

Eindrapport

Botsing trein tegen hoogwerker op overweg

23 februari 2016 Dalfsen



Onderwerp: Eindrapport treinbotsing hoogwerker Dalfsen

Eigenaar: ProRail

Incidentnummer in Promise: 476410

Kenmerk Sharepoint: [VT20150049-844414331-2564](#)

Status: DEFINITIEF CONCEPT

Datum: 1 november 2016

Managementsamenvatting

Op 23 februari 2016 in de ochtend is een hoogwerker, na het uitvoeren van snoei- en kapwerkzaamheden, onderweg van de zuidzijde van overweg 16.7 Het Lage Veld naar een opstelplaats aan de noordzijde van die overweg. Daar zou de hoogwerker worden opgehaald met een dieplader. Om 08.45 uur diezelfde ochtend rijdt Arriva trein 13819 van Dalfsen richting Ommen. Om 08.48 uur botst de trein op overweg Het Lage Veld tegen de hoogwerker. De trein ontspoord, komt ongeveer 200 meter na de overweg tot stilstand en kantelt¹. De machinist van de trein komt om het leven. In de trein bevinden zich vijf reizigers en een steward. De steward en een reiziger worden per ambulance naar het ziekenhuis vervoerd, de andere reizigers worden ter plekke behandeld. De bestuurder van de hoogwerker verlaat tijdig zijn voertuig, is niet lichamelijk gewond, wel getraumatiseerd door dit incident.

Onderzoek

In afstemming met de Inspectie Leefomgeving & Transport (ILT) en de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OvV) heeft ProRail haar onderzoek uitsluitend gericht op de invloed van de infrastructuur op de wijze van ontsporen van de trein na de botsing met de hoogwerker (de escalatie). Een dergelijke escalatie na een botsing tussen een trein en een hoogwerker is niet eerder voorgekomen op het Nederlandse spoor.

Naast het onderliggende onderzoek, heeft de ILT in afstemming met ProRail de werking van de betreffende overweg onderzocht en heeft de OvV onderzoek gedaan naar de toedracht van het incident zelf, de oversteek door de hoogwerker, de botsbestendigheid van de trein en overwegveiligheid. De bevindingen en conclusies zijn in de rapporten van de ILT, respectievelijk de OvV vastgelegd.

Conclusies

De botsing van dit type trein tegen dit type hoogwerker is nooit eerder voorgekomen op het Nederlandse spoor. De botsing is veroorzaakt doordat de hoogwerker ten minste 71 seconden nodig heeft om de overweg passeren, terwijl de trein op baanvaksnelheid 32 seconden na aankondiging op de overweg is. De wijze waarop de trein vervolgens ontspoord en kantelt (de escalatie) is een gevolg van de manier waarop de motorplaat van de hoogwerker klem raakt onder de treincabine tijdens de botsing met 131 km/uur. De wrakstukken van de hoogwerker en trein botsen met een snelheid van 108 km/uur tegen een bovenleidingpaal waarna de trein ontspoord en de cabine wordt vernietigd. Bij de ontsporing wordt de hoek tussen de wagens van de trein groter dan gespecificeerd waardoor krachten ontstaan die de trein doen kantelen.

Geconcludeerd wordt dat de overweg goed heeft gefunctioneerd en dat de afstand van de bovenleidingmast tot het spoor voldoet aan de gestelde eisen. De technische staat van de infrastructuur heeft geen bijdrage geleverd aan (de escalatie van) dit incident. Op basis van deze conclusie heeft ProRail op dit punt geen aanvullende maatregelen geformuleerd².

¹ Zie de luchtfoto van het incident op de voorpagina.

² Mogelijk dat de resultaten van de onderzoeken van de ILT en de OvV wel aanleiding zijn voor ProRail om maatregelen te formuleren.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	2
1 Inleiding	4
1.1 Aanleiding	4
1.2 Vooronderzoek	4
1.3 Onderzoeksopdracht	4
2 Analyse van het incident.....	5
2.1 Aankondiging van de trein bij nadering van de overweg	5
2.2 Het gebruik van de overweg door de hoogwerker	5
2.3 De remming van het treinstel, impactsnelheid van de botsing.....	6
2.4 De botsing van de trein met de hoogwerker op de overweg.....	7
2.4.1 De telescoopmast van de hoogwerker slaat tegen de zijkant van de trein	9
2.5 De botsing van de hoogwerker tegen bovenleidingpaal 16/12	9
2.6 De ontsporing van het voorste draaistel van de trein.....	10
2.7 De botsing van het ontspoorde treinstel tegen bovenleidingpaal 16/13.....	10
2.8 De ontsporing van het tweede draaistel van de trein.....	10
2.9 Het kantelen van het treinstel	11
3 Conclusies	12
Bijlage 1 – Technische informatie.....	13
1. Beschrijving van het incident.....	13
2. Plaats van het incident	13
3. Datum, tijd en weer	14
4. Zonstand ten opzichte van de voertuigen 23 februari 2016 08:45 uur	14
5. De hoogwerker	15
5.1 De hoogwerker onderweg naar de boom.....	15
5.2 Relevante beschadigingen van de hoogwerker	16
6 Het treinstel van Arriva.....	18
6.1 Relevante schadesporen van het treinstel	18
7 Overweg 16.7 Het Lage Veld	22
7.1 Geregelde voorrang Het Lage Veld	22
8 De bovenleidingconstructie voorbij de overweg	23
9 Sleepspoor van de magneetrem	23
10 Overzicht gevonden delen van de hoogwerker, trein en infrastructuur	25

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Op 23 februari 2016 rijdt een trein van Arriva te Dalfsen tegen een hoogwerker op een spoorwegovergang. De machinist van de trein komt om het leven. In de trein bevinden zich vijf reizigers en een steward. De steward en een reiziger worden per ambulance naar het ziekenhuis vervoerd. De schade aan materieel en infra is groot.

1.2 Vooronderzoek

Trein 13819 botst tegen de hoogwerker doordat de hoogwerker de overweg niet tijdig heeft verlaten na het in werking komen van de overweg. De overwegbeveiliging (AHOB) werkt conform de specificaties. Tijdens het vooronderzoek is de exacte toedracht van het incident en de daarop volgende ontsporing en kanteling van de trein niet vastgesteld.

1.3 Onderzoeksopdracht

Doel van het onderzoek

Zo nauwkeurig mogelijk beschrijven van de toedracht, inclusief de ontsporing en kanteling van de trein en benoemen van de infra-gerelateerde oorzaken³ van dit incident.

Onderzoeksvraag

Waardoor ontstaat de ontsporing en het kantelen van de trein?

³ Infra-gerelateerde oorzaken zijn bijvoorbeeld oorzaken op het gebied van de ligging van de infra, het functioneren van infrasystemen (waaronder wissels en bovenleiding) en het functioneren van beveiligingssystemen (waaronder de seinen en overwegenbeveiliging).

2 Analyse van het incident

De toedracht van het incident is hieronder beschreven in drie fasen, de botsing, de ontsporing en het kantelen van het treinstel. Achtereenvolgend worden de volgende aspecten geanalyseerd:

1. Aankondiging van de trein bij nadering van de overweg;
2. Het gebruik van de overweg door de hoogwerker;
3. De remming van het treinstel;
4. De botsing van de trein met de hoogwerker op de overweg;
5. De botsing van de hoogwerker tegen bovenleidingpaal 16/12;
6. De ontsporing van het voorste draaistel van de trein;
7. De botsing van het ontspoorde treinstel tegen bovenleidingpaal 16/13;
8. De ontsporing van het tweede draaistel van de trein;
9. Het kantelen van het treinstel.

2.1 Aankondiging van de trein bij nadering van de overweg



Figuur 1 en2. Het aankondigingsbord en de ES-las bij het aankondigingsbord AHOB 16.7.

Trein 13819 vertrekt om 08:45 uur van station Dalfsen. Bij nadering van overweg 16.7 Het Lage Veld passeert de trein het aankondigingsbord van deze overweg. Bij dat bord ligt een elektrische scheidelas (ES-las). Door de spoorbezetting na deze ES-las, valt het spoorrelais (TR) en vijf seconden later relais XR van de overwegbeveiliging af. Door het afvallen van XR gaan de rode lampen knipperen en dalen vijf seconden later de overwegbomen. Het dalen van de bomen duurt 12 seconden. Tien seconden later is de trein op de overweg. Totaal 32 seconden na het passeren van de ES-las. Om 08:48 uur botst trein 13819 tegen de hoogwerker op de geactiveerde overweg.

De afstand tussen de ES-las km 15,45 (-5") en de overweg 16.7 is 1.279 meter.

Trein 13819 met baanvaksnelsheid van 140 km/uur (39 m/s) doet daar 32,7 seconden over.

