

Elektromagnetische compatibiliteit:
Velden met zonnepanelen in de nabijheid van
vaarwegen

Prof.dr.ir. Frank Leferink

INHOUDSOPGAVE

Documentbeheer	3
1 Inleiding	4
1.1 Voorlopig kader voor RWS-vergunningverleners	4
1.2 Verschillen in bepalen beschermingsafstanden	4
1.3 Opdracht ten behoeve van kadervorming RWS	5
2 EMC Richtlijn	6
2.1 Essentiële Eisen	6
2.2 Interpretatie van de EMC Richtlijn door TNO	8
2.3 Interpretatie van de EMC Richtlijn door DNV	8
2.4 Installaties	10
3 Bescherming radiocommunicatie	13
3.1 Ruwe schatting, Marifoon	13
3.2 Analyse TNO	14
3.3 Analyse DNV	15
4 Radar	17
5 Verificatie	18
6 Onderzoeksvragen en conclusie	19
6.1 Onderzoeksvragen	19
6.2 Conclusie	21
6.3 Gelijk hebben of krijgen	21

DOCUMENTBEHEER

Historie

VERSIE	DATUM	AUTERUR(S)	WIJZIGING	GOEDGEGEKEURD NAAM
1	Jan. 2024	Frank Leferink	Initieel document	Frank Leferink
2	Feb. 2024	Frank Leferink	Kleine aanvullingen	Frank Leferink

Distributie

NAAM	FUNCTIE	ORGANISATIE
Otto Koedijk	Senior Adviseur vaarwegen	Rijkswaterstaat

Auteur: Prof.dr.ir. Frank Leferink
Functies: Hoogleraar EMC Universiteit Twente
Honorary professor at the University of Nottingham
Ambassador Chair Katholieke Universiteit Leuven
Director EMC THALES Nederland B.V.
Adres: Universiteit Twente,
Faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica
Kamer CR 2441
Drienerlolaan 5
7522 NB Enschede
Telefoon: 053-4893856
e-mail: frank.leferink@utwente.nl

1 INLEIDING

In het kader van het Programma Opwek Energie Rijks(waterstaats)areaal (OER) bereidt Rijkswaterstaat (RWS) tenders voor om drijvende zonneparken te ontwikkelen langs vaarwegen. In het kader van het OER-programma is en wordt veel kennis ontwikkeld.

Het is bekend dat zonneparken elektromagnetische verstoring kunnen veroorzaken van radioverkeer. Voor de nautische veiligheid is ongestoord maritiem radioverkeer (VHF, AIS) essentieel. RWS is tevens Watervergunningverlener voor drijvende zonneparken en heeft bij het ontbreken van beoordelingskaders, onderzoek laten uitvoeren door TNO (2022) resp. DNV (2023), zie:

'Radio en visuele hinder door zonneparken naast vaarwegen', TNO, 1 januari 2022¹

'Achtergrond van eisen aan EMC bij drijvende zonneparken', DNV, 21 juni 2023²

'Kaders en richtlijnen – Elektrische zwenwaterveiligheid en EMC', DNV, 21 juni 2023³

'Meetplan voor in situ-metingen van emissieniveaus bij zonneparken', DNV, 21 juni 2023⁴

1.1 Voorlopig kader voor RWS-vergunningverleners

Bovenstaande DNV-rapporten zijn als 'best practices' opgenomen in de Werkwijzer RWS (o.a. ten behoeve van de Watervergunningverleners RWS) en meegegeven aan de exploitanten van de lopende pilots Krammer-, Kreekraksluizen en Slufter.

In het 2e DNV-rapport zijn 10 richtlijnen (ook wel eisen genoemd) opgesteld voor elektromagnetische comptabiliteit, nader onderbouwd in het 1e DNV-rapport. De meeste richtlijnen betreffen technische maatregelen om elektromagnetische verstoring tegen te gaan, zoals het uitsluiten van optimizers en elektrische installatie conform NEN 1010. Richtlijn 3 betreft de minimale afstand tussen het zonnepark en de marifoon- of AIS-ontvanger i.c. 100 m (door DNV ook wel beschermingsafstand genoemd), gebaseerd op een noodzakelijk marifoonbereik van 8 km (Krammersluis).

1.2 Verschillen in bepalen beschermingsafstanden

Daar waar DNV alleen eisen van de (geharmoniseerde) NEN-normen (zoals EN 55011 en EN 61000) op EMC-gebied van toepassing verklaarde om beschermingsafstanden te berekenen, verklaarde TNO ook internationale (NEN-)normen voor maritieme radiocommunicatie c.q. -ontvangst (zoals ITU-R M.1371-5, (02/2014) en IEC61993-2, 2012, zie pag. 42 TNO-rapport) van toepassing voor die berekening en kwam daarmee op (fors) grotere beschermingsafstanden uit. Gebaseerd op een maximale ruistoename van 3dB, onderscheidt TNO voorts verschillende

¹ <https://open.rws.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten/@55500/radio-visuele-hinderzonneparken-naast/>

² <https://open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten/@260179/achtergrond-eisenemc-drijvende/>

³ <https://open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten/@260199/kaders-richtlijnenelektrische/>

⁴ <https://open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten/@260235/meetplan-situmetingen-emissieniveaus/>

beschermingsafstanden voor verschillende hoogtes van de zend-/ontvangstantenne resp. het zonnepark. DNV ging in het 1e rapport uit van een antenne opstelhoogte van 0 m en beschouwde dit als een worst case scenario (pag.13).

1.3 Opdracht ten behoeve van kadervorming RWS

Voor de vele zonneparken langs vaarwegen die naar verwachting nog zullen volgen, streeft RWS naar de doorontwikkeling van het voorlopig DNV-kader tot een generiek, gedegen en verplicht kader voor o.a. Watervedvergunningverlening. Daarbij moet bedacht worden dat vergunningverleners doorgaans MBO/HBO geschoold zijn.

De Universiteit Twente wordt opdracht gegeven tot het uitvoeren van een second opinion, waarbij de volgende vragen centraal staan:

1. Is het methodisch terecht dat DNV zich bij het bepalen van de beschermingsafstand heeft beperkt tot de geharmoniseerde EMC-normen voor apparatuur, gelet op Bijlage I met essentiële eisen van de Richtlijn 2014/30/EU en de implementatie daarvan in Nederlandse wet- en regelgeving?

