



memo

Duiding testrapport elektromagnetische omgeving
spoorwegovergang Oss

Aanleiding en onderzoekverloop

Bij een ongeluk in Oss kwamen op 20 september vier kinderen om het leven, toen de Stint van hun kinderdagverblijf op een bewaakte spoorwegovergang onder een trein belandde. Dat ongeval was aanleiding voor meerdere onderzoeken. De Inspectie Leefomgeving en Transport (verder ILT) is door de minister van Infrastructuur en Waterstaat gevraagd om onder meer onderzoek te doen naar de wisselwerking tussen het spoorstelsel en de Stint. Dit onderzoek heeft geen betrekking op het ongeval zelf: het ongevalsonderzoek wordt onder leiding van het Openbaar Ministerie (Arrondissementsparket Den Bosch) uitgevoerd.

Na een eerste contact op 24 september waarin Agentschap Telecom haar hulp toe heeft gezegd, heeft ILT op 3 oktober aan Agentschap Telecom gevraagd om onderzoek te doen naar de elektromagnetische omgeving van het spoor en meer specifiek de omgeving van de bewuste overgang in Oss. Het agentschap is gevraagd om een voorstel te doen voor een onderzoek. DEKRA Certification B.V., een expertiseorganisatie op het gebied van testen, inspecteren en certificeren (onder andere op het gebied van elektrische en elektromagnetische veiligheid), is door Agentschap Telecom ingehuurd om zo vanuit verschillende oogpunten en met een duidelijke technische expertise de onderzoeksvraag in te kunnen vullen.

Om te kunnen bepalen wat de elektromagnetische omgeving van de spoorwegovergang is, is daadwerkelijk op die locatie gemeten. Om te komen tot de juiste aanpak zijn eerst proefmetingen gedaan langs een andere spoorwegovergang in Oss. Het onderzoek zelf heeft plaatsgevonden bij de spoorwegovergang waar het ongeval met de Stint is gebeurd.

Emissie en immuniteit

In het onderzoek van Agentschap Telecom is gekeken naar verschillende soorten 'emissies'. Emissies komen voor als een systeem zijn overtollige energie kwijtraakt en naar buiten 'straalt'. Die emissies zijn een onderdeel van de elektromagnetische omgeving van, in dit geval, de spoorwegovergang. Een

Elektromagnetisch

Een elektrisch veld wordt geproduceerd door elektrische ladingen en zorgt voor een elektrische kracht op andere ladingen. Een magnetisch veld wordt geproduceerd door de beweging van elektrische ladingen.

De term elektromagnetisme geeft aan dat elektrische en magnetische verschijnselen samenhangen. Zo zal een veranderlijk magnetisch veld een elektrisch veld opwekken en omgekeerd. We spreken dus van een elektrisch veld, een magnetisch veld en een elektromagnetisch veld.

spoorwegovergang is daarbij een complexe installatie. Spoorstaven, de bovenleiding en zelfs de slagbomen die bij een passerende trein dalen, hebben allemaal invloed op die elektromagnetische omgeving.

Die elektromagnetische omgeving en daarmee de hoogte van de emissies kunnen vervolgens invloed hebben op de omgeving. Zo is het bij apparaten thuis bijvoorbeeld mogelijk dat het ene elektrische apparaat het andere apparaat beïnvloedt door emissie. De mate waarin andere apparaten daarvoor vatbaar zijn wordt immuniteit genoemd.

In de spooromgeving geldt deze vergelijking ook. Het is niet alleen belangrijk te weten wat de elektromagnetische omgeving in Oss is, maar ook om te weten in hoeverre de Stint daarvoor gevoelig is, oftewel wat de immuniteit van de Stint is. Dat onderdeel is niet in dit onderzoek onderzocht.

In het onderzoek van TNO is de immuniteit van de Stint getest op basis van de wettelijke normen die gelden voor bromfietsen.

Immuniteit

De mate waarin een systeem of apparaat ongevoelig is voor verstoringen wordt immuniteit genoemd. Immuniteit kan worden gemeten door signalen op een systeem of apparaat te richten van verschillende grootte en frequentie, tot het niet meer naar behoren functioneert.

