

DRIJVENDE ZONNEPARKEN OP RIJKSGROND

Kaders en richtlijnen – Elektrische zwemwaterveiligheid en EMC

Rijkswaterstaat

Rapport nr.: 23-0687, Rev. 1

Datum: 21-06-2023



Projectnaam:	Drijvende zonneparken op rijksgrond	Energy Systems
Rapport titel:	Kaders en richtlijnen – Elektrische zwemwaterveiligheid en EMC	DNV Netherlands B.V.
Klant:	Rijkswaterstaat	Utrechtseweg 310-B50
Contactpersoon klant:	Bob Roessink en Otto Koedijk	6812 AR Arnhem
Datum uitgave:	21-06-2023	
Project nr.:	10382339	Tel: 026 356 9111
Organisatie unit:	Solar and Battery Storage	Handelsregister Arnhem 09006404
Rapport nr.:	23-0687, Rev. 1	

Geschreven door:



Fred Koenis

Senior consultant

Beoordeeld door:



Jasper Lemmens

Senior consultant

Goedgekeurd door:



Rob van Dijk

Head of Section
Solar & Battery Storage

Copyright © DNV 2023. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited.

DNV Distributie:

- ☐ Open
☐ Intern
☒ Commercieel vertrouwelijk
☐ Vertrouwelijk
☐ Geheim

*Specificatie distributie: --

Trefwoorden:

EMC-richtlijn (2014/30/EU), EMC, elektromagnetische compatibiliteit, Telecommunicatiewet, elektrische veiligheid, zwemwaterveiligheid, Bouwbesluit, NEN 1010, Warenwet, CE-markering, drijvende zonneparken, kaders en richtlijnen

Rev.	Datum	Reden van uitgave	Auteur	Beoordelaar	Goedgekeurd
0	26-04-2023	Eerste uitgave	F. Koenis	J. Lemmens	R. van Dijk
1	21-06-2023	Aanvullingen opdrachtgever	F. Koenis	J. Lemmens	R. van Dijk

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel en doelgroep	1
1.3	Toepassingsgebied	2
1.4	Leeswijzer	2
2	WETTELIJK KADER VOOR DRIJVENDE ZONNEPARKEN	3
2.1	Publiekrechtelijk kader: watervergunning en omgevingsvergunning	3
2.2	Privaatrechtelijk kader: overeenkomst met exploiterende marktpartij	6
3	RICHTLIJNEN VOOR ELEKTRISCHE ZWEMWATERVEILIGHEID	7
3.1	Algemeen elektrisch ontwerp	7
3.2	Zonnepanelen	7
3.3	DC-bekabeling	8
3.4	Omvormers	8
3.5	AC-bekabeling, laagspanning	9
3.6	Transformatorstation LS/MS	9
3.7	Walstation (middenspanning) en netaansluiting	10
3.8	Minimaal veilige afstand	10
4	RICHTLIJNEN VOOR ELEKTROMAGNETISCHE COMPATIBILITEIT	12
4.1	Zonnepanelen	12
4.2	Omvormers en optimizers	12
4.3	Bekabeling	16
4.4	Aanleg en exploitatie	16
5	REFERENTIES	18
Appendix A	De globale opbouw van een zonnepark	
Appendix B	Transpositietabel Omgevingswet	
Appendix C	Schematische overzichten van de elektrische stelsels	

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Binnen het programma 'Hernieuwbare energie op rijksgrond' wil de rijksoverheid op eigen grondgebied zonneparken en windturbines aanleggen [1]. Dit gebeurt op locaties die al een (rijks)functie hebben, zoals in bermen en op knooppunten van snelwegen, nabij sluizen en op baggerdepots. Marktpartijen zullen deze zonneparken (of windturbines) gaan ontwikkelen, terwijl in de voorbereiding nauw wordt samengewerkt met de overheid. De marktpartij zal hiervoor een ontwerp maken en zal ook zorgdragen voor de bouw en de exploitatie. Zo draagt het Rijk, als eigenaar van veel gronden en wateren in Nederland, bij aan de energietransitie. Rijkswaterstaat is hierbij, als beheerder van veel snelwegen, vaarwegen, sluizencomplexen en baggerdepots in Nederland, een belangrijke stakeholder.

De bedoeling is dat binnenkort als eerste nabij de sluizencomplexen Krammer en Kreekrak (beide in Zeeland) en op baggerdepot de Slufter (op de Maasvlakte) drijvende zonneparken worden aangelegd. Deze drie objecten worden door Rijkswaterstaat beheerd. Randvoorwaarde hierbij is dat de primaire functie van deze objecten niet verstoord wordt. Zo mogen de drijvende zonnepanelen het scheepvaartverkeer in de buurt niet in gevaar brengen en moet een baggerdepot ook in de toekomst zijn functie kunnen blijven behouden. Rijkswaterstaat heeft een breed pakket van eisen opgesteld waaraan de drijvende zonneparken moeten voldoen. Dergelijke eisen zullen ook worden gebruikt voor te verwachten toekomstige drijvende zonneparken op door Rijkswaterstaat beheerde wateren in de rest van Nederland.

