

# Elektrisering door defecte lasmof

BVR Elektrocutie

Brancherapportage



**Onderwerp:** Elektrisering drie monteurs door defecte lasmof

**Eigenaar:** ProRail B.V.

**Kenmerk Sharepoint:**  
Nog in te vullen

**Status:** Definitief

**Datum:** 13-05-2020 versie 04

## Samenvatting

Op een baanvak ontstaan spontaan meerdere sectiestoringen. De oorzaak van de storing blijkt het gevolg van een defecte lasmof in de 3kV kabel. Door het defect in de lasmof ontstaat geen kortsluiting in het betrokken 3kV-systeem, maar komt de 3kV-spanning, via een naast de defecte lasmof gelegen seinwezen kabel, in de seinwezen installatie.

Tijdens het storingsherstel krijgen drie seinwezen monteurs een elektrische schok (spanning afkomstig van het 3kV-net). Eén van hen raakt hierbij gewond aan zijn hand. Verder raakt de assentelinstallatie beschadigd.

Het 3kV-net is bedoeld om een betrouwbare voeding te creëren voor seinwezen installaties (seinene, wissels en overwegen). Het ontwerp is zodanig dat bij één defect in het systeem (kortsluiting van één geleider naar aarde) de installatie niet uitschakelt. Tevens werd vanaf eind jaren '70 tot 1997 het 3kV-net, conform het in die periode geldend beleid van ProRail (en haar rechtsvoorgangers), als een laagspanningsnet<sup>1</sup> beschouwd. Om die reden ligt het grootste deel van alle 3kV-netten in Nederland in dezelfde geul (of koker) en op dezelfde diepte als kabels van laagspanningsnetten. Hoewel dit beleid in 1997 is aangepast heeft dit maar ten dele geleid tot het scheiden van hoog- en laagspanningsnetten (zie foto op voorblad).

Ten einde de kwaliteit van 3kV-netten te bewaken, wordt jaarlijks een zogenaamde AB-meting uitgevoerd. Bij de laatste meting van de betrokken kabel voldeed de kabel ruim aan de gestelde eis.

### Conclusies

- De spanning van het 3kV-net kon in de seinwezen installatie komen, omdat geen effectieve scheiding bestaat tussen het hoogspanningsnet (3kV-net) en de laagspanningsnetten (seinwezen kabels).
- Het defect gaan van de lasmof in het 3kV-net werd veroorzaakt door een combinatie van een ontwerp- en montagefout.
- Aanpassen van het beleid (naar ProRail ontwerpvoorschriften) in 1997 heeft maar ten dele geleid tot het scheiden van hoog- en laagspanningsnetten.
- Zonder maatregelen (tijdige vervanging betreffende type lasmof en het scheiden van alle hoog- en laagspanningsnetten) valt een herhaling niet uit te sluiten.

---

<sup>1</sup> Voor wat betreft de ligging in de grond of kabelkokers.

# Inhoudsopgave

Samenvatting.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Conclusies .....	2
1 Inleiding .....	4
1.1 Aanleiding .....	4
1.2 Onderzoeksvragen.....	4
2 Reconstructie van het incident .....	5
3 Analyse van het incident.....	7
3.1 3kV-spanning in de treinbeveiligingsinstallatie.....	7
3.2 Monteur in contact met spanningvoerende delen .....	8
4 Antwoorden .....	10
4.1 Onderzoeksvraag 1 .....	10
4.2 Onderzoeksvraag 2 .....	10
4.3 Onderzoeksvraag 3.....	10
4.4 Onderzoeksvraag 4.....	10
5 Maatregelen:.....	11

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Drie seinwezen monteurs krijgen tijdens het onderzoeken van een storing een elektrische schok.

De elektrisering van de monteurs vindt plaats in de middag en avond:

1. Rond 15:30 – 15:45 uur
2. Rond 19:00 – 19:30 uur
3. Rond 21:00 – 21:30 uur

Monteur 3 raakt door de elektrisering gewond aan zijn hand. Tevens raakt een assenteller installatie (AZA) beschadigd. De storing (het spontaan ontstaan van meerdere sectiestoringen op het baanvak) is het gevolg van een defecte lasmof. De defecte lasmof bevindt zich in een 3kV kabel tussen hoogspanningskast (HS-kast) 13 en HS-kast 15. Als gevolg van het defect komt 3kV spanning, via een naast de defecte 3kV lasmof liggende seinwezen kabel, in de seinwezen installatie.