Normalisatie

Aspecten zoals immuniteit en emissie worden niet in detail geregeld in de wet. De wetten die van toepassing zijn op producten als de Stint, of op systemen zoals een spoorwegovergang, stellen over het algemeen alleen doelvereisten. Die doelvereisten moeten dan vervolgens nader worden ingevuld. Dat gebeurt vaak in normalisatiegremia, zeker bij regels van Europese oorsprong.

Normalisatiegremia zijn bijvoorbeeld CEN, CENELEC en ETSI. Dat zijn erkende organisaties die manieren ontwikkelen om aan de wettelijke doelvoorschriften te voldoen. Technische experts, vertegenwoordigers uit de industrie en afnemers/klanten werken samen aan standaarden die 'geharmoniseerde normen' worden genoemd. De regelgever, in het voorbeeld hierboven de Europese Commissie, 'reviewed' een norm. Als de norm geaccepteerd is, wordt deze gepubliceerd en geldt deze als een standaard. Die normen gaan in op details. Zo kunnen normen beschrijven welke grenswaarden worden geaccepteerd als boven- of ondergrens. De normen worden door de industrie gebruikt tijdens het ontwikkelen en produceren van een product. Zo levert de industrie een 'bewijsvermoeden van overeenstemming' met de eisen die werden gesteld in een hoger gelegen wettelijk voorschrift.

Normen worden niet alleen door de industrie gebruikt. Als een toezichthouder wil bepalen of een situatie 'voldoet' maakt zij ook gebruik van die normen. Dat is in dit onderzoek ook gedaan. Zo zijn er normen voor de immuniteit van een Stint, normen voor de elektromagnetische omgeving van een spoorwegovergang en nog meer.

De normen van de Stint en die van de spoorwegovergang zijn niet hetzelfde. Het zijn immers ook twee volstrekt verschillende zaken. De ene is een voertuig, de ander een installatie. Dat betekent ook wat voor normen. In beide normen gaat het ook over elektromagnetische compatibiliteit, maar de limieten, grenzen en dat soort zaken verschillen en zijn niet één op één met elkaar te vergelijken.

Verloop van het onderzoek in Oss en dit rapport

De metingen en onderzoeken zijn uitgevoerd door DEKRA onder auspiciën van en in samenwerking met Agentschap Telecom. Van de resultaten is door DEKRA een rapport opgesteld.

In het rapport wordt een zuiver technische weergave van de gemeten situatie beschreven. Dat komt neer op grafieken en tabellen die bepaalde waarden van metingen representeren. Die resultaten an sich, zijn voor lezers die niet thuis zijn in de materie lastig te interpreteren. Daarnaast is belangrijk dat die resultaten in samenhang met andere resultaten (en dus de onderzoeksvraag) worden gelezen.

Om die leemte op te vullen is deze duiding geschreven. De doelstelling van dit rapport, opgesteld door Agentschap Telecom, is om in begrijpelijke termen de bevindingen uit het onderzoek te duiden. Ook wordt in dit rapport aangegeven wat er nog *niet* is onderzocht of wat er nog *niet* is te concluderen. Als resultante daarvan geeft Agentschap Telecom vanuit haar discretionaire bevoegdheid als toezichthouder een aantal aanbevelingen.

Analyse van de onderzoeksresultaten

Opzet van de metingen

Tijdens het onderzoek zijn elektromagnetische velden van 0 tot 6 GHz in beeld gebracht. Magnetische velden zijn in beeld gebracht van 0 tot 30 MHz en het elektrisch veld van 5 Hz tot 6 GHz. Deze scope verschilt omdat bij lage frequenties het magnetisch veld overheerst.

Frequentie

Met frequentie wordt de relatie bedoeld tussen de snelheid van het licht gedeeld door de golflengte.

Er is aan één zijde van het spoor gemeten. Dat heeft een directe relatie met de aanleiding voor dit onderzoek, namelijk het ongeval met de Stint. Er is aan de zijde gemeten vanwaar de Stint de spoorwegovergang op kwam rijden.