Zo nee, zou de door DNV bepaalde beschermingsafstand alsnog voldoende groot zijn, als die gepaard zou gaan met het gehele pakket aan technische maatregelen (richtlijn 1,2, 4 t/m 10) of een gedeelte daarvan?

2. In hoeverre is een combinatie van de technische DNV-maatregelen (richtlijn 1,2, 4 t/m 10) met de TNO beschermingsafstanden voor VHF en AIS (Tabellen 8 t/m 10) geëigend; in hoeverre zou dan sprake zijn van overkill in bescherming?

3. Heeft DNV zich methodisch terecht beperkt tot een antennehoogte van 0 m of is een onderscheid zoals door TNO gehanteerd noodzakelijk?

4. Ziet de Universiteit Twente nog mogelijkheden tot vereenvoudiging van de TNO-tabellen 8 t/m 12 en zo ja, welke?

5. Ziet de Universiteit Twente nog andere (essentiële) tekortkomingen in de DNV-rapporten voor het voorkomen van elektromagnetische verstoring van maritiem radioverkeer?

2 EMC RICHTLIJN

2.1 Essentiële Eisen

Apparatuur en installaties die niet onder een product-specifieke richtlijn vallen, zoals motorvoertuigen, of meetinstrumenten, moeten voldoen aan de EMC Richtlijn 2014/30/EU:

Artikel 6

Essentiële eisen

De uitrusting dient aan de in bijlage I opgenomen essentiële eisen te voldoen.

De Essentiële Eisen:

BIJLAGE I

ESSENTIËLE EISEN

1. Algemene eisen

Uitrusting moet, rekening houdende met de stand van de techniek, zodanig zijn ontworpen en vervaardigd dat wordt gegarandeerd dat:

- a) de opgewekte elektromagnetische verstoringen het niveau niet overschrijden waarboven radio- en telecommunicatieapparatuur en andere uitrusting niet meer overeenkomstig hun bestemming kunnen functioneren;
- b) zij een zodanig niveau van ongevoeligheid voor de bij normaal gebruik te verwachten elektromagnetische verstoringen bezit dat zij zonder onaanvaardbare verslechtering van het beoogd gebruik kan functioneren.

2. Specifieke eisen voor vaste installaties

Installatie en beoogd gebruik van componenten:

Een vaste installatie moet worden geïnstalleerd volgens goede technologische praktijken en overeenkomstig de informatie over het beoogde gebruik van de componenten, teneinde aan de essentiële eisen van punt 1 te voldoen.

Het uitgangspunt hierbij is de tekst in Overweging (4): 'Het behoort tot de taak van de lidstaten ervoor te zorgen dat radiocommunicatie, met inbegrip van radio-omroepontvangst en de radioamateurdienst overeenkomstig het Radioreglement van de Internationale Telecommunicatie- unie (ITU⁵), elektriciteits- en telecommunicatienetwerken, alsmede de uitrusting die hierop is aangesloten, tegen elektromagnetische verstoringen zijn beschermd.'

⁵ ITU: VN

De basis hiervoor is het genoemde ITU Radioreglement (*Radio Regulations*), en voor het bepalen van de *man-made noise* de ITU-R P.372-14 (08/2019). Een radio link budget voor bijvoorbeeld C2000 wordt onder andere gebaseerd op deze radio noise.

Het bepalen van de noodzakelijke bescherming van radiocommunicatie is lastig⁶, maar de fabrikant van apparatuur moet minimaal een risicoanalyse (compatibiliteitsbeoordeling) uitvoeren. Dat daarbij over het algemeen gekozen wordt om (slechts) geharmoniseerde normen toe te passen ontslaat een fabrikant niet van de verplichting om aan de essentiële eisen te voldoen. Internationale (geharmoniseerde) normen geven immers (slechts) een vermoeden van overeenstemming, zie Artikel 13 van de EMC Richtlijn, met de Essentiële Eisen.

Geharmoniseerde normen zijn geschikt voor eenduidige toepassingen en primair bedoeld voor een gelijk, economisch, speelveld ('vrij verkeer van goederen'). De fabrikant is verplicht om een risicoanalyse uit te voeren en Overweging (31) van de EMC Richtlijn mee te nemen: 'Indien apparaten verschillende configuraties kunnen aannemen, dient de elektromagnetische compatibiliteitsbeoordeling te bevestigen of de apparaten aan de essentiële eisen voldoen in alle configuraties die door de fabrikant als representatief kunnen worden gekenmerkt voor normaal gebruik in de beoogde toepassingen. In dergelijke gevallen moet het voldoende zijn om een beoordeling uit te voeren op basis van de configuratie die waarschijnlijk de meeste storingen zal veroorzaken en de configuratie die het meest vatbaar is voor storingen.'

Over het algemeen worden deze activiteiten nagelaten. Veel fabrikanten gebruiken internationale normen, soms niet eens geharmoniseerd, zonder de noodzakelijke risicoanalyse (compatibiliteitsbeoordeling) uit te voeren. De James Elliott^{7,8} zaak geeft aan dat geharmoniseerde normen (slechts) een vermoeden van overeenstemming geven, zoals ook is bevestigd door CEN en CENELEC⁹: '*CEN and CENELEC welcome the Court's recognition, that hENs are not binding documents as the evidence of compliance with the essential requirements "may be provided by means other than proof of compliance with harmonized standards" (§ 42). Hence, hENs are voluntary technical publications.*'

Dat alleen het toepassen van geharmoniseerde normen voldoende is om aan de (Essentiële Eisen) van de EMC Richtlijn wordt voldaan kan ook tegengesproken worden vanuit het gegeven dat voor diverse situaties geen geharmoniseerde normen beschikbaar zijn. Bijvoorbeeld voor het frequentiegebied 2 kHz – 9 kHz, en voor veel toepassingen zelfs tot 150 kHz. Of voor frequenties hoger dan 6 GHz. Een bekend voorbeeld is de rolstoel die stoorgevoelig was voor frequenties boven 1 GHz, terwijl de toenmalige geharmoniseerde normen slechts testen tot 1 GHz

⁶ Zie hoofdstuk 3, Bescherming radiocommunicatie

⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A62014CA0613>

⁸ https://www.cencenelec.eu/news/brief_news/Pages/TN-2017-008.aspx

⁹

https://www.cencenelec.eu/News/Policy_Opinions/PolicyOpinions/PositionPaper_Consequences_Judgment_Elliott%20Case.pdf

beschreven. Het ontbreken van normen (voor een bepaald frequentiegebied) ontslaat de fabrikant niet van de verplichting om te voldoen aan de Essentiële Eisen.