ProRail en de aannemer hebben opdracht gegeven tot het doen van diepgaand onderzoek om de (directe en achterliggende) oorzaken te achterhalen.

## 1.2 Onderzoeksvragen

Dit diepgaande onderzoek beoogt de onderstaande onderzoeksvragen te beantwoorden.

1. Hoe is 3kV spanning van de defecte kabellasmof terechtgekomen op de printplaat in de AZA kast?
2. Onderzoek de kabellasmof en stel vast:
  - a. of en welk defect aanleiding kan geven tot de geconstateerde effecten;
  - b. wat de oorzaak is van het geconstateerde defect;
  - c. op welke wijze het ontstaan van een dergelijk defect voldoende beheerst wordt.
3. Liggen de diverse kabelsoorten in het kabeltracé conform ontwerpspecificatie en geeft die specificatie voldoende bescherming voor de assentelinstallatie en de medewerkers die daaraan werken?
4. Welke stand van de techniek is voorhanden om de seinwezeninstallatie te beschermen tegen een onbedoelde externe spanningsbron?

## 2 Reconstructie van het incident

Op enig moment ontstaan spontaan meerdere sectiestoringen op een baanvak. De storingen bevinden zich in 3 gecombineerde secties.

De machinist van een trein belt met de treindienstleider omdat hij met zijn trein vóór een stop tonend sein staat. De treindienstleider meldt dat sectiestoringen de oorzaak hiervan zijn en dat de machinist een aanwijzing stop tonend sein krijgt: de machinist van de trein mag van de treindienstleider P-seinen die hij onderweg, tot vóór station X, tegenkomt passeren conform handboek. De treindienstleider hoopt dat de trein de sectiestoringen eruit rijdt. De treindienstleider vraagt de machinist eventuele bijzonderheden aan hem terug te koppelen. De machinist vervolgt, na het krijgen van de aanwijzing passeren stop tonend sein, zijn rit.

Een monteur van de aannemer (hierna monteur 1 genoemd), die in de omgeving van de overweg aan het werk is, belt naar de treindienstleider en vraagt of er problemen zijn. De treindienstleider meldt dat sprake is van een storing. Monteur 1 vraagt of de storing reeds is gemeld. De treindienstleider geeft aan dat de storing nog niet is gemeld omdat deze net is ontstaan en men het rijden van de trein over het verstoorde gedeelte wil afwachten. Monteur 1 start een onderzoek.

De treindienstleider belt met de machinist van de trein en meldt hem dat een overweg als gevolg van de sectiestoringen in storing ligt en dat de machinist een aanwijzing overweg moet opvolgen voor de overweg.

De treindienstleider meldt de storing aan bij de Meldkamerspoor en geeft aan dat het uitvoeren van de treindienst als gevolg van de storing vrijwel onmogelijk is. Medewerker van de Meldkamerspoor geeft aan te alarmeren.

De treindienstleider belt met monteur 1 en geeft de nummers door van de gestoorde secties. Treindienstleider geeft aan dat de assenteller installatie gereset moet worden en dat monteur 1 daarvoor een oproep zal ontvangen. Treindienstleider meldt aan monteur 1 dat nog één trein onderweg is en dat daarna treinen gekeerd worden. Daarna kan monteur 1 starten met het onderzoek.

Monteur 1 belt zijn dienstdoende collega (monteur 2) om hem te assisteren bij een storing. De monteurs vermoeden een defecte ES-las. Het beeld van meerdere sectiestoringen past daar niet bij, maar bij een eenvoudige meting m.b.v. een multimeter blijkt over één ES-las nul Volt te staan. Bij een controle in de relaiskast bij de overweg blijken meerdere B1 en B2 relais af te liggen. Monteur 2 besluit naar relaishuis XY te gaan. Monteur 2 besluit, na een eerste inspectie, de AZA te resetten. Na het resetten is het probleem niet opgelost. Monteur 2 maakt de AZA spanningsloos en voert nogmaals een reset uit. Het storingsbeeld is niet constant / stabiel. Monteur 2 belt ondertussen met monteur 1. De ES-las blijkt niet het probleem. Monteur 2 belt met collega monteur 3 voor assistentie. Monteur 2 bekijkt ondertussen de printplaten uit de AZA, maar kan geen bijzonderheden ontdekken.