Er is gemeten op verschillende afstanden van de spoorrails, omdat afhankelijk van de afstand de veldsterkte kan toe- of afnemen. Zo is de veldsterkte dichtbij het spoor hoger dan ver bij het spoor vandaan.

Veldsterkte

Met veldsterkte wordt uitgedrukt hoe sterk een elektrisch of magnetisch veld is op een bepaalde plaats.

In het onderzoek is tot en met een afstand van 30 meter van het spoor gemeten.

Die afstand wordt enerzijds bepaald door ervaring (vanaf 30 meter zijn veldsterktes niet relevant meer). Anderzijds is die ervaring ook vertaald in geharmoniseerde normen. Daarmee is 30 meter dus een reproduceerbare methode; in andere gevallen zou het net zo worden onderzocht.

Geharmoniseerde normen

Een geharmoniseerde norm is een Europese technische afspraak waarmee kan worden bepaald of een product of systeem vermoedelijk voldoet aan bovengelegen afspraken. In dit geval dat een product of systeem niet mag storen en redelijk ongevoelig moet zijn voor storing. Een geharmoniseerde norm is geen wet, maar een afspraak waar de industrie deel van uit maakt. Een norm wordt gemaakt op basis van de 'stand der techniek' van dat moment.

Een spoorwegovergang is een complex systeem. Onder andere de spoorstaven, de overgang zelf en de passerende trein hebben allemaal invloed op de elektromagnetische omgeving. Om die invloeden goed in kaart te brengen is de onderzoeksoopzet eerst getest bij een andere spoorwegovergang (Oss Centraal). Daar is vastgesteld dat het voorgestelde meetplan uitvoerbaar was. In totaal zijn er ongeveer 480 metingen uitgevoerd, op verschillende tijdstippen, maar ook met de invloeden van verschillende typen passerende treinen. De trein waarmee het ongeval met de Stint heeft plaatsgevonden, is niet meer opgenomen in de reguliere treindienstregeling. Die trein is dus tijdens het onderzoek niet gepasseerd en de invloeden daarvan zijn niet gemeten. Wel zijn er in de 480 metingen voldoende resultaten geproduceerd om ook die situatie te kunnen simuleren en dus te kunnen analyseren.

Magnetische en elektrische velden kunnen van invloed zijn op andere producten of systemen. Zo kan het elektrische veld van een slecht functionerende ledlamp invloed hebben op draadloze communicatie, zoals mobiele telefonie. Wanneer de uitgestraalde velden van een apparaat groter zijn dan de immuniteit van een ander apparaat, kan die laatste daar last van hebben en mogelijk minder goed werken. Voor dit onderzoek is het dus belangrijk om de, in de omgeving van de spoorwegovergang, opgewekte velden in beeld te brengen, om later te kunnen bepalen of die de immuniteit van de Stint hebben overschreden.

Resultaten magnetisch veld

Bij elektrische stromen ontstaat ook een magnetisch veld. Daar zijn twee verschillende soorten van, namelijk het statisch magnetisch veld (denk letterlijk aan een magneet) en een wisselend magnetisch veld. Die laatste is gekoppeld aan de frequentie van het product of systeem dat die frequentie veroorzaakt. In het testrapport wordt de sterkte van het magnetisch veld uitgedrukt in de SI-eenheid 'Tesla'. 0,001 Tesla wordt dan uitgedrukt als 1 mT, oftewel militesla. Een microtesla wordt uitgedrukt als μT , oftewel een miljoenste Tesla. De sterkte van het magnetisch veld hangt onder andere af van de stroom door de spoorwegovergang en de afstand waarop gemeten is.

Het hoogste *statische magnetische veld* is gemeten tussen het spoor, onder één van de rails. De hoogte van het veld daar bedroeg 2,574 mT op 0 Hz. Ter vergelijking, er is altijd een statisch magnetisch veld aanwezig. Ook de aarde zelf heeft dat. Zo is er altijd een veld van 0,035 tot 0,07 mT aanwezig. Bij apparatuur is dat veld logischerwijs hoger. De gemeten waarde van het statisch magnetisch veld aan de spoorwegovergang ziet Agentschap Telecom niet als opvallend. Een vergelijking met andere spoorwegovergangen ontbreekt echter.