Bij de overweg zijn geen camera's geplaatst. De logging (in TOON) van de relais van de treinbeveiliging is gegroepeerd met andere spoorsecties. De beelden van de frontcamera van de trein worden telkens na een bepaalde tijd overgebracht naar een recorder. Omdat het camerasysteem defect raakt door de botsing, zijn geen beelden vastgelegd van het passeren van de overweg door de hoogwerker en de botsing met de trein. De werking van de overweg kan, door het ontbreken van deze gegevens, niet direct worden gecontroleerd. Om vast te stellen of de overweg conform geldende specificaties heeft aangekondigd bij nadering van trein 13819 is, in aanwezigheid van de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), een reconstructierit met een ander treinstel uitgevoerd op 31 maart 2016. Daarbij zijn ook de relais beoordeeld en de kabels gemeten. Uit deze reconstructie, meting en beoordeling blijkt dat de overweg conform specificaties heeft gewerkt en dat de specificaties correct zijn opgesteld.

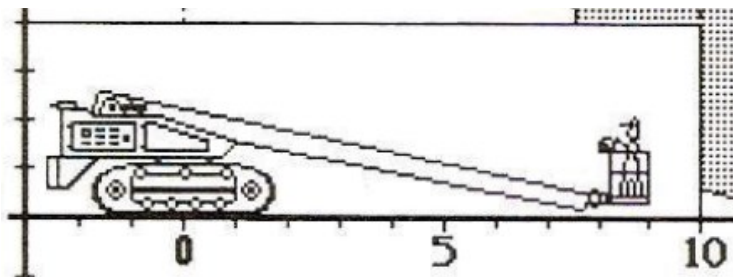
2.2 Het gebruik van de overweg door de hoogwerker

Voor het aan- en afvoeren van de hoogwerker is gekozen voor de route via de overweg Het lage veld. Een alternatieve route is beschikbaar. Aan de zuidzijde van de overweg kan op de hoek van Het Lage Veld met de Hammerweg de hoogwerker van de dieplader af en dan naar de tuin bij huisnummer 3 rijden. De dieplader blijft dan op de verharde Hammerweg (zie bijlage 1 – Technische informatie). In

plaats daarvan wordt op 22 februari 2016 (de dag voor het incident) de hoogwerker aan de noordzijde van de overweg van de dieplader gereden en moet dan via de overweg naar huisnummer 3. Bewust van de trage gang van de hoogwerker, wacht de bestuurder van de hoogwerker het passeren van een trein af omdat daarna de maximale tijd beschikbaar is tussen twee treinen op dit enkelspoor om de overweg te passeren⁴.

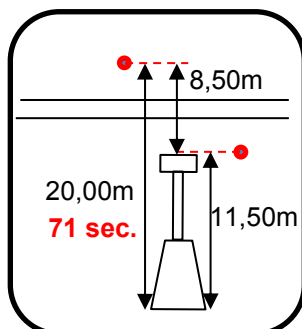
De beelden van de frontcamera van de voorafgaande trein 13832 op 23 februari 2016 laten zien dat de hoogwerker aan de zuidzijde van de overweg geparkeerd staat, de werkbak niet in de rijrichting, ongeveer 6,5 meter voor de overweg, naast het hek van de tuin waar de boom is gekapt. De bestuurder staat niet bij de hoogwerker maar verderop in de tuin.

Tussen trein 13832 en trein 13819 op de overweg, verstrijken 354 seconden (5'54"). Voldoende tijd (> 71 seconden) voor de hoogwerker om de overweg te passeren, maar tijd verstrijkt om naar de hoogwerker te lopen, deze te starten, de telescoopmast in de rijrichting te brengen en naar de overweg te rijden.



De hoogwerker is 11,50 meter lang. De afstand tussen de overwegbomen aan de noord- en zuidzijde van de overweg is 8,50 meter. De maximumsnelheid van de hoogwerker is 0,28 m/s.

Figuur 3. Onderdeel van de tekening uit de belastingtabel van de hoogwerker.



De hoogwerker heeft met maximumsnelheid (0,28 m/s) vanaf de zuidelijke overwegboom tot voorbij de noordelijke overwegboom, $20 \text{ m} / 0,28 \text{ s} = 71$ seconden nodig om met de hoogwerker de overweg geheel te passeren. Als zich tijdens het passeren van de overweg door de hoogwerker een trein aankondigt kan de hoogwerker de overweg niet tijdig vrijmaken, omdat 32 seconden na treinaankondiging deze op de overweg is.

Figuur 4. Berekening benodigde tijd om met de hoogwerker het spoor over te steken.

De hoogwerker is aangereden door de trein omdat de beschikbare tijd tussen twee treinen niet alleen/volledig is gebruikt om te passeren, maar ook om voorbereidende handelingen te verrichten om naar de overweg te rijden. Als de hoogwerker uiteindelijk op de overweg rijdt, kondigt trein 13819 zich aan met het in werking treden van de bellen en de knipperende rode lampen. De bestuurder rijdt verder, maar verlaat de werkbak als hij de trein op volle snelheid ziet naderen. De noordelijke overwegboom daalt op de giek van de hoogwerker. De bestuurder verklaart dat dit ongeveer vier seconden voor de botsing was.

2.3 De remming van het treinstel, impactsnelheid van de botsing

⁴ Bron: Verklaring bestuurder hoogwerker.



Op de spoorstaven zijn vanaf 115 meter voor de overweg sleepsporen gevonden van de magneetrem, die actief wordt bij een snelremming. De kop van de trein bevindt zich 51 meter voor de magneetrem, dus $(115 - 51 =) 64$ meter voor de overweg.

De snelheid van de trein neemt in 115 meter af van 140 km/uur naar 131 km/uur. Bij die snelheid vindt de botsing met de hoogwerker op de overweg plaats, 2,6 seconden nadat de snelremming het sleepspoor achterlaat op de spoorstaven.

Figuur 5. Begin van het sleepspoor van de magneetrem.

2.4 De botsing van de trein met de hoogwerker op de overweg



Uit de onderzochte wrakstukken is af te leiden op welke wijze het treinstel in botsing is gekomen met de hoogwerker.

Het treinstel raakt met de elektrische koppeldoos van de automatische koppeling de motorplaat van de hoogwerker, het witte draaibare deel waar de telescoopmast op staat.

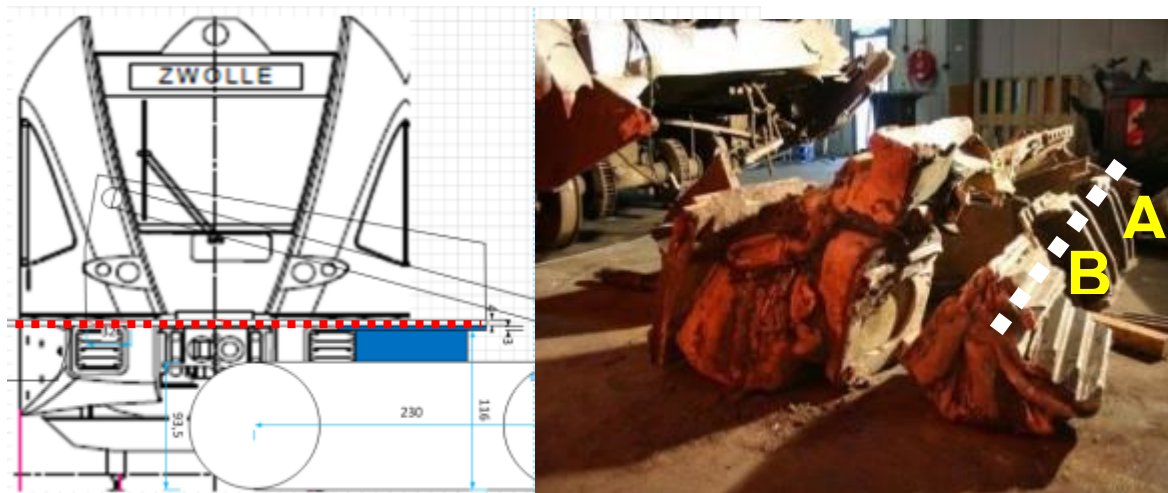
De elektrische koppeldoos is volledig vernield⁵.

De linker crashbuffer raakt de rupsband van de hoogwerker.

De rechter crashbuffer raakt de motorplaat, vlak naast het contragewicht. De witte stippellijn geeft de positie van de motorplaat aan. Het mechanische deel van de koppeling is, afgezien van gevolgschade, vrijwel intact.

Figuur 6. Eerste contact tussen trein en hoogwerker (in beeld gebracht bij de achterste cabine).

⁵ De koppeldoos is niet teruggevonden tussen de wrakstukken.



Figuur 7. Reconstitutie van de beschadigde treinonderdelen te Meppel (stippellijn inslag van de motorplaat).

Door de botsing van de motorplaat tegen de rechter crashbuffer, vervormt deze samen met de daarachterliggende crashzone in opwaartse richting. De linker crashbuffer en crashzone raakt de rupsband en het achterste loopwiel daarvan. De linker crashbuffer en crashzone vervormen in neerwaartse richting. De twee montagesteunen A en B in het midden worden geraakt. Tot daar is de motorplaat onder de treincabine binnengedrongen.