Als monteur 3 ter plaatse is, worden alle printplaten uit het interfacerek waarop de volgrelais zitten, nogmaals uitgenomen en bekeken. Monteur 3 ontdekt roetsporen op de aansluitingen van de printplaten achterin de AZA kast. Monteurs 2 en 3 besluiten de AZA spanningsloos te maken (60V= en 24V=). Nadat de AZA spanningsloos is gemaakt, wil monteur 3 de roetsporen verwijderen met geïsoleerd gereedschap. Monteur 3 steekt zijn hand in de AZA kast en krijgt een elektrische schok. Monteur 2 en de aanwezige Leider werkplekbeveiliging (LWB) bekommeren zich om het slachtoffer (monteur 3) en koelen de wond met water. Na enige tijd voelt het slachtoffer zich weer goed genoeg om verder te gaan met het onderzoeken van de storing. De oorzaak van de storing wordt niet gevonden.

Later wordt de hulp ingeroepen van weer een andere collega (monteur 4). Wanneer monteur 4 ter plaatse is, besluiten de monteurs metingen te verrichten op het kabelrek. Op het kabelrek zit i.v.m. ombouwwerkzaamheden rode tape op sommige klemmen. Monteur 4 trekt om metingen te kunnen verrichten de rode tape van de klemmen van het kabelrek en krijgt daarbij een schok, maar raakt niet gewond. De monteurs besluiten om de AZA aan de achterzijde af te koppelen. Op enig moment zijn de secties te resetten, maar uiteindelijk blijft een wisselend beeld van ten onrechte bezetsepoorsecties aanwezig. De monteurs besluiten alle lussen (kabels) te controleren en te meten.

Later in de avond ervaart het slachtoffer (monteur 3) meer pijn en tintelingen in zijn hand. Hierop neemt het slachtoffer contact op met de huisartsenpost. Het slachtoffer wordt van de huisartsenpost doorverwezen naar de spoedeisende eerste hulp van het ziekenhuis.

De andere monteurs zetten ondertussen het onderzoeken van de storing voort. Monteur 2 is inmiddels bij relaiskast XYZ voor het meten van de lussen (kabels) en krijgt bij het losdraaien van de linken een schok, maar raakt niet gewond. Als de link open staat, is duidelijk overslag waarneembaar. Monteur 2 maakt hiervan een filmpje. Vanaf dat moment besluiten de monteurs het werk te staken en de werkomgeving af te zetten. De monteurs roepen de meetdienst van de aannemer op.

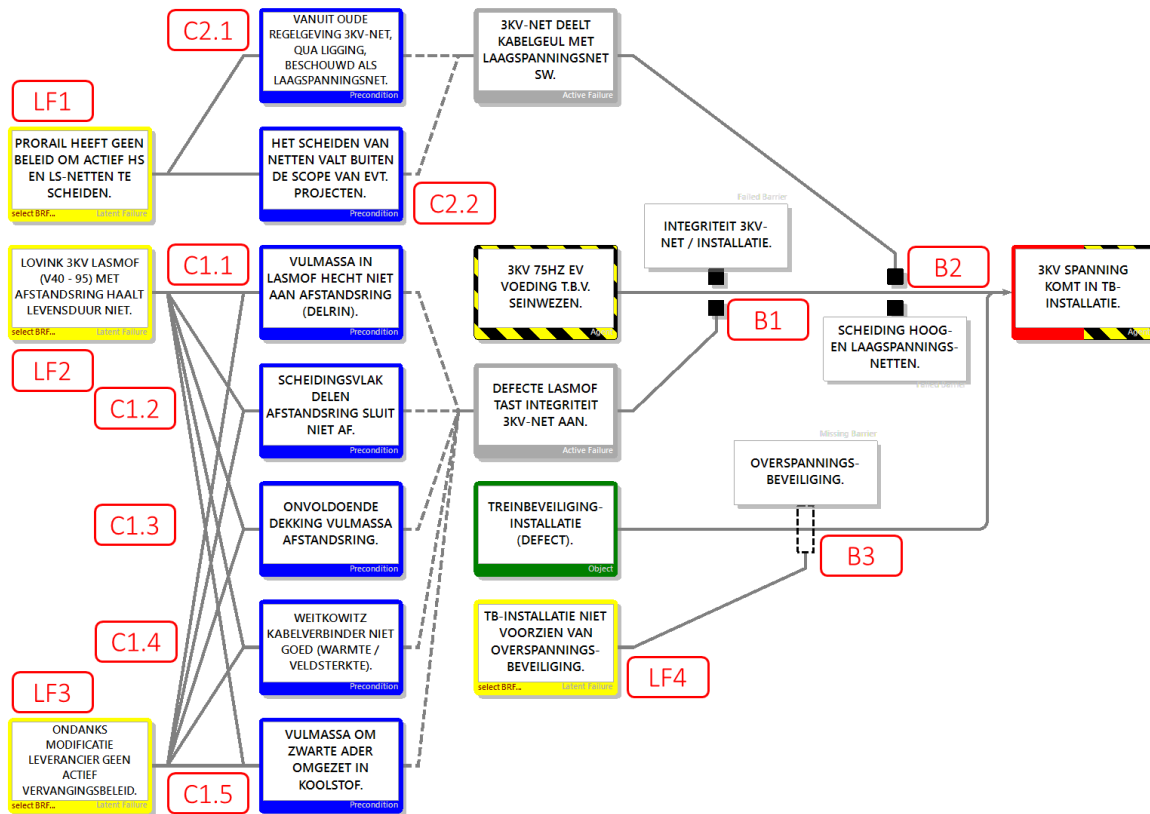
Uit de metingen door de meetdienst blijkt dat op de seinwezen installatie een hoge spanning staat met een frequentie van 75Hz en vermoeden de monteurs dat de hoge spanning uit het 3kV net komt. Na verder onderzoek wordt het defect in het kabeltracé gevonden en is duidelijk waar de oorzaak van de storing zit.