In dit document staan specifieke eisen vermeld die betrekking hebben op de (elektrische) zwemwaterveiligheid en op elektromagnetische compatibiliteit (EMC), in eerste instantie nabij sluizencomplexen Krammer en Kreekrak en op baggerdepot de Slufter. Deze eisen zijn onderdeel van het hierboven genoemde brede pakket van eisen dat Rijkswaterstaat heeft opgesteld.

Bij EMC gaat het erom de elektromagnetische beïnvloeding in en tussen elektrische en elektronische producten of systemen te voorkomen en desnoods te bestrijden. Bekend is dat vooral de omvormers en de (in sommige zonneparken gebruikte) optimizers verstoring kunnen veroorzaken van andere apparatuur. Ook verkeerd gelegde elektriciteitskabels kunnen verstoringen veroorzaken. Verstoring van belangrijke communicatiesystemen zoals voor C2000, AIS of marifonie of verstoring van radarsystemen door (onderdelen van) een zonnepark is niet gewenst. Het scheepvaartverkeer moet er 'blind' op kunnen vertrouwen dat deze systemen naar behoren functioneren. In noodsituaties kan dat letterlijk van levensbelang zijn. 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.

Bij zwemwaterveiligheid gaat het vooral om elektrische veiligheid. Voorkomen moet worden dat zwemmers een elektrische schok kunnen krijgen wanneer ze nabij de infrastructuur van het drijvend zonnepark komen en daarbij kunnen verdrinken door *electric shock drowning*. De achtergronden van de specifieke eisen met betrekking tot EMC en elektrische zwemwaterveiligheid worden in twee separate rapporten besproken [2][3].

Dit document bevat de 'kaders en richtlijnen', die Rijkswaterstaat zal gebruiken bij het toetsen van initiatieven van marktpartijen voor drijvende zonneparken; de eerste locaties betreffen de bekkens van de sluizencomplexen Krammer en Kreekrak en het baggerdepot de Slufter, die pilots zijn binnen het programma 'Hernieuwbare energie op rijksgrond'.

1.2 Doel en doelgroep

Dit document 'Kaders en richtlijnen Zwemwaterveiligheid en EMC' biedt vergunningverleners, initiatiefnemers en andere belanghebbenden inzicht in voorwaarden en vereisten die Rijkswaterstaat stelt aan het bouwen van drijvende zonneparken op rijkswateren, een vergunningplichtige activiteit, en de onderbouwing hiervan.

Rijkswaterstaat gebruikt deze kaders en richtlijnen bij het beoordelen van vergunningaanvragen die Rijkswaterstaat, als bevoegd gezag, hierover ontvangt. Waar andere overheden bevoegd gezag zijn, vormen de vereisten input voor Rijkswaterstaat voor overleg of advies over de vergunningverlening.

Het kader is van toepassing op het bouwen van drijvende zonneparken op rijkswateren, die immers invloed kunnen hebben op de zwemwaterveiligheid nabij de zonneparken en op de betrouwbaarheid van (onder meer) marifoniesystemen.

Mochten de voorwaarden en vereisten uit dit uitvoeringskader niet toepasbaar zijn voor een bepaald initiatief, dan betekent dat niet direct dat er geen vergunning mogelijk is. Mogelijk is het via het doorlopen van een maatwerktraject wel mogelijk om een vergunning te verlenen.

Het juridisch kader voor deze 'Kaders en richtlijnen Zwemwaterveiligheid en EMC' wordt primair gevormd door de Waterwet, het Waterbesluit en de Waterregeling. Het document is bindend voor Rijkswaterstaat en initiatiefnemers en informierend voor andere partijen.

Bij de inwerkingtreding van de Omgevingswet zal een update van deze Kaders en richtlijnen worden uitgebracht, waarvoor dan de Omgevingswet, het Besluit activiteiten leefomgeving en het Besluit kwaliteit leefomgeving het juridisch kader vormen. Ook andere factoren, zoals de ervaringen met de pilots in kwestie, kunnen een reden zijn voor een update.

1.3 Toepassingsgebied

Deze Kaders en richtlijnen zijn van toepassing op:

- het bouwen van drijvende zonneparken nabij de sluizencomplexen Krammer en Kreekrak (beide in Zeeland) en op baggerdepot de Slufter.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op het wettelijk kader voor drijvende zonneparken. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt tussen het publiekrechtelijk en het privaatrechtelijk kader. Voor wat betreft het publiekrechtelijk kader wordt aangeknoopt bij de Waterwet. Voor wat betreft het privaatrechtelijk kader wordt ingegaan op het 'technisch kader' dat bij ingebruikgevingen van rijksground via een grondovereenkomst wordt voorgeschreven.