2.2 Interpretatie van de EMC Richtlijn door TNO

TNO stelt in haar rapport¹⁰ dat er een contradictie is in het gebruik van geharmoniseerde normen 'De ervaring leert dat zelfs indien een apparaat voldoet aan de geharmoniseerde EMC standaarden er dusdanige verstoring van de getroffen radiodienst te verwachten is (of ervaren wordt) dat er soms een contradictie ontstaat met de in bijlage I vermelde essentiële eisen. In dergelijke gevallen kan dus worden aangetoond dat het eerder aangegeven vermoeden van conformiteit niet klopt en de getroffen radio- en telecommunicatieapparatuur niet meer overeenkomstig hun bestemming kunnen functioneren.'

De constatering is juist: een apparaat dat voldoet aan de eisen van een elektromagnetische interferentie (EMI) test zoals vermeld in een geharmoniseerde norm, kan de ontvangst van draadloze communicatiediensten verstoren. Maar het zijn de Essentiële Eisen waaraan moet worden voldaan. En (geharmoniseerd) normen geven (slechts) een vermoeden van overeenstemming. De conclusie van TNO is dus niet juist: 'De EMCD biedt geen oplossing voor deze situaties.' TNO stelt voor om als extra zekerheid Artikel 5 te gebruiken: 'Artikel 5 geeft individuele staten een mogelijkheid om in specifieke situaties af te wijken van de geharmoniseerde normen'. En: 'Het is aan de Nederlandse overheid om te bepalen of nautische communicatie- en navigatiesystemen onder sub b) van artikel 5 van de EMCD vallen.'

Overigens kan hierbij opgemerkt worden dat de IEC 60533¹¹ wel degelijk eisen stelt. De emissie-eisen in de IEC 60533 zijn 24 dB respectievelijk 14 dB hoger (minder streng), met uitzondering van de Marifoon band. Voor deze frequenties, 156 – 165 MHz, is de eis 24 dB μ V/m op 3 meter afstand voor quasi-piek storingen. De IEC 60533 is van toepassing voor zeeschepen en wordt aangehaald door de Marine Equipment Directive 2014/90/EU¹².

2.3 Interpretatie van de EMC Richtlijn door DNV

DNV vermeldt, net als TNO, artikel 5 van de EMC Richtlijn, met de opmerking dat deze nog nooit is toegepast.

Er wordt door DNV een vreemde interpretatie aan het verband tussen de Essentiële Eisen en geharmoniseerde normen gelegd. DNV stelt¹³ 'Het is niet mogelijk om te eisen dat de signaalsterkte van een omvormer (ver) beneden de limiet van 40 dB μ V/m uit de geharmoniseerde normen blijft. Dit laat de EMC-richtlijn immers niet toe: als aan de essentiële eisen uit de EMC-richtlijn is voldaan, mag de apparatuur binnen de EU op de markt worden

¹⁰ <https://open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten/@55500/radio-visuele-hinder-zonneparken-naast/#highlight=zonneparken>

¹¹ IEC 60533, Elektrische en elektronische installaties aan boord van schepen - Elektromagnetische compatibiliteit

¹² Richtlijn 2014/90/EU inzake uitrusting van zeeschepen

¹³ <https://open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten/@260199/kaders-richtlijnen-elektrische/>

gebracht.' Met andere woorden: DNV zegt dat aan de Essentiële Eisen wordt voldaan als aan de limietwaarden in een norm wordt voldaan. Dat is de omgekeerde redenering, en negeert de vermoeden-van-overeenstemming regel

DNV stelt in hetzelfde rapport dat er geen optimizers toegepast moeten worden 'Omdat dergelijke signalen niet gefilterd kunnen worden, kunnen deze voor de omgeving problemen opleveren. Om deze redenen moet de toepassing van optimizers worden ontmoedigd.' Daarmee voldoen de optimizers, per definitie, al niet aan de Essentiële Eisen.

De door DNV gebruikte norm, EN 55011¹⁴ zegt '*If the EUT does not pass the peak measurement in the satellite radio broadcasting frequency range 11,7 GHz to 12,7 GHz, then the final test result is FAIL.*' Dit bewijst expliciet dat de Essentiële Eisen leidend zijn.

Tevens stelt DNV 'Gebruik omvormers die conform EN 55011¹⁵ getest en goedgekeurd zijn (en waarbij ook emissie metingen op DC-kabels zijn uitgevoerd).' In deze norm zijn enkele jaren geleden metingen op de DC lijnen toegevoegd. Maar de EN 55011 beperkt de lengte van kabels, terwijl deze in een installatie fors langer zijn. Bijvoorbeeld in paragraaf 7.5.1. staat '*For measurement of radiated disturbances with a separation distance of 3 m the assessment of the radiation from the cabling of the EUT shall be restricted to those fractions of interconnecting cables (see 7.5.2) and mains cables (see 7.5.3) which are within the test volume of 1,2 m diameter times 1,5 m height above ground. Peripheral equipment not fitting into the test volume shall be excluded from the measurements or decoupled from the test environment.*'

Een andere omissie is paragraaf 7.3.2.1 '*General. The artificial network (AN) is required to provide a defined termination impedance for the EUT's a.c. mains power port or d.c. power port under test at radio frequencies*'. Maar het kunstnetwerk (AN) is gedefinieerd tot slechts 30 MHz.

Verder staat er '*If the EUT does not pass the peak measurement in the satellite radio broadcasting frequency range 11,7 GHz to 12,7 GHz, then the final test result is FAIL.*' Er wordt dus wel >3 GHz c.q. >6 GHz gekeken.