De monteurs vervangen de AZA en meten de installatie na.

### 3 Analyse van het incident

In dit hoofdstuk worden relevante feiten met elkaar in verband gebracht, waarbij de geformuleerde onderzoeksvragen richtinggevend zijn. In de Tripod diagrammen zijn de relaties tussen gebeurtenissen, maatregelen en latente factoren schematisch weergegeven.

#### 3.1 3kV-spanning in de treinbeveiligingsinstallatie



De 3kV spanning kan in de treinbeveiligingsinstallatie komen doordat twee maatregelen (**B1** Integriteit 3kV-net en **B2** Scheiding van hoog- en laagspanningsnetten) doorbroken zijn en één noodzakelijke (**B3**) ontbreekt.

#### Integriteit 3kV-net / installatie

Het 3kV-net moet, conform ontwerp, in staat zijn gedurende de levensduur van dit net, minimaal zo'n 60 jaar, de 3kV (75Hz ~) spanning binnen de betreffende installatie te houden. Enerzijds is dit belangrijk voor beschikbaarheid. Anderzijds voor veiligheid van de omgeving en de betreffende installatie (mens en overige installaties).

In dit geval wordt de integriteit van het 3kV-net aangetast (directe oorzaak van het falen van maatregel **B1**) door het defect gaan van een 3kV-lasmof van het betreffende type met een afstandshouder ring. Dit type lasmof is eind jaren '80 gemodificeerd. Daarbij is de afstandshouder ring vervangen door een gezandstraald plaatje van PVC. Reden voor de modificatie was dat de toegepaste vulmassa in de lasmof niet hechtte aan de ring en daarmee ontstond een route voor vocht langs deze ring naar het hart van de lasmof alwaar de geleiders aanwezig zijn. Dit probleem speelt in het bijzonder op het scheidingsvlak van de delen van de ring (ring bestaat uit twee delen die aan de stalen schaaldelen zijn gehecht).



Foto 001: Ring

Het falen van de integriteit van het 3kV net kent twee achterliggende oorzaken:

Achterliggende oorzaak LF2: De verwachte levensduur van de betreffende lasmof is korter dan de levensduur van de kabel (ongeveer 60 jaar). De lasmof van het voorbeeld incident is zo'n 30 tot 35 jaar geleden gemaakt. Diverse factoren zijn van invloed op de levensduur van de lasmoffen zoals bijvoorbeeld een zorgvuldige montage of de roering van kabels en lasmoffen tijdens werkzaamheden. Van de defecte lasmof hangt de beperking van levensduur samen met ontwerpaspecten van de lasmof en de toegepaste kabelverbinders.

Achterliggende oorzaak LF3: Naast de modificatie van het betreffende type lasmof (voorzien faalmechanisme met toegepaste afstandsring) is geen vervangingsbeleid ingesteld.