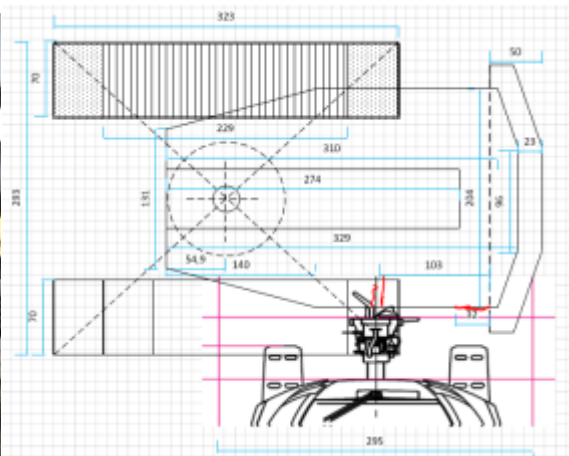
Tussen en iets voor de montagesteunen bevindt zich de scharnierbout van de automatische koppeling. De koppen van drie van de vier borgbouten van de scharnierbout zijn afgeschoven.



Figuur 8. Reconstructie van de botsing motorplaat met scharnier van de automatische koppeling.

Op de motorplaat zijn twee sleepsporen aangetroffen die overeenkomen met de afstanden tussen de borgbouten van de scharnierbout van de automatische koppeling. Daarnaast is ook de inslag zichtbaar tegen montagesteun A. De motorplaat is in het rechter plaatje transparant geprojecteerd tegen de onderzijde van de gekantelde B wagen van het treinstel.

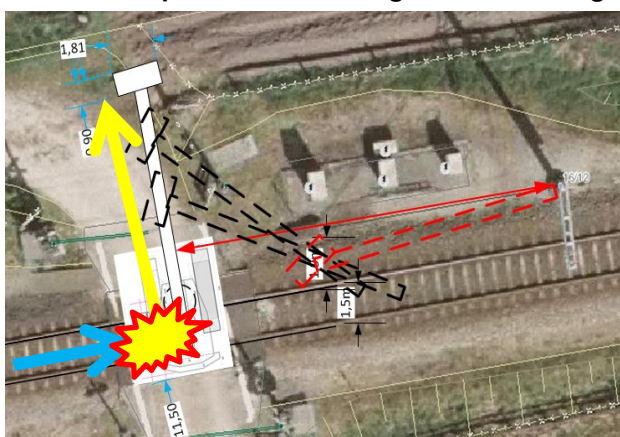
Het rupsonderstel, dat breder is dan de motorplaat, raakt de baanruimer van het treinstel.



Figuur 9. De rechter crashbuffer raakt onder de motorplaat in de hoek bij het contragewicht.

Op het contragewicht van de motorplaat zijn verfsporen van de crashinrichting van de trein zichtbaar. De motorplaat is in opwaartse richting vervormd. Beide crashbuffers en crashzones zijn onder de motorplaat terechtgekomen. De motorplaat bevindt zich dus onder de cabine en op de crashbuffers. Het rupsonderstel bevindt zich tegen de baanruimer, hangend aan de 16 bouten van de draaikrans, onder de motorplaat. In deze positie wordt de hoogwerker van 20 ton meegevoerd met het treinstel van 86 ton. Na de botsing verplaatst zich een massa van 106 ton.

2.4.1 De telescoopmast van de hoogwerker slaat tegen de zijkant van de trein



Door de versnelling die de hoogwerker krijgt tijdens de botsing, draait de telescoopmast van de hoogwerker naar de trein. Omdat de bok van de hoogwerker hoger is dan de werkbak roteert bovendien de mast verticaal om zijn zwaartepunt. Daardoor komt de werkbak op zijn kop tegen de zijwand van de trein terecht en breekt door de klap gedeeltelijk los van de mast. De mast schraapt daarbij een deel uit de aluminium zijwand van de trein. Delen van de zijwand zijn teruggevonden in de kop van de mast aan de kant van de werkbak. In figuur 40 is deze beweging in beeld gebracht.

Figuur 10. Draaibeweging van de mast van de hoogwerker tegen de zijwand van wagen A.

Van de overweg is slechts de noordelijke overwegboom beschadigd. Door de combinatie van de voorwaartse en draaibeweging van de mast van de hoogwerker is dat verklaarbaar. Vastgesteld is ook dat daarna het ankerblok van bovenleidingpaal 16/12 geraakt wordt door het rupsonderstel.

2.5 De botsing van de hoogwerker tegen bovenleidingpaal 16/12

Uit de logging (ARR/TELOC) blijkt dat de snelheid van as 1 na de botsing in 9,1 meter terugloopt van 131 km/uur naar 107 km/uur. De hoogwerker voorop de trein komt na 9,1 meter (0,28 seconden) in botsing met bovenleidingpaal 16/12. Bij deze botsing ontstaat snelheidsverschil tussen as 1 en as 5. Op dat moment ontspoord de trein.

Bovenleidingmast 16/12 staat 13 meter vanaf de rand van de overwegvloer. Het verschil van 3,9 meter kan worden verklaard door de afmetingen van de wrakstukken van de hoogwerker aan de voorkant van de trein.

De motorplaat met daarop de telescoopmast van de hoogwerker steekt aan de linkerkant uit buiten het omgrenzingsprofiel van de trein. De motorplaat (of de vervormde mast) botst tegen bovenleidingpaal 16/12. Bovenleidingpaal 16/12 is op ongeveer anderhalve meter hoogte dubbelgevouwen om de mast van de hoogwerker. Door deze botsing wordt het funderingsblok uit de grond getrokken en breekt de bovenleidingmast af boven de mastvoet. De mastvoet is samen met het funderingsblok teruggevonden.

De reactiekracht van deze botsing werkt uit tot onder de cabine van het treinstel, waar de motorplaat klem zit onder de cabinevloer. Het funderingsblok komt in zijn geheel uit de grond omhoog en drukt daarbij de wrakstukken van de botsing omhoog.

2.6 De ontsporing van het voorste draaistel van de trein

De wielflenzen verliezen het contact met de spoorstaven. Het treinstel ontspoord naar de noordzijde door de drukkrachten aan de linkerkant. De kracht van deze botsing, overgebracht via de motorplaat, is zo groot dat de complete cabine wordt losgerukt van het chassis van het treinstel. De cabine wordt omhoog geslingerd en komt in onderdelen aan de noordzijde van het spoor terecht. Van de hoogwerker breken alle zware componenten op de motorplaat af. De motorplaat zelf breekt los van het rupsonderstel. Het rupsonderstel raakt de baanruimer, die afbreekt en aan de noordzijde naast het spoor terechtkomt. Het rupsonderstel wordt 'gelanceerd' door het draaistel en komt achterstevoren aan de zuidzijde naast het spoor terecht.

Door de botsing van de wrakstukken (de trein en hoogwerker) tegen bovenleidingpaal 16/12 wordt de trein opgetild en ontspoord. Het voorste draaistel van het treinstel komt naast het spoor terecht en beschrijft een boog door het naastgelegen weiland. De zijwaartse beweging van wagen A wordt begrensd door de koppeling aan de daarachter rijdende tussenwagons D. Omdat wagen D nog niet is ontspoord, wordt het spoor met daarop wagen D naar de noordzijde getrokken.

2.7 De botsing van het ontspoorde treinstel tegen bovenleidingpaal 16/13



Figuur 11. Inslag bovenleidingmast 16/13 en giek hoogwerker tegen zijwand wagen A.

De voorkant van wagen A passeert bovenleidingpaal 16/13 aan de rechterzijde, het spoor ligt aan de zuidzijde (rechts) daarvan. Wagen A botst tegen bovenleidingpaal 16/13 die daardoor afbreekt en onder het draaistel van wagen D, gekoppeld aan de achterzijde van wagen A, terechtkomt.

2.8 De ontsporing van het tweede draaistel van de trein

Wagen D ontspoord en voert de bovenleidingmast 16/13 aan de onderzijde van de wagen een aantal meters mee. Het draaistel van wagen D beschrijft nu ook een boog in het weiland aan de noordzijde naast het spoor. Wagen C drukt de afgebroken bovenleidingmast 16/13 naar de linkerkant (noordzijde) van het spoor.

2.9 Het kantelen van het treinstel



Figuur 12. De hoeken van de wagens raken elkaar in de uiterste stand van de koppeling.

Doordat zowel wagen A als wagen D naar aan de noordzijde ontspoord zijn, wordt wagen C op zijn draaistel gedwongen de hoek van wagen D te volgen. De koppeling tussen wagen B en wagen C komt in zijn uiterste stand.



Figuur 13. Bovenleidingmast 16/13 ligt onder de gekantelde wagen B.

Als de trein bijna stilstaat raken de kopwanden naast de koppelingen elkaar en ontstaan krachten die de hele trein op zijn linkerzijde doen kantelen. Wagen B valt om op bovenleidingsmast 16/13.

3 Conclusies

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvraag uit de onderzoeksopdracht.

Doel van het onderzoek

Zo nauwkeurig mogelijk beschrijven van de toedracht, inclusief de ontsporing en kanteling van de trein en benoemen van de infra-gerelateerde oorzaken⁶ van dit incident.

Onderzoeksvraag

Waardoor ontstaat de ontsporing en het kantelen van de trein?