Statisch en wisselend

Bij een wisselend magnetisch veld verandert het veld telkens, omdat de spanning (+ en -) ook telkens wisselt. Wisselende magnetische velden komen dus bijvoorbeeld voor in elektrische apparaten en stroomkabels. Omdat de velden verschillende bronnen hebben en zich verschillend gedragen kunnen de veldsterktes niet één op één met elk elkaar worden vergeleken.]

Overigens zijn niet alle gemeten waarden gedekt door geharmoniseerde normen. Een uitleg daarvan is eerder in dit document gegeven. Zo is er tot 150 kHz geen normatieve standaard voor het magnetisch veld. Ook zijn er bijvoorbeeld geen immuniteitsnormen voor producten op lage frequenties (< 80MHz)¹, zelfs niet in de automotieve richtlijn² die weliswaar een norm stelt vanaf 20 Mhz, maar niet daaronder.

Het hoogste '*wisselend*' magnetisch veld dat is gemeten bedraagt 23,35 μT tussen de frequenties 5 Hertz (Hz) en 400 kilohertz (kHz), gemeten tussen de rails. Hoe verder bij de bron vandaan, hoe minder het magnetisch veld is. Ter vergelijking, onder een hoogspanningsleiding, dus op een flinke afstand van de bron, bedraagt de hoogte van het magnetisch veld op een meter boven het maaiveld al ongeveer 10 μT ³. Het verschil in afstand in ogenschouw genomen (er is daadwerkelijk onder de spoorrails gemeten) is de gemeten waarde niet verrassend.

Hertz

Met de eenheid Hertz wordt het aantal trillingen per seconden uitgedrukt. Met kilohertz wordt de vergrotende trap uitgedrukt (duizend keer groter).

¹ Gebaseerd op de 'generieke' norm IEC 61000-6-1:2007 en "Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-1: Generic standards - Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments"

² Richtlijn 2004/104/EC, bijlage 6

³ Bron: www.rivm.nl/hoogspanningslijnen/magnetische-velden

Resultaten elektrisch veld

Elk elektrisch product of systeem straalt een elektrisch veld uit. Zo ook een spoorwegovergang. Het elektrisch veld is in het testrapport uitgedrukt in Volt per meter (V/m), dus de veldsterkte tussen twee punten van een meter afstand. Het hoogste elektrische veld tijdens het onderzoek is heel kortstondig gemeten toen een intercitytrein voorbij kwam, op 1,25 meter afstand van de rails op een hoogte van 0,3 meter van de rails. De hoogte van het elektrisch veld bedroeg toen 97,7 V/m in het frequentiegebied tussen 5 Hz en 400 kHz. Alle andere gemeten waarden lagen hier ongeveer factor 2 tot 10 onder. Daarmee is de 97,7 V/m een weergave van de hoogst gemeten waarde en geen gemiddelde. De eerder genoemde automotieve richtlijn stelt, dat voor typegoedkeuring een voertuig een immuniteitswaarde van tenminste 30 V/m⁴ moet kunnen verdragen vanaf 20 MHz. De frequentieband waarin de 97,7 V/m aan het spoor is gemeten ligt ver onder die 20 MHz.

Het is in dit geval niet vast te stellen of de gemeten waarde hoog of laag is. Meer relevant zou zijn om vast te stellen of de gemeten waarde van invloed had kunnen zijn op de Stint.

Vragen en antwoorden

- Waarom zijn de verschillende soorten velden afzonderlijk gemeten?

Het magnetisch en het elektrisch veld hangen nauw met elkaar samen. Echter op verschillende afstanden gedragen de velden zich anders. Om goed te bepalen wat de invloed van die velden is, zijn ze apart gemeten.

- In geharmoniseerde normen wordt onderscheid gemaakt tussen een industriële omgeving en een woonomgeving. Waarom is dat en kan dat verschil van invloed zijn op de gemeten waarden in dit onderzoek?