Maar DNV legt ten onrechte de verantwoordelijkheid om te voldoen aan de EMC Richtlijn vooral bij de opdrachtgever, en definieert aanvullende richtlijnen om interferentie te voorkomen. Deze aanpak is merkwaardig: 'Als de installatie aan de eisen uit de geharmoniseerde normen voldoet, wat meestal ook ruim het geval is, is dit echter geen garantie dat er geen verstoring door een zonnepaneelinstallatie zal optreden.' Immers, uit vele publicaties is duidelijk geworden dat omvormers een grote bron van verstoringen zijn. 'Report on the 11th joint cross-border EMC market surveillance campaign (2019): solar panel inverters' is juist opgezet naar aanleiding van de vele klachten¹⁶. Slechts 3 van de 12 geteste omvormers voldeden aan de emissie eisen, zie 'Table 7 – Compliance with the emissions requirements'. Dat was 2019. In 2014 waren al eens

¹⁴ EN 55011: applies to industrial, scientific and medical electrical equipment operating in the frequency range 0 Hz to 400 GHz and to domestic and similar appliances designed to generate and/or use locally radio-frequency energy.

¹⁵ EN 55011: applies to industrial, scientific and medical electrical equipment operating in the frequency range 0 Hz to 400 GHz and to domestic and similar appliances designed to generate and/or use locally radio-frequency energy.

¹⁶ <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/45506/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>

55 omvormers getest, en toen voldeed slechts 9 van de 55, ofwel 46 van de 55 omvormers gaven een hoger emissie niveau dan de eisen in de geharmoniseerde normen.

De fabrikant is verantwoordelijk voor het voldoen aan de Essentiële Eisen. Ook als het een installatie betreft, zoals ook vermeld staat in Overweging (8) van de EMC Richtlijn: 'De uitrusting die onder deze richtlijn valt, dient zowel apparaten als vaste installaties te omvatten.'

Zoals gezegd: DNV stelt dat geharmoniseerde normen leidend zijn (het middel), om het doel (Essentiële Eisen) te bereiken. Ook de Rechtbank¹⁷ deelt die mening niet: 'De voorzieningenrechter ziet vooralsnog geen aanleiding om mee te gaan in de stelling van de producent dat ingeval van een vermoeden van conformiteit zonder meer is voldaan aan de eisen van bijlage I bij de EMC-richtlijn.'

2.4 Installaties

Geharmoniseerde normen hebben als primair doel het faciliteren van een gelijk, economisch, speelveld ('vrij verkeer van goederen'). De limieten zijn niet gebaseerd op een wetenschappelijke en economische afwegingen voor het beperken van storingen, maar op handjeklap ('horse trading', uitspraak Manfred Stecher, R&S).

In dit artikel¹⁸ staat: 'Manufacturers are using different harmonized standards to show compliance with the legislative requirements such as the European EMC Directive. Their selection of harmonized standards is not based on adherence to (essential requirements of) the European EMC Directive, but more on what is most convenient, i.e. lowest cost; Some manufacturers install an Ethernet interface and then claim the PV inverter is a computer and use standards applicable for IT (information technology) equipment. Furthermore no limits have been published for the DC bus, which acts, due to its large length, as an antenna.'

Inmiddels zijn er eisen voor de DC bus opgenomen in geharmoniseerde normen.

Het grote probleem is echter dat apparatuur in een eenvoudige opstelling met slechts korte kabels worden getest. Op de kabels kan een geleide emissie, op AC en sinds kort ook op DC, uitgevoerd worden tot meestal 30 MHz. Maar in de praktijk zijn de kabels veel langer, en de meetresultaten in een laboratorium omgeving zijn vaak niet representatief voor de daadwerkelijke gebruiksomgeving.

Daarom zijn de Essentiële Eisen de referentie (doel).

En geven meetresultaten verkregen via het toepassen van (geharmoniseerde) normen slechts een vermoeden van overeenstemming (middel).

¹⁷ <https://uitspraken.rechtspraak.nl/details?id=ECLI:NL:RBROT:2022:2205>

¹⁸ C. Keyer, R. Timens, F. Buesink and F. Leferink, "In-situ measurement of high frequency emission caused by photo voltaic inverters," 2014 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Gothenburg, Sweden, 2014, pp. 74-78, doi: 10.1109/EMCEurope.2014.6930880.

In het recent gepubliceerde 'Commission staff evaluation of Electromagnetic Compatibility Directive 2014/30/EC'¹⁹ is in Annex 5 extra aandacht besteed aan 5 productgroepen. Een ervan zijn omvormers (*solar inverters*), vanwege de vele problemen. Een van de probleempunten is de discussie over 'apparaat' of 'installatie'. De verantwoordelijkheid om aan de Essentiële Eisen van de EMC Richtlijn te voldoen wordt regelmatig gelegd bij de eigenaar van de installatie. Dat is onjuist: In de EMC Richtlijn staat in Artikel 18 het volgende:

Artikel 18

Informatie over het gebruik van het apparaat

1. Een apparaat gaat vergezeld van informatie over specifieke voorzorgsmaatregelen die tijdens de assemblage, de installatie, het onderhoud of het gebruik van het apparaat moeten worden getroffen om ervoor te zorgen dat het apparaat bij ingebruikneming aan de essentiële eisen van bijlage I, punt 1, voldoet.

Met andere woorden: de fabrikant is verantwoordelijk voor die voorzorgsmaatregelen. Niet de eigenaar van de installatie.

Verder staat in de EMC Richtlijn:

Artikel 19

Vaste installaties

1. Apparaten die op de markt zijn aangeboden en die in een vaste installatie kunnen worden ingebouwd, zijn onderworpen aan alle voor apparaten toepasselijke bepalingen die in deze richtlijn zijn opgenomen.

2. Wanneer er aanwijzingen zijn dat de vaste installatie niet aan de essentiële eisen voldoet, met name na klachten over verstoringen die door de installatie zouden worden veroorzaakt, kunnen de bevoegde autoriteiten van de betrokken lidstaat eisen dat een bewijs van overeenstemming met de eisen wordt overgelegd en, zo nodig, een beoordeling inleiden.