Conclusie

De botsing van dit type trein tegen dit type hoogwerker is nooit eerder voorgekomen op het Nederlandse spoor. De botsing is veroorzaakt doordat de hoogwerker ten minste 71 seconden nodig heeft om de overweg passeren, terwijl de trein op baanvaksnelheid 32 seconden na aankondiging op de overweg is. De wijze waarop de trein vervolgens ontspoord en kantelt (de escalatie) is een gevolg van de manier waarop de motorplaat van de hoogwerker klem raakt onder de treincabine tijdens de botsing met 131 km/uur. De wrakstukken van de hoogwerker en trein botsen met een snelheid van 108 km/uur tegen een bovenleidingpaal waarna de trein ontspoord en de cabine wordt vernietigd. Bij de ontsporing wordt de hoek tussen de wagens van de trein groter dan gespecificeerd waardoor krachten ontstaan die de trein doen kantelen.

Geconcludeerd wordt dat de overweg goed heeft gefunctioneerd en dat de afstand van de bovenleidingmast tot het spoor voldoet aan de gestelde eisen. De technische staat van de infrastructuur heeft geen bijdrage geleverd aan (de escalatie van) dit incident. Op basis van deze conclusie heeft ProRail op dit punt geen aanvullende maatregelen geformuleerd⁷.

⁶ Infra-gerelateerde oorzaken zijn bijvoorbeeld oorzaken op het gebied van de ligging van de infra, het functioneren van infrasystemen (waaronder wissels en bovenleiding) en het functioneren van beveiligingssystemen (waaronder de seinen en overwegenbeveiliging).

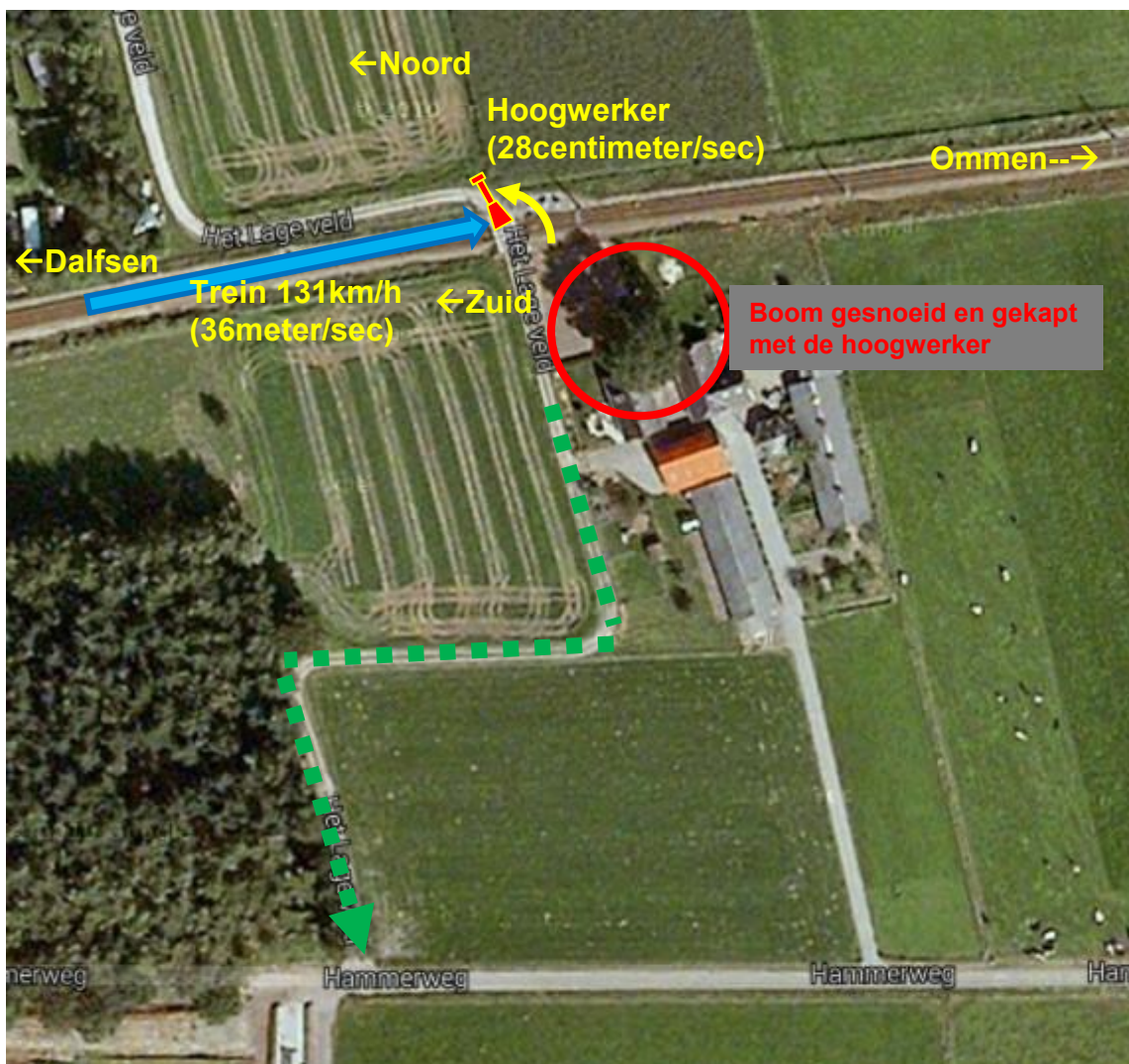
⁷ Mogelijk dat de resultaten van de onderzoeken van de ILT en de OvV wel aanleiding zijn voor ProRail om maatregelen te formuleren.

Bijlage 1 – Technische informatie

1. Beschrijving van het incident

Op 23 februari 2016 in de ochtend is een hoogwerker, na het uitvoeren van snoei- en kapwerkzaamheden, onderweg van de zuidzijde van overweg 16.7 Het Lage Veld naar een opstelplaats aan de noordzijde van die overweg. Daar zou de hoogwerker worden opgehaald met een dieplader. Om 08.45 uur diezelfde ochtend rijdt Arriva trein 13819 van Dalfsen richting Ommen. Om 08.48 uur botst de trein op overweg Het Lage Veld tegen de hoogwerker. De trein ontspoord, komt ongeveer 200 meter na de overweg tot stilstand en kantelt⁸. De machinist van de trein komt om het leven. In de trein bevinden zich vijf reizigers en een steward. De steward en een reiziger worden per ambulance naar het ziekenhuis vervoerd, de andere reizigers worden ter plekke behandeld. De bestuurder van de hoogwerker verlaat tijdig zijn voertuig, is niet lichamelijk gewond maar wel getraumatiseerd door dit incident.

2. Plaats van het incident



Figuur b1. Overzicht incidentlocatie. (Bron: Google maps)

Figuur b1 toont de rijrichting en snelheid van de trein en de hoogwerker en geeft de plaats aan van de met de hoogwerker gekapte boom. De groene stippellijn geeft een alternatieve route aan waarbij de overweg niet hoeft te worden gepasseerd door de hoogwerker. Het eerste deel van de alternatieve route is een onverharde weg met scherpe bochten.

⁸ Zie de luchtfoto van het incident op de voorpagina.

3. Datum, tijd en weer

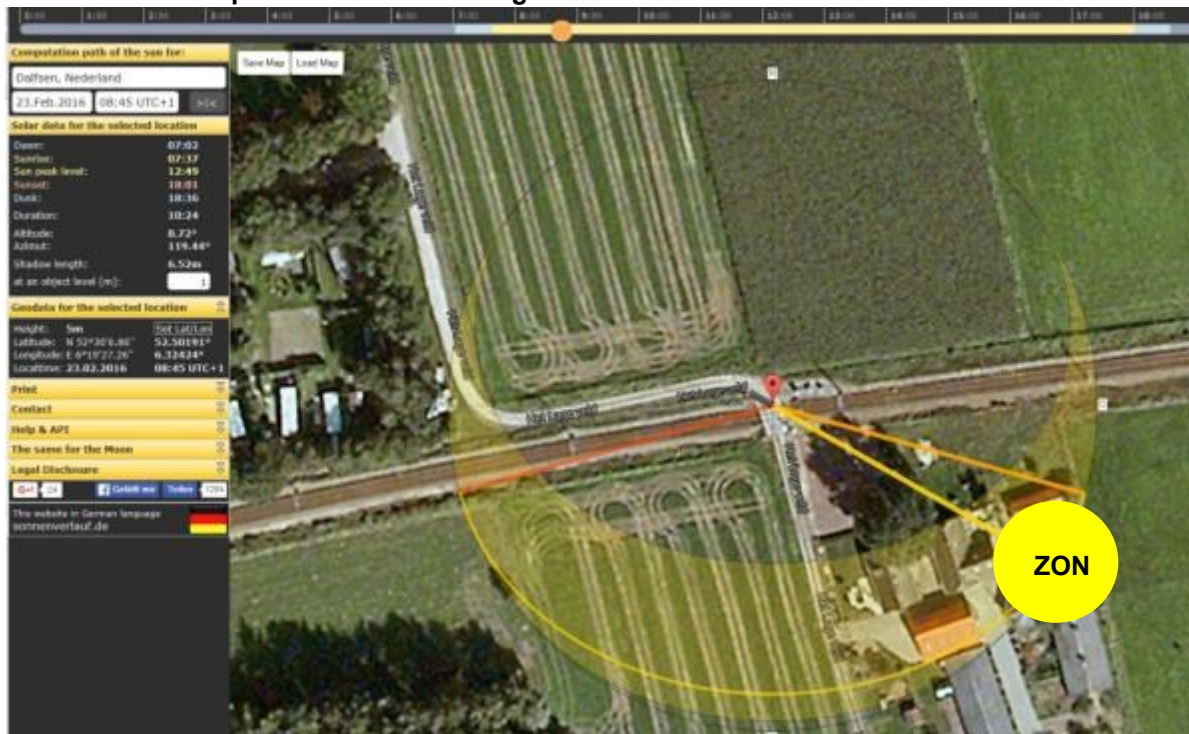
Het weer op dinsdag 23 februari 2016 te Heino