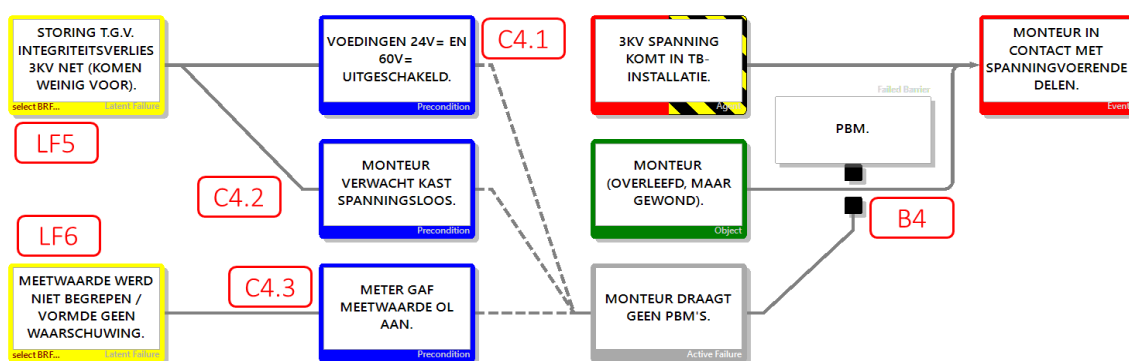
### Scheiding hoog- en laagspanningsnetten

Doorbroken maatregel B2 betreft de scheiding van laag- en hoogspanningsnetten. Vanaf eind jaren '70 tot 1997 werd het 3kV-net (hoogspanningsnet) voor wat betreft de ondergrondse ligging als een laagspanningsnet beschouwd. Om die reden ligt de 3kV-kabel uit 1986, waarin de defecte lasmof zich bevond, in dezelfde geul en op dezelfde diepte als de seinwezenkabels (laagspanningsnet). Het defect in de lasmof veroorzaakte geen kortsluiting in het 3kV-net, maar bracht de 3kV spanning naar de buitenzijde van de stalen behuizing van de lasmof en vandaar naar de aders van de direct naastliggende seinwezenkabel.

De conditie van het 3kV-net wordt één keer per jaar gemeten met een zgn. AB-meting. De waarden van de laatste AB-meting van de bewuste kabel was zodanig dat er geen aanleiding was actie te nemen (conform IHD00008-1-V001 bijlage 3a en 3c).

In 1997 zijn de ontwerpvoorschriften met betrekking tot hoog- en laagspanning van ProRail aangepast. De achterliggende oorzaak (LF1) is dat de beide spanningsnetten in dit geval nog niet gescheiden waren. Het scheiden van spanningsnetten geschiedt in veel gevallen in het kader van grote(re) functiehandhavingprojecten bij het zogeheten functie vrijmaken<sup>2</sup> van kabeltracés van installaties waarbij kabels tijdelijk bovengronds worden geplaatst en bij afronding van het betreffende project op correcte wijze, gescheiden ondergronds worden gebracht.

## 3.2 Monteur in contact met spanningvoerende delen



De oorzaak van het in contact komen van de monteur met spanningvoerende delen is de doorbroken maatregel B4 "Persoonlijke Beschermingsmiddelen (PBM)". Dat deze maatregel is doorbroken, kan (deels) worden verklaard uit het feit dat vooraf niet per se is te voorzien dat 3kV-spanning uit het 3kV-net in de seinwezen installatie terecht komt. Vanuit een risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) zouden de toegepaste PBM vermoedelijk geschikt zijn voor laagspanning (tot 1000V~).

<sup>2</sup> Een project functie vrijmaken is, het vrij of geschikt maken van de projectomgeving voor uitvoering van het project.



De betrokken monteurs hebben de voedingen van de AZA uitgeschakeld (24V= en 60V=) en zien zoals gebruikelijk dat de LED's op de AZA doven. De monteurs verwachten dat de installatie spanningsloos is. Een storing ten gevolge van integriteitsverlies van het 3kV-net met als gevolg een gevaarlijke situatie in de seinwezen installatie komt weinig voor (1 x per 10 jaar; op basis van beschikbare info) (achterliggende oorzaak (LF5)).

Volgens de monteurs is de installatie veilig gesteld conform procedure. De monteurs hebben gemeten of de installatie spanningsloos was, maar de toegepaste meter (bedoeld voor laagspanning) heeft een meetbereik van 1000V. De spanning uit het 3kV-net ging dit meetbereik te boven en daarop toonde de meter *OL* "Overload". De monteurs begrijpen de aangegeven waarde niet (LF6) en de weergegeven waarde is voor hen op dat moment nog geen signaal dat er iets mis is.