Wanneer is vastgesteld dat niet aan de eisen is voldaan, leggen de bevoegde autoriteiten passende maatregelen op om de vaste installatie in overeenstemming te brengen met de essentiële eisen van bijlage I.

Opnieuw is het de fabrikant die hiervoor verantwoordelijk is.

Aanvullende eisen en richtlijnen, zoals vermeld in de DNV rapporten, zijn te gebruiken om te controleren of de installateur goed werk levert. Maar de verantwoordelijkheid om te voldoen aan de Essentiële Eisen ligt bij de leverancier van de omvormers.

Deze stelling zal hier nog eens onderbouwd worden: de omvormers zelf zijn te klein om als (ongewenste) antenne te werken. Het zijn de kabels die door een kleine stoorspanning (*noise voltage*) op de aansluitklemmen worden aangeslingerd/aangedreven, waardoor een

¹⁹ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1a411657-9277-11ed-b508-01aa75ed71a1/language-en>

antennestroom gaat vloeien in de kabels, en de installatie (omvormer = kabels) gaan stralen. Dat is een fundamenteel basisconcept van EMI²⁰. Het afschermen van een kabel kan werken, maar alleen als het volledig is en de afwerking aan beide kanten juist is uitgevoerd. Het plaatsen van kabels in kabelgoten werkt ook, door de quasi-actieve afscherming van de kabelgoot; daardoor gaat, als gevolg van de Wet van Lenz (continuïteitsprincipe op de grens lucht-metaal) een tegenstroom vloeien die een tegenveld opwekt. Eigenlijk het basisprincipe van de kabelgoot. De derde optie is het toepassen van een *common mode choke*, meestal in de vorm van een ferrietkraal; daardoor wordt de antenne-impedantie van de kabels verhoogd, waardoor bij dezelfde stoorspanning (*noise voltage*) veel minder antennestroom gaat vloeien, en dus minder stoorvelden worden gegenereerd. Deze 3 basismaatregelen staan uitgebreid beschreven in de literatuur, en in colleges EMC. De bron van de storing is de stoorspanning (*noise voltage*) veroorzaakt door de omvormer. Deze ontstaat vaak door een verkeerd printontwerp. Het kan eenvoudig opgelost worden door hoogfrequente condensatoren, bij voorkeur in de vorm van doorvoer condensator, in de uitgaande kabels te plaatsen. Maar het budget, en nog vaker, de kennis, ontbreekt bij veel omvormer leveranciers.

Maar het feit dat de stoorspanning wordt opgewekt door de omvormer maakt dat die verantwoordelijkheid bij de leverancier van de apparatuur ligt. De leverancier kan natuurlijk wel bindende installatievoorschriften opnemen in de documentatie, en daarmee de verantwoordelijkheid proberen door te schuiven.

²⁰ EMC cursus Universiteit Twente, PAO cursus, boeken EMC Clayton Paul, Henry Ott etc.

3 BESCHERMING RADIOCOMMUNICATIE

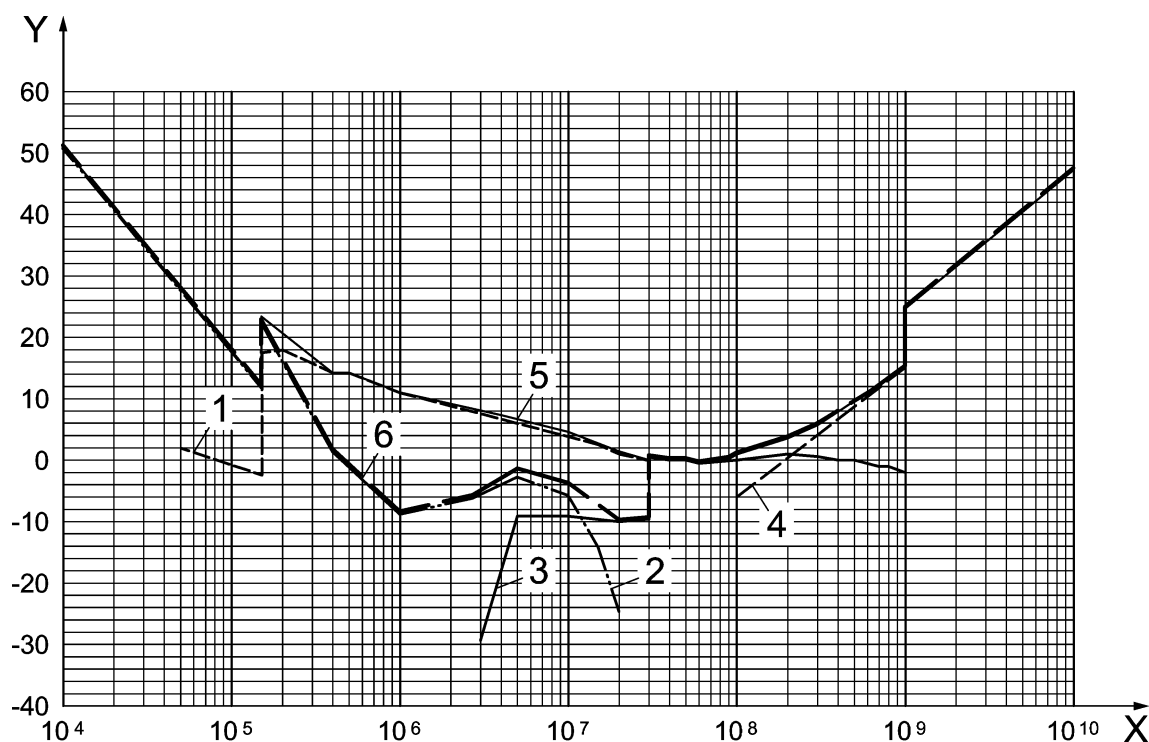
3.1 Ruwe schatting, Marifoon

Het linkbudget kan in principe eenvoudig berekend worden. Echter, de uitgangspunten zijn niet eenduidig. Grote onzekerheden zijn er voor wat betreft

1. Omgevingsruis (man-made noise)
2. Robuustheid communicatie system
3. Sommering meerdere stoorbronnen
4. Propagatie (inclusief antenne hoogte)

CISPR 16-4-4²¹ zou de referentie moeten zijn, maar dit document is niet geschikt om daadwerkelijk te gebruiken voor een analyse.