Temperatuur		Normaal	Neerslag	
Gemiddelde	3.3 °C	4.3 °C	Hoeveelheid	< 0.05 mm
Maximum	8.2 °C	7.7 °C	Duur	0.0 uur
Minimum	0.0 °C	1.0 °C		
Zon, bewolking & zicht			Wind	
Duur zonneshijn	7.6 uur		Gemiddelde snelheid	3.3 m/s = 2 Bft
Rel. zonneshijnduur	73 %	-	Maximale uurgemiddelde snelheid	6.0 m/s = 4 Bft
Gem. bedekkingsgraad	- octa's		Maximale stoot	12.0 m/s
Minimaal zicht	- km		Overheersende richting	269 ° = W
Relatieve luchtvochtigheid			Luchtdruk	
Gemiddelde	88 %	-	Gemiddelde luchtdruk	- hPa

Figuur b2. Klimatologiegegevens meetstation Heino 23 februari 2016. (bron: KNMI)

De afstand van weerstation Heino tot de overweg is 10 kilometer hemelsbreed, het dichtstbijzijnde meetpunt van de KNMI.

4. Zonstand ten opzichte van de voertuigen 23 februari 2016 08:45 uur



Figuur b3. Stand van de zon ten opzichte van de overweg. (bron: www.suncalc.org)

De zon schijnt in de richting van de trein vanuit een horizontale hoek van ongeveer 45° rechtsvoor, met een verticale hoek van 8,72° ten opzichte van de horizon. Voor de bestuurder van de hoogwerker staat de zon schuin achter hem. Figuur 3 geeft daarvan de feiten weer. Uit de klimatologische gegevens en het weer ter plaatse blijkt dat het op dat tijdstip vrijwel onbewolkt was.

5. De hoogwerker



De hoogwerker betreft een machine van fabrikant GROVE, type MZ90CR (bron: typeschildje). De totale massa van dit voertuig is 19.598 kg. De massa is ongeveer als volgt verdeeld⁹:

- 6.000 kg het onderstel met de rupsbanden;
- 6.500 kg het draaideel met contragewicht;
- 3.000 kg de arm met de bak.

Breedte (over de rupsbanden): 2,99 m.

Lengte van bak tot contragewicht: 11,5 m.

Hoogte bovenkant draaikrans: 1,16 m.

De maximumsnelheid is ongeveer 1 km/uur. De

hoogwerker is op grond van artikel 5.7.7. lid 4

Regeling voertuigen (maximaal toegestane totale massa) niet toegelaten tot de openbare weg en heeft voor het zelfstandig passeren van overweg Het Lage Veld geen ontheffing.

Figuur b4. De hoogwerker. (Bron: website van den Brink kraanverhuur)

5.1 De hoogwerker onderweg naar de boom



Op 22 februari 2016 (de dag voor het incident) om 09:11 uur rijdt de hoogwerker op Het Lage Veld in de richting van overweg 16.7.

De hoogwerker wordt bediend vanuit de werkbak die zich vooraan in de rijrichting bevindt omdat de bestuurder anders geen overzicht heeft over de te berijden weg.



Op deze dag is de hoogwerker de overweg gepasseerd naar de zuidzijde om daar werkzaamheden uit te voeren.

Figuur b5. Hoogwerker op 22 februari 2016, 09:26 uur. (bron: Frontcamera trein 13834)



Op 23 februari 2016 om 08:43 uur staat de hoogwerker aan de zuidzijde van de overweg geparkeerd op ongeveer 6,5 meter afstand van de overwegpaal. De werkbak bevindt zich aan de zuidzijde van de hoogwerker.

Om 08:48 uur vindt de botsing plaats tussen de trein van Arriva en de hoogwerker die zich dan met de werkbak aan de noordzijde op de overweg bevindt.

De frontcamera van de botsingstrein 13819 is door het incident dermate beschadigd dat beelden van het passeren van de overweg door de hoogwerker niet beschikbaar zijn.

Figuur b6. Hoogwerker op 23 februari 2016. (bron: frontcamera trein 13832)

⁹ Bron: Weging door bergingskraan

5.2 Relevante beschadigingen van de hoogwerker

Tijdens het onderzoek is de hoogwerker in een aantal onderdelen teruggevonden. De voor de toedracht relevante delen, hun beschadigingen en hun vindplaats worden hieronder toegelicht.

5.2.1 Het rupsonderstel



Figuur b7. Het rupsonderstel van de hoogwerker.

Het rupsonderstel is aan de zuidzijde naast het spoor aangetroffen. De rupsband die werd aangereiden door de trein ontbreekt. Het rechterdeel van de draagbalk met de loopwielen is naar achteren gedrukt in de richting van de andere, niet beschadigde, rupsband. De blauwe verticale ton waarop de draaikrans rust heeft alleen inslagschade aan deze zijde. Van de 16 bouten in de draaibare ring rond de tandwielkrans zijn vijf omgebogen en gebroken, de andere 11 bouten zijn rechtstandig afgebroken met een geweldbreuk. De rupsband aan de botsingszijde ontbreekt, de andere is vrijwel onbeschadigd.

5.2.2 De 'motorplaat'



Figuur b8. De 'motorplaat' van de hoogwerker.

De getoonde onderzijde van de motorplaat was bevestigd op de stalen ring van het rupsonderstel door de nu afgebroken bouten. De telescooparm, de dieselmotor, de hydrauliekpomp, het stroomaggregaat en alle bedienapparaatuur bevinden zich niet meer op de motorplaat. Rechts op de foto is de botsingszijde met de trein te zien. Op de motorplaat zijn relevante sporen te vinden die, door analyse samen met andere wrakstukken, de toedracht van het incident verklaren.



Figuur b9. De 'bok' op de motorplaat bevat een afgebroken deel van de giek met werkbak.

Aan de bovenzijde van de motorplaat bevindt zich de zogenoemde bok. In de bok, foto hieronder, is het draaipunt te zien met een afgebroken deel van de telescooparm met werkbak.



5.2.3 De telescooparm met werkbak



Figuur b10. Afgebroken deel giek met werkbak.

Het resterende deel van de telescooparm is gevonden samen met een plaatwerkonderdeel van de hoogwerker tegen de van de voetplaat afgebroken bovenleidingmast 16/12. Deze delen liggen aan de zuidzijde van het spoor. Aan de kant van de werkbak is te zien (zie inzet) dat de mast aluminiumdelen van de zijwand van het treinstel bevat. Deze zijn ingeslagen aan de kant van de werkbak die zelf ook is beschadigd door een botsing tegen de zijwand van de trein.

5.2.4 De dieselmotor en het stroomaggregaat



Figuur b11. Vindplaats van de dieselmotor en het stroomaggregaat.

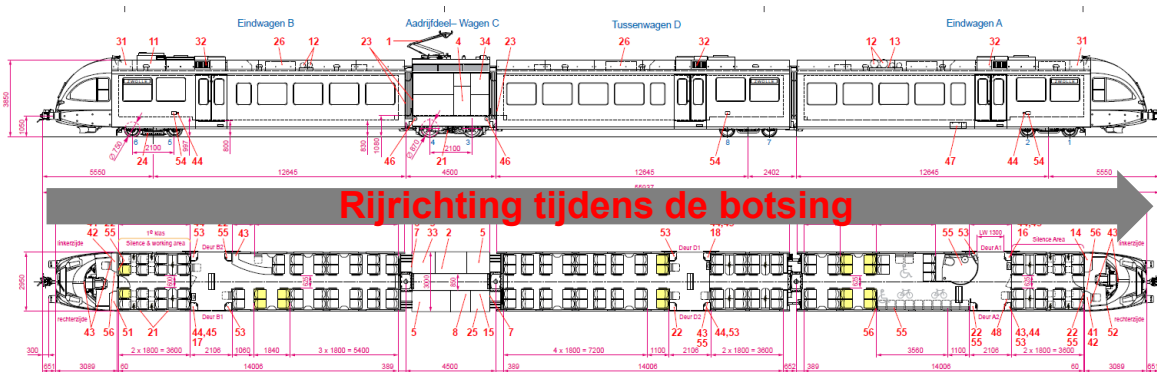
De dieselmotor en het stroomaggregaat van de hoogwerker zijn afgebroken / los gekomen van de motorplaat en zijn iets verderop gevonden in de buurt van de telescoopmast van de hoogwerker.