De betrokken monteur gebruikte voor zijn bedoelde actie geïsoleerd gereedschap (laagspanning tot 1000V), maar kwam onbedoeld in contact met een installatiedeel waar de spanning uit het 3kV-net aanwezig was.

## 4 Antwoorden

Dit hoofdstuk geeft antwoord op de onderzoeksvragen.

### 4.1 Onderzoeksvraag 1

Hoe is 3kV spanning van de defecte kabellasmof terechtgekomen op de printplaat in de AZA kast?

Antwoord:

In een 3kV-kabel raakt een 3kV-lasmof defect. Het defect leidt niet tot kortsluiting in het 3kV-systeem waardoor de buitenzijde van de lasmof onder spanning komt te staan. Naast de defecte 3kV-lasmof ligt een seinwezenkabel (30-aderig; laagspanning). De spanning van het 3kV-net slaat over op deze seinwezen kabel en ten gevolge daarvan komt de 3kV spanning terecht in de seinwezen installatie (waaronder de kaarten van het interface rek van het assentelsysteem in het relaishuis te XYZ).

### 4.2 Onderzoeksvraag 2

Onderzoek de kabellasmof en stel vast:

- a. of en welk defect aanleiding kan geven tot de geconstateerde effecten;
- b. wat de oorzaak is van het geconstateerde defect;
- c. op welke wijze het ontstaan van een dergelijk defect voldoende beheerst wordt.

Antwoord:

- a. het in hoofdstuk 3.1 beschreven defect kan aanleiding geven tot voorliggend incident;
- b. de oorzaak van het defect in de lasmof hangt samen met het ontwerp van het type lasmof en de toegepaste kabelverbinder ;
- c. tijdige vervanging van het betreffende type 3kV-lasmoffen en/of het scheiden van hoog- en laagspanningsnetten zijn de enige mogelijkheden om incidenten te voorkomen.

### 4.3 Onderzoeksvraag 3

Liggen de diverse kabelsoorten in het kabeltracé conform ontwerpspecificatie en geeft die specificatie voldoende bescherming voor de installatie en de medewerkers die daaraan werken?

Antwoord:

De onderhavige kabels zijn aangelegd volgens de ontwerpspecificaties in de periode waarin fysieke scheiding niet verplicht was (voorschrift zonder fysieke scheiding bestaat vanaf eind jaren '70 tot 1997). De netten zijn thans maar ten dele gescheiden. Dit incident bevestigt dat de oude ontwerpspecificaties (van voor 1997) onvoldoende bescherming voor de (nabij gelegen) installatie(s) bieden en voor de medewerkers die daaraan werkzaamheden verrichten.

### 4.4 Onderzoeksvraag 4

Welke stand van techniek is voorhanden om de assentelinstallatie te beschermen tegen een onbedoelde externe spanningsbron?

Antwoord:

Tegenwoordig houden ontwerpen van elektrotechnische en elektronische installaties rekening met EMC beïnvloeding in de breedste zin van het woord. Daar worden diverse maatregelen voor genomen in de ontwerpen. Bij nieuwe treinbeveiligingssystemen wordt bescherming tegen onbedoelde (externe) spanning standaard doorgevoerd.

## 5 Maatregelen:

<b>Maatregel 1: Continue isolatie bewaking</b>		
<b>Omschrijving maatregel (SMART)</b>	<b>Actiehouder</b>	<b>Datum (geplande) implementatie</b>
Continue isolatiebewaking 3kV-kabel → Huidige voedingspunten van het 3kV-systeem (frequentieomvormers) zijn einde levensduur. Bij de nieuw aan te besteden voedingspunten zal isolatiebewaking van de kabel geëist worden (fasen-aarde(=mantel)). V- opgenomen in "Vraagspecificatie Systeem" – 3kV Frequentieomvormer	ProRail AM A&T	2023 uitrol tot uiterlijk 2030 (planning is alle omvormers in 5 jaar te vervangen vanaf 2023)
<b>Effectmeting</b>		
<b>Gewenste effect (criteria en meetlat)</b>	<b>Leading / lagging indicator</b>	<b>Wijze van effectmeting (inclusief frequentie van meting)</b>
Continu kwaliteitsmeting van kabel. Bij te lage isolatiewaarde wordt dit direct gesignaleerd en kan er actie ondernomen worden.	Installatie met aangepaste 3kV voedingen met continue isolatiebewaking.	Twee jaar na implementatie eerste voedingen ervaringen onderzoeken.