In VG 95370-26²² worden de stappen van man-made noise, gebaseerd op de ITU-R P.372²³, naar grenswaarden gemaakt. De ruis in een landelijke omgeving (*rural*) is gebruikt voor het bepalen van de toegestane veldsterkte. Dat is afgebeeld in onderstaande figuur.



²¹ CISPR 16-4-4, Uncertainties, statistics and limit modelling – Statistics of complaints and a model for the calculation of limits for the protection of radio services

²² VG 95370-26: Electromagnetic compatibility (EMC) — Electromagnetic compatibility of and in systems — Part 26: Limits for interference voltages at receiving antennas; Supplement 1: Comments;

²³ Recommendation ITU-R P.372-16 (08/2022), Radio noise

Legenda:

X frequency in Hz

Y field strength in dB μ V/m

1 man-made noise

2 atmospheric noise

3 galactic noise

4 receiver input noise

5 sum in consideration of man-made noise

6 sum without consideration of man-made noise

De bandbreedtes die zijn gebruikt om ruisniveaus naar veldsterkte om te rekenen zijn

Frequency range	Pulse bandwidth
10 kHz - 150 kHz	1 kHz
150 kHz - 30 MHz	10 kHz
30 MHz - 1 GHz	100 kHz
1 GHz - 3 GHz	1 MHz

En de detector is *peak*. In de IEC 60533 wordt een 6 dB correctie gebruikt voor *peak* naar *quasi-peak*.

Vergelijk voor de Marifoon band (156-165MHz). 100 kHz, *quasi-peak*, 100/120 kHz bandbreedte. Meetafstand 10 m.

VG 95370-26 16 dB μ V/m

IEC 60945 34 dB μ V/m

IEC 61000-6-3 30 dB μ V/m

IEC 61000-6-4 40 dB μ V/m

In het interferentie scenario voor de IEC 60945 is apparatuur geplaatst in de directe nabijheid (3 m) van de ontvangstantenne, maar niet in de bundel van de antenne.

De beschermingsafstand voor apparatuur dat voldoet aan de IEC 61000-6-3 is dan 50 m. Voor apparatuur dat voldoet aan de IEC 61000-6-4 bedraagt de beschermingsafstand 150 m. Dat geldt voor 1 apparaat. Worden er meerdere omvormers vlak bij elkaar geplaatst, dan neemt de beschermingsafstand fors toe (factor 3 tot 10).

3.2 Analyse TNO

TNO gebruikt dezelfde basis als hiervoor geschetst. Het *rural* ruis niveau zoals in de ITU-R P.372 wordt gebruikt als basis. De gevoeligheid van de ontvangers, evenals de vraag hoeveel ruisverhoging er mag worden toegestaan om communicatie mogelijk te maken, wordt geanalyseerd. Radar wordt niet meegenomen, maar dat wordt in Hoofdstuk 4 nader toegelicht.

De berekende beschermingsafstand (Tabel 8 en 9) zijn echter aan de voorzichtige kant. Er worden versterkende factoren genoemd zoals antenne hoogte en aantallen omvormers. Die laatste geven slechts een verhoging van ruis, geen signaal (het zijn geen coherente signalen). Tevens speelt mee dat, met name voor spraak, er veel meer storing toegestaan kan worden voordat echt sprake is van ontoelaatbare storing.

De aanname dat omvormers en de installatie als geheel voldoen aan de eisen zoals gesteld in de normen is in onze ogen niet juist. Uit vele publicaties (zie eerdere informatie) is gebleken dat juist de installatie de storingen veroorzaakt, en niet de enkele omvormer.

3.3 Analyse DNV

DNV adviseert een beschermingsafstand van 35 m voor de Marifoonband, voor 1 omvormer. Voor meerdere omvormers stelt DNV 100 m voor marifoon en AIS, en 500 m voor C2000. Dit waarden zijn voor de marifoon berekend voor een ongestoord bereik van 8 km (communicatie tussen bediencentrale sluis en schepen). Deze waarden lijken plausibel.

Maar: de adviezen van DNV spreken elkaar tegen. Zo wordt er gesteld dat er een IT-stelsel aangelegd moet worden om zwerfstromen te reduceren. Zwerfstromen kunnen ook veel meer corrosie veroorzaken, en het advies om vooral aluminium toe te passen is vreemd, aangezien de galvanische corrosie als gevolg van zwerfstromen bij aluminium veel sneller gaat dan bij staal. Maar een groot probleem bij IT stelsels is dat er nauwelijks EMI filters beschikbaar zijn op de markt. Daarom wordt bij grote installaties dat werkt op een IT stelsel, een TN stelsel gecreëerd voor de omvormers. Dus het voorschrift om een IT stelsel toe te passen, met het voorschrift om omvormers te selecteren die uitgerust kunnen worden met netfilters (en DC bus filters) is met elkaar in tegenspraak.

In rapport 'DNV – Report No. 23-0687'¹³ wordt gesteld: 'De emissie ('elektromagnetische uitstraling') van een omvormer kan worden bepaald op basis van de technische gegevens die de leverancier ervan gewoonlijk verstrekt.' We hebben nog nooit technische gegevens van een leverancier van omvormers kunnen ontvangen. En als ze die uiteindelijk wel stuurden, dan waren het de verkeerde.

Tevens staat in dat rapport 'NB: Het is hier niet voldoende als de apparatuur voldoet aan de normen EN 55032 of EN 61000.' Maar de 61000-6-4 is voor industriële toepassingen, en vele meetnormen in de 61000-4 serie zijn voor alle apparatuur van toepassing. Het is daarom niet duidelijk wat wordt bedoeld met deze zin.

Er wordt geadviseerd om een onafhankelijke externe partij toezicht te laten houden tijdens de aanleg. Maar wie is dan verantwoordelijk? Hoe dan ook: de fabrikant is en blijft verantwoordelijk voor de conformiteit van het product, ook als het in een vaste installatie wordt ingebouwd. Het is de verantwoordelijkheid van de fabrikant dat ook de installatie voldoet aan de Essentiële Eisen van de EMC Richtlijn.