6 Het treinstel van Arriva



Een Stadler GTW EMU 2/8 treinstel, bouwjaar 2012, bestaat uit vier voertuigen. In drie daarvan kunnen, naast staanplaatsen, in totaal 173 reizigers worden vervoerd op zitplaatsen 1^e klasse (16), 2^e klasse (139) en opklapzittingen (18). Het tussendeel (C) is de motorwagen. Het totaalgewicht van het treinstel is 86 ton. De lengte over de buffers is 55,94 meter. De maximumsnelheid is 140 km/uur. Het treinstel is uitgerust met twee frontcamera's in wagen A en B. Wagen A komt in botsing met de hoogwerker.

Figuur b12. Stadler GTW EMU 2/8 treinstel van Arriva. (bron: website Wikipedia)



Figuur b13. Opbouw, indeling en afmetingen van een Stadler GTW2/8 treinstel. (Bron: Arriva)



Eindwagen B en tussenwagen D zijn ter weerszijden van motorwagen C "opgehangen". Eindwagen A is "opgehangen" aan de tussenwagen D. Ieder voertuig heeft één draaistel. Het draaistel onder de motorwagen is voorzien van twee motoren. Het draaistel onder wagen B is

voorzien van magneettremmen. De ophangkoppelingen zijn zodanig vormgegeven dat het treinstel zich door genormeerde horizontale en verticale bogen kan bewegen. Wanneer de hoek tussen de voertuigen de norm overschrijdt, ontstaan grote krachten op beide voertuigen ter weerszijden van hun koppeling. Tijdens de ontsporing is daarvan sprake.

6.1 Relevante schadesporen van het treinstel

6.1.1 De automatische koppeling



Figuur b14. De automatische koppeling op zijn vindplaats te Dalfsen en na berging te Meppel.

De automatische koppeling van wagen A is aan de voorkant van de trein het meest uitstekende onderdeel, het steekt meer naar voren dan de crashbuffers. Opvallend is de relatief geringe

beschadiging van deze koppeling. Deze koppeling kwam terecht in de vrije ruimte onder de motorplaat.



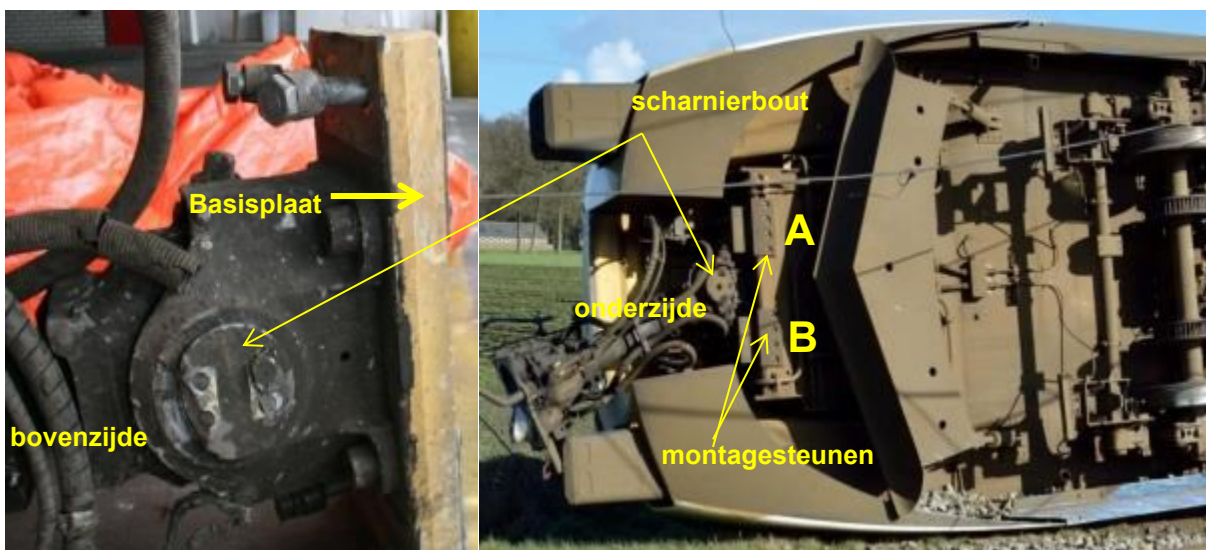
Figuur b15. Bevestigingsbouten van de koppeldoos zijn afgebroken (foto links is de achterste koppeling ter plaatse).

De elektrische koppeldoos van de voorste koppeling ontbreekt en is niet teruggevonden tussen de wrakstukken. De vier afgebroken bevestigingsbouten van deze koppeldoos zijn nog op hun plaats aanwezig in de mechanische koppeling.



De trekboom van de automatische koppeling is voorzien van vervormingselementen om een eventuele botsing op te vangen. Ter controle bij onderhoud van het ongebruikt zijn van deze elementen, bevindt zich een zaagsnede rondom de trekboom. Als deze niet zichtbaar meer is, is het element inwendig in elkaar gedrukt. Van de bij de botsing betrokken koppeling is het element onvervormd. Dat wil zeggen dat de mechanische koppeling geen grote krachten heeft opgevangen. Dat is mogelijk doordat de koppeling in de vrije ruimte onder de motorplaat terecht kwam.

Figuur b16. De automatische koppeling heeft geen grote krachten opgevangen.



Figuur b17. De scharnierbout aan de botsingszijde is aan de bovenkant geraakt door een wit voorwerp.

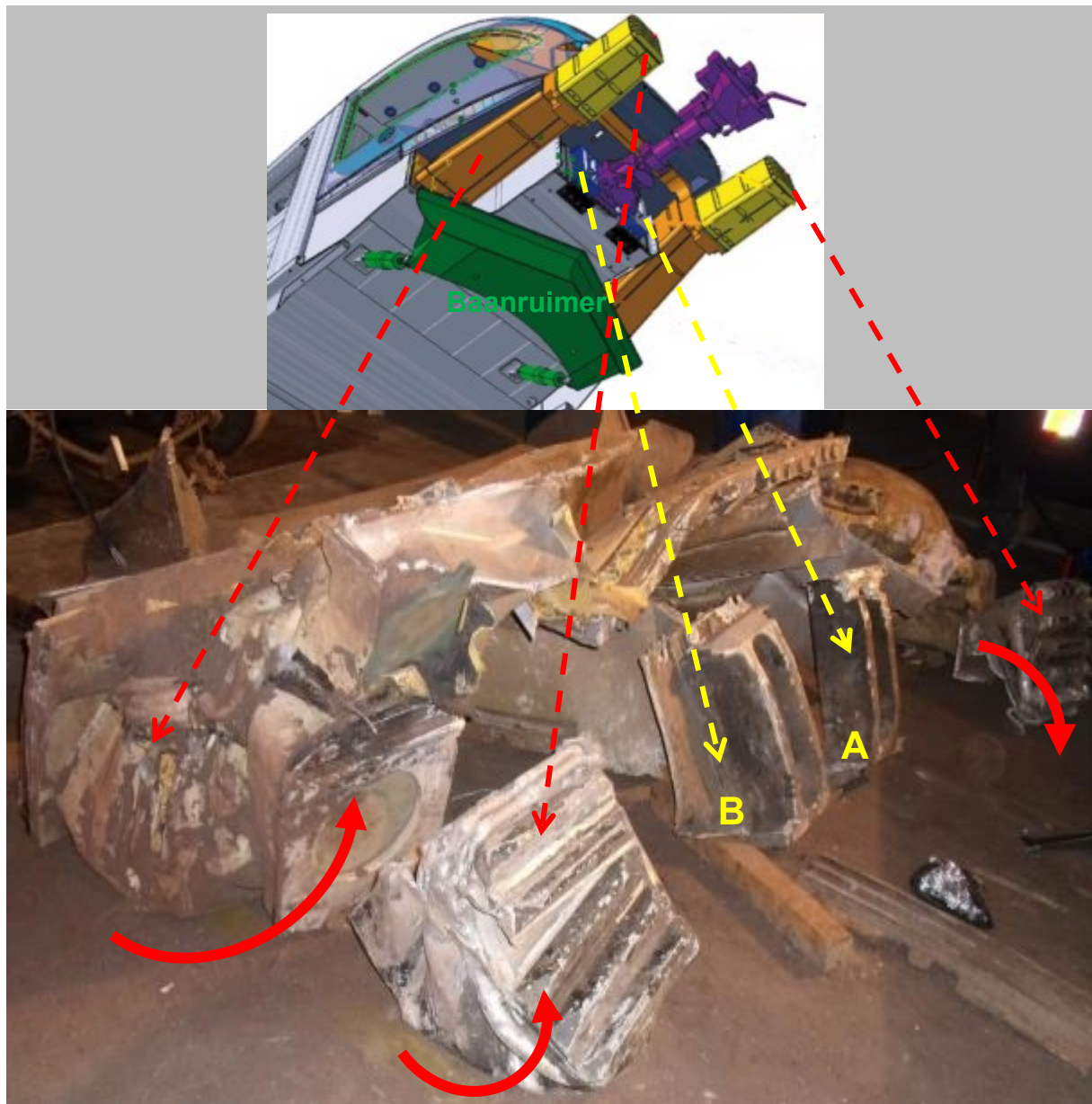
De scharnierbout van de automatische koppeling bevindt zich ongeveer midden onder de cabine. Drie van vier borgbouten die zich in de scharnierbout bevinden zijn afgebroken.