In een industriële omgeving werkt men vaak met krachtstroom en als gevolg daarvan hogere spanningen en stromen. De uitstraling daarvan kan dus ook hoger zijn. De veroorzakende en te beïnvloeden apparatuur moeten daar op voorbereid zijn.

In het onderzoek in de omgeving van de spoorwegovergang in Oss is de 'residential' norm gebruikt, oftewel de norm bedoeld voor de woonomgeving. Daar is voor gekozen, omdat dit de meest strenge norm is.

- Hoe verhouden de resultaten van de metingen zich tot de normen waartegen enerzijds het spoor wordt ontworpen, en anderzijds wegvoertuigen worden getest?

Een vergelijking tussen de verschillende normen was geen onderdeel van het onderzoek dat Agentschap Telecom met DEKRA heeft uitgevoerd. Wat de bovenstaande bevindingen wel duidelijk maken is dat de normen niet één op één overlappen. Meest pregnant is dat bij de bepaling van de immuniteit, waarbij de immuniteitsnorm pas vanaf een hogere frequentieband eisen stelt aan de immuniteit, dan de frequentie waarop de hoogste waarde tijdens het onderzoek aan het spoor is gemeten.

⁴ Over 90% van de frequentieband van 20 tot 2000 Mhz en minstens 25 V/m over die volledige frequentieband, zie ook UN ECE regulation no. 10 rev. 05

- Hoe verhouden de resultaten van het onderzoek aan de spoorwegovergang zich tot signalen die altijd aanwezig zijn?

De ruimte die kan worden gebruikt voor radiotoepassingen zoals bijvoorbeeld mobiele telefonie en omroep, wordt 'spectrum' genoemd. Zoals eerder in dit rapport al blijkt, heeft de spoorwegovergang invloed op het spectrum. Wanneer in de buitenlucht wordt gemeten, kunnen de andere signalen (zoals mobiele telefonie en omroep) niet uitgefilterd worden. Die signalen noemen we ambient noise, oftewel achtergrondruis. De waarden die in dit onderzoek zijn gemeten, representeren dus de spoorwegovergang en een deel van de andere signalen. Er is geen reden om aan te nemen dat de mate van ambient noise in de omgeving van de spoorwegovergang hoger was dan in een vergelijkbare omgeving.

- Kan de elektromagnetische omgeving van het spoor van invloed zijn geweest op de Stint?

Het testrapport toont aan welke emissies zijn aangetroffen tijdens de metingen. Het is niet duidelijk of de Stint voor alle waarden immuun is, omdat een deel van de gemeten waarden buiten de normen ligt op basis waarvan de Stint door TNO is getest.

Het is met name interessant vast te stellen of de Stint immuun is voor elektrische velden, met een veldsterkte van minimaal 97,7 V/m in het frequentiegebied tussen 5 Hz en 400 kHz. Deze waarden liggen namelijk buiten de frequentieband van de geldende normen waarnaar in het productonderzoek is gekeken.

Vervolgonderzoek

Het onderzoek dat onder auspiciën van Agentschap Telecom door DEKRA is uitgevoerd, geeft een beeld van de waarden van de magnetische en elektrische velden die bij de spoorovergang in Oss aanwezig zijn. Er kunnen en mogen op basis van dit beeld geen conclusies worden getrokken over de mogelijke invloed van elektromagnetische straling op het ongeval met de Stint. In samenhang met het veiligheidsonderzoek door TNO wordt geconstateerd, dat de mogelijke invloed van (elektro)magnetische straling op het functioneren van de Stint ten tijde van het ongeval alleen kan worden uitgesloten door een aanvullend onderzoek waarbij (1) de ongevalssituatie exact wordt nagebootst en (2) een volledig immuniteitsonderzoek van de Stint plaatsvindt.

Het Openbaar Ministerie gaat beoordelen of dit aanvullende onderzoek onder haar verantwoordelijkheid binnen het strafrechtelijke onderzoek kan worden uitgevoerd.