Evenals de TNO analyse is het lastige punt de aanname dat een installatie dezelfde emissieniveaus genereert als een enkelvoudige omvormer, plus het cumulatieve effect van meerdere omvormers. Uit vele publicaties (zie eerdere informatie) is gebleken dat juist de installatie de storingen veroorzaakt, en niet de enkele omvormer.

4 RADAR

TNO zegt: 'Scheeps- en walradar vallen daar ook onder, maar de normen waarnaar de EMCD verwijst, geven geen uitsluiting over de toelaatbare niveaus voor elektromagnetische stoorvelden boven 6 GHz.'

DNV zegt: 'In dit document wordt niet ingegaan op radarsystemen. Vanwege de veel hogere frequentie van dergelijke systemen (vaak veel hoger dan 1 GHz) wordt verstoring hiervan niet aannemelijk geacht.'

Beide organisaties maken zich er eenvoudig van af.

De beïnvloeding van radarsignalen door communicatie signalen is onderzocht door de NTIA. In het rapport²⁴ 'Effect of RF interference on radar receivers' wordt aangegeven dat signalen met een lage pulsbreedte (*low duty cycle*) weinig storingen veroorzaken. Maar dat signalen met een pulsbreedte van meer dan 10 % (de meeste signalen), waarbij het verschil tussen de piek- en de gemiddelde waarde klein is (<6dB), erg snel storingen kunnen veroorzaken.

Op basis van ervaring is er op dit moment geen indicatie dat er verstoring van radarsignalen is te verwachten. Maar de technologie van omvormers gaat razendsnel. Vooral de overgang van IGBT (Insulated Gate Bipolair Transistor) naar GaN (Gallium Nitride) transistoren, voor een hogere efficiëntie, veroorzaakt veel meer interferentie op hogere frequenties.

²⁴ NTIA Report TR-06-444, Effects of RF Interference on Radar Receivers, U.S. department of commerce, 2006

5 VERIFICATIE

In het DNV rapport wordt aanbevolen om ter plekke van walstation antenne locaties veldsterkte metingen uit te voeren. Dat kan veel eenvoudiger, en wel op de manier zoals in de automobiel wereld, de vliegtuigwereld en voor militaire systemen wordt toegepast: Zo'n 'platform' meting kan uitgevoerd worden op 3 manieren, van eenvoudig tot iets meer gecompliceerder:

1. Verhoging van ruis niveau. Daarvoor wordt de potentieel storende installatie afgeschakeld en de *squelch*²⁵ ingesteld zodat deze niet geactiveerd wordt. Daarna wordt de installatie bijgeschakeld. De *squech* drempel mag niet worden overschreden voor volledige ongestoorde ontvangst.
2. Verlies van ontvangst door middel van de piep-test. Hiervoor wordt een verbinding opgezet met een bekende bron, bijvoorbeeld een marifoon signaal. Dat signaal wordt, zo mogelijk, gemoduleerd met een 1 kHz amplitude-gemoduleerd signaal. Een verzwakker tussen de ontvangstantenne en de radio-ontvanger wordt gewijzigd in verzwakking totdat het 1 kHz signaal nog juist hoorbaar is (3 dB boven ruisniveau). Ook hier wordt getest met ingeschakelde en uitgeschakelde PV installatie, en de ontvangst mag niet wegvallen.
3. Een spectrum analyzer wordt gekoppeld aan de radio-antenne op de wal of op een schip. Het ruisniveau wordt bemeten. Een meting wordt uitgevoerd met ingeschakelde en uitgeschakelde PV installatie. Het ruisniveau op de spectrum analyzer mag niet wijzigen.

Afkeur criterium:

In de hiervoor beschreven test staat als afkeurcriterium:

1. De *squech* drempel mag niet worden overschreden voor volledige ongestoorde ontvangst.
2. De ontvangst mag niet wegvallen.
3. Het ruisniveau op de spectrum analyzer mag niet wijzigen.

Dat betekent dat er geen enkele verstoring van de radio-ontvangst optreedt. Indien wordt toegestaan dat er verstoring is als een schip op een grotere afstand contact maakt, dan zal eerst het linkbudget voor alle situaties vastgelegd moeten worden, zodat een maximale verhoging van ruisniveau c.q. minder verzwakking (en *squelch*) bepaald kan worden.

²⁵ The squelch setting adjusts the threshold at which signals will open (un-mute) the audio channel. It acts to suppress the audio output of the receiver in the absence of a sufficiently strong desired input signal. With the squelch level correctly set, you will hear sound only when actually receiving a signal.

6 ONDERZOEKSVRAGEN EN CONCLUSIE

6.1 Onderzoeksvragen

De Universiteit Twente heeft een second opinion uitgevoerd, waarbij de volgende vragen centraal staan:

1. Is het methodisch terecht dat DNV zich bij het bepalen van de beschermingsafstand heeft beperkt tot de geharmoniseerde EMC-normen voor apparatuur, gelet op Bijlage I met essentiële eisen van de Richtlijn 2014/30/EU en de implementatie daarvan in Nederlandse wet- en regelgeving?

Antwoord:

Nee.

De Essentiële Eisen zijn de wettelijke basis.

Geharmoniseerde normen geven (slechts) een vermoeden van overeenstemming.

Zo nee, zou de door DNV bepaalde beschermingsafstand alsnog voldoende groot zijn, als die gepaard zou gaan met het gehele pakket aan technische maatregelen (richtlijn 1,2, 4 t/m 10) of een gedeelte daarvan?

Antwoord:

Ja. De afstanden zijn reëel.

Maar de aanname dat een installatie bestaande uit vele omvormers en erg veel lange kabels eenzelfde gedrag vertoont als de som van omvormers is onjuist.

Tevens is de aanname dat omvormers geen hogere emissie veroorzaken dan de genoemde 40 dB μ V/m onjuist. Uit twee grote vergelijkende studies onder regie van de Europese Commissie is gebleken dat 67% c.q. 75% van de omvormers hogere emissieniveaus produceerden dan de door de fabrikant gehanteerde geharmoniseerde normen.

Richtlijn 4 is daarom niet voldoende.