De gele basisplaat van de koppeling is met vier zogenoemde klembouten bevestigd achter de montagesteunen A en B. Vooral op montagesteun A is de inslag zichtbaar van een wit voorwerp. Montagesteun B is door een wit voorwerp geraakt, maar is minder beschadigd dan montagesteun A. In de montagesteunen zijn de bevestigingsgaten zichtbaar waarin zich de klembouten van de basisplaat hebben bevonden.

Figuur b18. Twee montagesteunen van de automatische koppeling.

6.1.2 De crashbuffers en crashzones



Figuur 19. Constructietekening en reconstructie van de crashzone en bevestiging automatische koppeling.

Het treinstel is te Meppel bij Arriva op volgorde van de oorspronkelijke plaats uitgesteld en onderzocht. De rechterbuffer is vervormd in achter- en opwaartse richting, de linker buffer is naar

achter en naar beneden vervormd. Aan de hand van de tekening uit het bedieningshandboek (bron: Arriva) is te zien waar de diverse onderdelen zich bevonden voor de botsing.

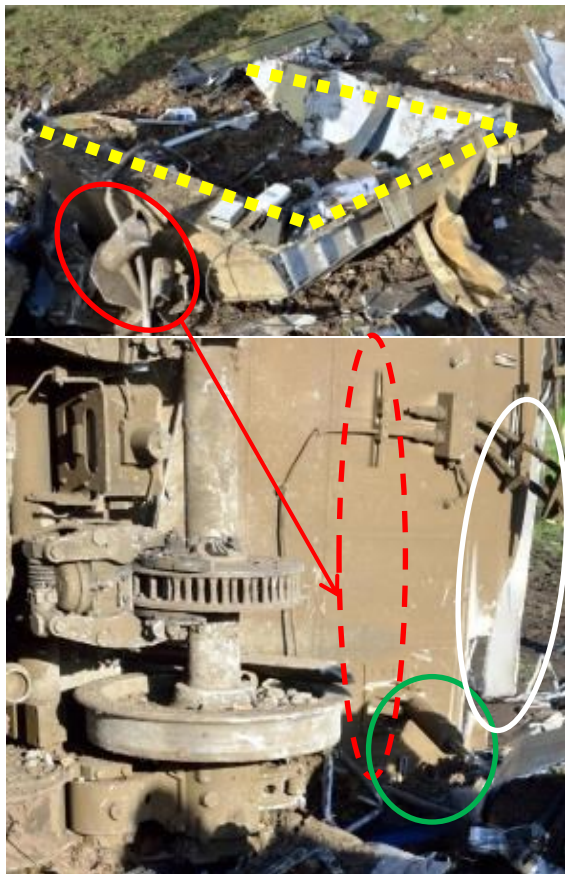
6.1.3 Baanruimer wagon A



De baanruimer van wagon A is aan de zuidzijde van het spoor teruggevonden tegen het tuinhok van de tuin waarin met de hoogwerker de boom is gesnoeid en gekapt. Aan de linkerkant van de baanruimer zijn blauwe verfsporen zichtbaar. De rechterhelft is wel vervormd, maar daar zijn minder verfsporen aangetroffen dan aan de linkerkant.

Figuur b20. De baanruimer van wagon A ligt tegen het tuinhok aan de noordzijde van het spoor.

6.1.4 Cabine wagon A, veiligheidskooi, draaistel



De cabine van wagon A is in onderdelen teruggevonden aan de noordzijde van het spoor, in de baan die wagon A heeft afgelegd na te zijn ontspoord.

De veiligheidskooi rond de voorruit is het meest herkenbare onderdeel.

Delen van de spoorstaafruimer van het voorste draaistel zijn op dezelfde plaats gevonden als de veiligheidskooi. In het rode ovaal delen van de spoorstaafruimer met ATB opneemspoelen. In de gestippelde ovaal de oorspronkelijke plaats van deze onderdelen, aan het voorste draaistel voor de botsing.

In de witte ovaal verfsporen afkomstig van de motorplaat van de hoogwerker.

In de groene cirkel een van de dempers waaraan de baanruimer was bevestigd.

Figuur b21. Veiligheidskooi en spoorstaafruimer voorzijde wagon A.

6.1.4 Zijwand aan de zuidzijde van wagon A



Aan de linkerkant van wagon A, ter hoogte van het eerste zijraam na de deur, is plaatschade ontstaan. Opgestroopte aluminiumdelen van dit deel van de zijwand zijn teruggevonden in de telescoopmast van de hoogwerker, aan de kant van de werkbak. De werkbak, die op zijn kop de zijwand raakte, heeft ook schadesporen veroorzaakt.

Figuur b22. Linkerzijwand wagon A.

7 Overweg 16.7 Het Lage Veld



Figuur b23. Overweg 16.7 Het Lage Veld in de rijrichting van de hoogwerker. (bron: Cyclorama/Railmaps/ProRail)

Overweg 16.7 Het Lage Vel is op 5 februari 2004 omgebouwd van Automatische Knipperlicht Installatie (AKI) naar (mini) Automatische Halve Overweg Bomen (AHOB). De overweg ligt in het enkelsporige baanvak Dalfsen-Ommen. Het Lage Veld betreft een onverharde openbare weg. De overweg heeft gefunctioneerd conform voorschriften. Dit is ook door de bestuurder van de hoogwerker verklaard. De zichtlijnen voldoen aan de daaraan te stellen normen. De baanvaksnelheid is 140 km/uur. De afstand tussen de gesloten overwegbomen is 8,5 meter. Vanaf het begin van de registratie (1975) zijn geen incidenten gemeld op deze overweg.

7.1 Geregelde voorrang Het Lage Veld



Figuur b24. Reglement Verkeersregels en Verkeerstekens (RVV) borden F5 en F6 regelen de voorrang bij tegenliggers.

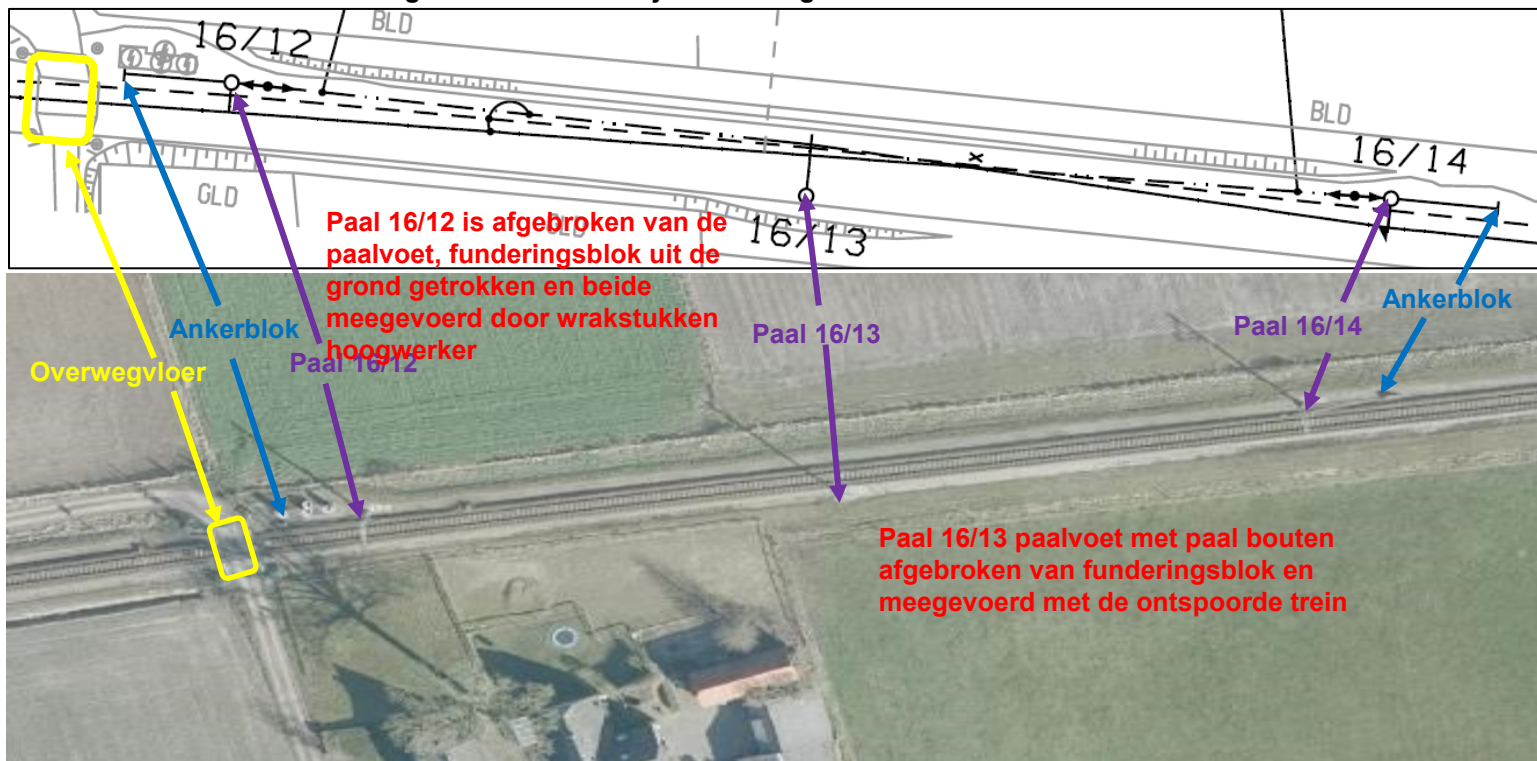


F5: Verbod voor bestuurders door te gaan bij nadering van verkeer uit tegengestelde richting



