanaal voorhanden. In die situatie is renovatie van geleiderail in de huidige vorm niet uitvoerbaar.

Verwerkingscapaciteit in Nederland is nog niet of slechts zeer beperkte mate voorhanden. Het is noodzaak dat voldoende verwerkingscapaciteit aanwezig is. De voorkeur gaat uit naar (aanvullende) verwerkingscapaciteit in Nederland.

**Aanbeveling**

- Stimuleer extra verwerkingscapaciteit reststromen



## Bijlage 1: detailresultaten demontage

### Volledige demontage on-site

Bij de eerste vorm van demontage worden alle onderdelen van de geleiderail ter plaatse gedemonteerd en afgevoerd. Bij deze wijze van demontage is gebruik gemaakt van een demontageploeg bestaand hierbij uit zeven medewerkers.

De werkwijze bij de demontage was hierbij als volgt:

- 2 medewerkers bouten over een lengte van 30 meter de rails los van de afstandhouders
- Medewerkers draaien de bouten van de railverbindingen los
- Medewerkers draaien de afstandhouders los van de stijlen
- Medewerker trekt met behulp van een kraanwagen de stijlen uit de grond
- Medewerkers laden de losse delen op de aanhangwagen met behulp van de kraanmachine



foto 8: demontage rails

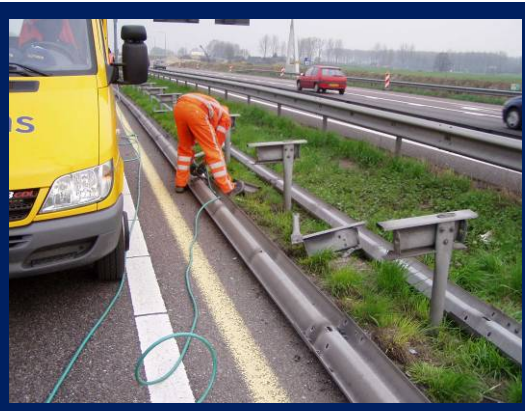


foto 9: los draaien bouten rail



foto 10: demontage afstandhouders



foto 11: verwijderen palen



### Resultaten bij demontage on-site

De gedemonteerde lengte aan geleiderail, alsmede de hieraan bestede tijd staat weergegeven in tabel 7.

Aspect	Resultaat
Demontage tijd	154 uur
Lengte	3.050 meter
Demontage snelheid	± 20 meter per uur per arbeidsuur
Demontage lengte per dag	± 1.100 meter per dag per ploeg

tabel 7: resultaten demontage on-site



foto 12: optasten afstandhouders



foto 13: opladen planken



## Demontage in 12 meter elementen

Bij de tweede vorm van demontage wordt de geleiderail niet volledig in het wegvak (on-site) gedemonteerd maar wordt de bovenconstructie, bestaand uit planken en afstandhouders, per lengte van 12-meter losgemaakt van de stijlen en afgevoerd naar een depot. Op het depot vindt vervolgens de verdere demontage plaats. Bij de demontage on-site wordt gebruik gemaakt van een werkploeg van 6 personen.

De werkwijze is hierbij als volgt:

Werkzaamheden in het wegvak:

- los maken om de 12 meter van de railverbinding en de afstandhouders van de palen (foto 14)
- opladen 12-meter delen op een oplegger met behulp van een kraanwagen de (foto 15)
- uit de grond trekken palen met behulp van een kraanwagen de (foto 11)

Werkzaamheden in het depot

- kraanwagen legt 12-meter delen op de grond
- los maken afstandhouders van de planken (foto 17)
- losmaken planken
- opstapelen diverse delen



foto 14: losmaken planken per 12 meter



foto 15: opladen 12 meter delen



foto 16: verwijderen palen



foto 17: demontage 12 meter delen



foto 18: opladen losse delen

### Resultaten bij 12 meter elementen

Aspect	Resultaat
Demontagetijd on-site	28 uur
Demontagetijd depot	46 uur
Lengte	660 meter
Demontagesnelheid on-site	± 24 meter per uur per arbeidsuur
Demontagesnelheid depot	± 14 meter per uur per arbeidsuur
Demontagesnelheid overall	± 9 meter per uur per arbeidsuur
Demontagelengte per dag on-site	± 1.100 meter per dag per ploeg
Demontagelengte per dag depot	± 600 meter per dag per ploeg
Demontagelengte per dag overall	± 400 meter per dag per ploeg

tabel 8: resultaten 12 meter elementen