Het ontbreekt aan kwantitatieve richtlijnen. Buizen en goten is mooi, maar hoe is de breedte/hogte verhouding, en hoe verbinden. 'Plus- en min-kabels zoveel mogelijk dicht naast elkaar.' Hoever? Wat is nog toegestaan?

Het ontbreekt aan richtlijnen gebaseerd op daadwerkelijke data van de fabrikanten (leveranciers).

2. In hoeverre is een combinatie van de technische DNV-maatregelen (richtlijn 1,2, 4 t/m 10) met de TNO beschermingsafstanden voor VHF en AIS (Tabellen 8 t/m 10) geëigend; in hoeverre zou dan sprake zijn van overkill in bescherming?

Antwoord:

Een beschermingsafstand van 30 m lijkt reëel (ook voor C2000), als de omvormers en de bekabeling juist zijn geïnstalleerd. Zelfs een beschermingsafstand van 3 m is haalbaar, als de juiste EMC maatregelen op de juiste manier zijn uitgevoerd. Immers, aan boord van schepen

worden ook veel omvormers gebruikt (weliswaar regelmatig na de nodig correctieve maatregelen). Dus het kan.

De beschermingsafstanden die door DNV worden gegeven zijn in onze ogen reëel en (beter) hanteerbaar (dan die van TNO). Maar alles draait om de kwaliteit van de installatie.

3. Heeft DNV zich methodisch terecht beperkt tot een antennehoogte van 0 m of is een onderscheid zoals door TNO gehanteerd noodzakelijk?

Antwoord:

De antenne hoogte is niet de bepalende factor; Er zijn diverse andere factoren die de resultaten (kunnen) beïnvloeden, met name de aanname dat omvormers voldoen aan de normen, en dat de installatie uitgevoerd wordt volgens de instructie van de fabrikanten.

4. Ziet de Universiteit Twente nog mogelijkheden tot vereenvoudiging van de TNO-tabellen 8 t/m 12 en zo ja, welke?

Antwoord:

De getallen in de tabellen zijn gebaseerd op grove aannames. De nauwkeurigheid zoals wordt gesuggereerd zijn niet realistisch. Daarmee wordt niet beweerd dat de getallen onjuist zijn, maar in de toepassing ervan moet eerder aan 30 m, 50 m, 100 m etc. beschermingsafstanden worden gesproken. Zie ook het antwoord op vraag 2.

5. Ziet de Universiteit Twente nog andere (essentiële) tekortkomingen in de DNV-rapporten voor het voorkomen van elektromagnetische verstoring van maritiem radioverkeer?

Antwoord:

De aanname in beide rapporten is dat omvormers zullen voldoen aan de grenswaarden zoals vermeld in de normen. Dat is een gevaarlijke aanname:

- De beide campagnes van de EU hebben aangetoond dat de meerderheid van de geteste omvormers niet voldoen aan de grenswaarden in de door de fabrikant gehanteerde geharmoniseerde normen.
- De omvormers worden getest in een gestandaardiseerde meetopstelling. Geharmoniseerde normen zijn geschikt voor eenduidige toepassingen en primair bedoeld voor een gelijk, economisch, speelveld ('vrij verkeer van goederen'). De reproduceerbaarheid is belangrijker dan de representativiteit. Lange kabels worden vermeden, terwijl deze juist de belangrijkste bijdrage bij storingen vormen.

6.2 Conclusie

De rapporten van TNO en DNV zijn beoordeeld. De aanname dat omvormers voldoen aan de grenswaarden gesteld in normen is het meeste heikele punt in beide rapporten. Op basis van ervaringen uit het verleden gemeld in diverse publicaties is de kans op storingen, zelfs met omvormers die voldoen aan de eisen in geharmoniseerde normen, groot. Die kans op storing wordt bepaald door de kwaliteit van de installatie. De suggestie om toezicht te houden op de installatie lijkt een goede, maar is niet juist. De EMC Richtlijn stelt dat de fabrikant verantwoordelijk is om geen storingen te veroorzaken, voor elke gebruikelijke configuratie, en ook voor een (vaste) installatie. De fabrikant is verantwoordelijk. Verder is het onduidelijk welke kwantitatieve maatregelen, geopperd door DNV, dan uitgevoerd moeten worden.

6.3 Gelijk hebben of krijgen

Volgens de wettelijke Essentiële Eisen is de fabrikant van de omvormers verantwoordelijk voor een deugdelijke installatie. Maar de fabrikant is vaak niet in staat om die verantwoordelijkheid uit te oefenen.

De opdrachtgever kan dit expliciet eisen in een contract, maar waarschijnlijk zijn er dan geen leveranciers bereid om apparatuur te leveren. 'Gelijk hebben' resulteert dan niet in een oplossing.

Dan is 'gelijk krijgen' het alternatief. Kopen wat beschikbaar is. En volgens de '*Risk Based*' aanpak, in tegenstelling tot de '*Rule Based*' (oftewel volgens eenduidige normen) aanpak. Daarvoor worden de grootste risico's afgeschat en mitigerende maatregelen getrokken door de stysteemintegrator (kan de opdrachtgever zijn). Mitigerende maatregelen kunnen zijn:

- Analyse van meetresultaten van omvormers
- Berekenen c.q. toepassen van de juiste beschermingsafstand op Rijks(waterstaats)-areaal (zie hoofdstuk 3)
- Meting van verhoging ruisniveau op representatieve locaties waar dezelfde omvormers al worden toegepast
- Tijdens installatie toezicht houden op de kwaliteit van montage, en controles uitvoeren. Een simpele controle is het meten van alle metaalovergangen met een milli-ohm meter. Eis is 2,5 milli ohm (dus kwantitatief).
- Afname meting, samen met leverancier van omvormers, en toewerken naar een win-win gevoel.
- Voor niet Rijks(waterstaats)areaal de Minister van EZK verzoeken, gebruik te maken van zijn bevoegdheid ex art. 17 Besluit Elektromagnetische compatibiliteit tot het treffen van aanvullende maatregelen (i.c. beschermingsafstanden) langs (Rijks)vaarwegen, die een werking zouden moeten hebben op de door de desbetreffende gemeente te verstrekken Omgevingsvergunning.