F6: Bestuurders uit tegengestelde richting moeten verkeer dat van deze richting nadert voor laten gaan

8 De bovenleidingconstructie voorbij de overweg



Figuur b25. Schematische voorstelling en luchtfoto Railmaps van de 'loop der bovenleiding'.

Gesloten spaninrichting

De draagconstructie van de bovenleiding kort na de overweg bestaat uit een zogenoemde gesloten spaninrichting. Drie masten, 16/12, 16/13 en 16/14, dragen de bovenleiding. Aan de masten 16/12 en 16/14 zijn spanwielen en gewichten gemonteerd om de rijdraad strak te houden met een trekkracht van 20 kN. Om te zorgen dat de reactiekracht de masten niet omver trekt zijn ter weerszijden van deze masten ankerblokken in de grond aangebracht die met trekschoren de masten rechtop houden.

Paal 16/12

Het ankerblok van paal 16/12 is geschaafd, de hijsogen van dat blok zijn platgedrukt. De trekschoren van het ankerblok naar de mast zijn gebroken. Het funderingsblok van paal 16/12 is uit de grond getrokken en 10 meter verderop teruggevonden. Paal 16/12 is zonder paalvoet, die zit nog aan het funderingsblok, dubbelgevouwen rond de giek van de hoogwerker teruggevonden.

Paal 16/13

Het funderingsblok van paal 16/13 zit nog op zijn plaats in de grond. De vier bouten waarop de paalvoet stond zijn afgebroken. Paal 16/13 is, compleet met paalvoet, teruggevonden onder de gekantelde wrakstukken van wagen D.

Paal 16/14

De fundering en paal 16/14 zijn niet geraakt door wrakstukken. De spaninrichting is van stand veranderd door het verdwijnen van palen 16/12 en 16/13. De bovenleiding hangt omlaag en maakt kortsluiting met het spoor via de wrakstukken. De stroomafnemer van de trein, die zich bevond op wagen C, hangt zwaar beschadigd aan de bovenleiding naast wagen B.

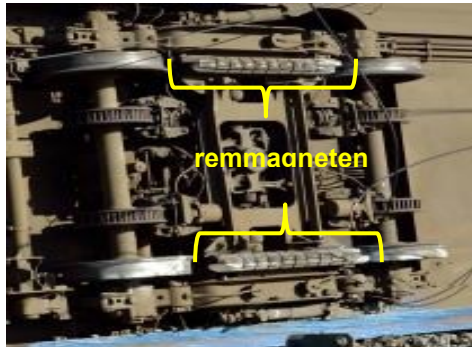
9 Sleepspoor van de magneetrem



Vanaf een afstand van 115 meter tot de overweg is op de spoorstaafkop een sleepspoor gevonden. Het sleepspoor is afkomstig van de magneetrem onder het achterste draaistel van het treinstel. Om 08:48:15 uur (bron ARR/TELOC) rijdt de trein 140 km/uur als de treinleidingdruk wegvalt door de

snelremming. 2,6 seconden later valt het signaal van de rijrichting uit. Dat is het impactmoment. De trein rijdt dan 131 km/uur. 9,1 meter na de eerste impact ontstaat snelheidsverschil tussen as 1 en 5.

Figuur b26. Sleepspoor magneetrem op de spoorstaaf.

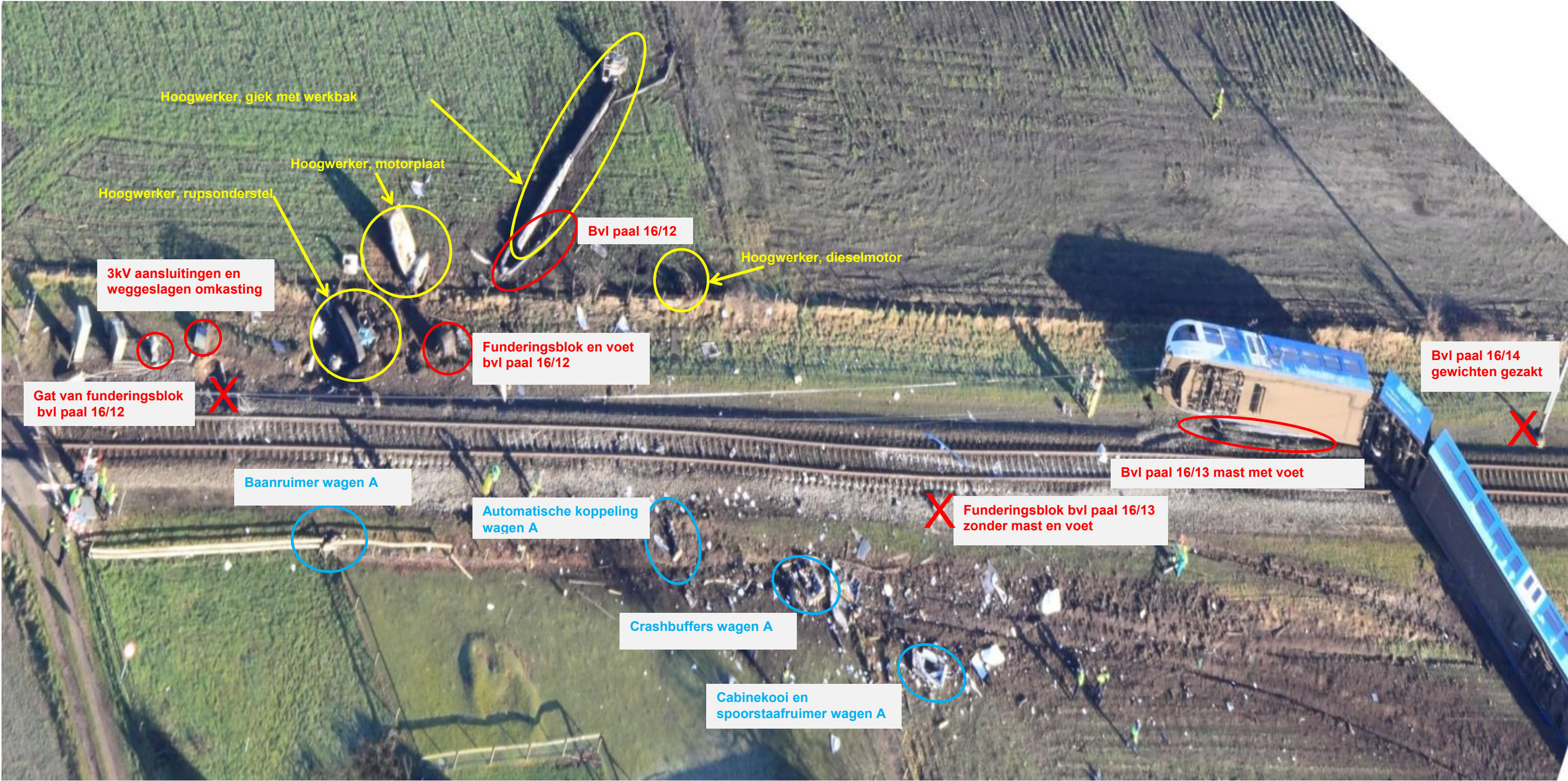


Het (laatste) draaistel onder wagen B is voorzien van een magneetreminstallatie. De reminstallatie brengt de magneten onder andere in de snelremstand op het spoor. Na de magneetrem rijdt een (de laatste) wielas over het sleepspoor dat door de magneten op het spoor is afgetekend.

De afstand van de magneetrem tot de buffers is 51 meter. De voorste buffers van het treinstel bevinden zich (115–51) 64 meter voor de overweg.

Figuur b27. Magneetremmen onder laatste draaistel.

10 Overzicht gevonden delen van de hoogwerker, trein en infrastructuur



Figuur b28. Overzicht van de vindplaatsen van diverse wrakstukken.