In hoofdstukken 3 en 4 worden vervolgens de diverse richtlijnen besproken voor elektrische zwemwaterveiligheid resp. EMC. Aan de eisen in deze richtlijnen moet worden voldaan door exploitanten die op rijksground zonneparken zullen aanleggen. In Appendix A wordt de opbouw van een generiek zonnepark toegelicht. Appendix A is bedoeld ter informatie; de diverse termen worden door het hele document gebruikt. In Appendix B is een transpositietabel opgenomen, waarin de overeenkomstige artikelen op grond van de huidige wetgeving en op grond van de Omgevingswet naast elkaar vermeld staan.

2 WETTELIJK KADER VOOR DRIJVENDE ZONNEPARKEN

In de inleiding van dit document zijn twee rapporten genoemd waarin technische eisen zijn opgesteld over elektrische zwemwaterveiligheid en EMC. In dit (onderhavige) document zijn deze technische eisen omgezet in afdwingbare richtlijnen waar marktpartijen die op Rijkswaterstaat-locaties drijvende zonneparken zullen bouwen en exploiteren zich aan moeten houden. Dergelijke richtlijnen worden gewoonlijk (en bij voorkeur) geborgd via het bestuursrecht, middels vergunningen. Echter, de wetgever moet de vergunningverlener wel de bevoegdheid hiertoe hebben gegeven. Een bestuursorgaan mag de bevoegdheid tot het nemen van een besluit immers niet voor een ander doel gebruiken dan waarvoor die bevoegdheid is verleend (art. 3:3 Algemene wet bestuursrecht). In sommige gevallen is borging via het publiekrecht niet mogelijk. In die gevallen kan borging via het privaatrecht (via een overeenkomst) uitkomst bieden. In par. 2.1 wordt ingegaan op de publiekrechtelijke mogelijkheden via vergunningen, in par. 2.2 op de privaatrechtelijke via een overeenkomst.

2.1 Publiekrechtelijk kader: watervergunning en omgevingsvergunning

Voor het bouwen van een drijvend zonnepark zijn minimaal twee vergunningen noodzakelijk: een 'watervergunning' op grond van de Waterwet en een 'omgevingsvergunning'. Par. 2.1.1 gaat in op de watervergunning, par. 2.1.2 gaat in op de Omgevingsvergunning.

2.1.1 Watervergunning

De Waterwet regelt in hoofdzaak het beheer van 'watersystemen'. Een watersysteem kan onder meer oppervlaktewaterlichamen, waterkeringen en ondersteunende kunstwerken (zoals een sluizencomplex) omvatten. Ingevolge art. 2.1 lid 1 van de Waterwet is deze wet gericht op het voorkomen dan wel beperken van overstromingen, wateroverlast en waterschaarste, de bescherming en verbetering van kwaliteit van watersystemen en de vervulling van maatschappelijke functies door watersystemen. De Waterwet biedt de wettelijke grondslag voor diverse algemene maatregelen van bestuur en ministeriële regelingen, zoals het Waterbesluit en de Waterregeling. De Waterwet blijft van kracht totdat per 1 januari 2024 de Omgevingswet in werking treedt [4]. In Appendix B is een zogenoemde transpositietabel opgenomen, waarin voor de in dit document genoemde wetsartikelen (uit onder meer de Waterwet) is vermeld welk artikel uit de Omgevingswet hiermee correspondeert.

Met de aanleg van het zonnepark wordt gebruik gemaakt van een waterstaatswerk. Voor handelingen in watersystemen is doorgaans een watervergunning nodig (zie hoofdstuk 6 van de Waterwet). Rijkswaterstaat is voor de Waterwet bevoegd gezag als het gaat om watersystemen die door Rijkswaterstaat worden beheerd.

Art. 6.5 aanhef en onder c van de Waterwet bepaalt dat het verboden is om zonder daartoe strekkende vergunning gebruik te maken van een waterstaatswerk (of een daartoe behorende beschermingszone) door, "anders dan in overeenstemming met de functie, daarin, daarop, daarboven, daarover of daaronder werkzaamheden te verrichten, werken te maken of te behouden, dan wel vaste substanties of voorwerpen te storten, te plaatsen of neer te leggen, of deze te laten staan of liggen". Art. 6.12 van het Waterbesluit werkt dit nog verder uit.

De aanleg en exploitatie van een drijvend zonnepark op een rijkswater is een gebruik van een water dat niet overeenkomstig de functie is. Dit is overigens niet van belang aangezien er een werk wordt gemaakt *op* het water. De toevoeging 'anders dan in overeenstemming met de functie' moet zeer restrictief worden opgevat. Ook als een rijkswater de functie scheepvaart heeft is het maken van een laad- en losplaats voor schepen vergunningplichtig. Voor de aanleg van een drijvend zonnepark is derhalve een watervergunning vereist.

Op grond van artikel 6:20 van de Waterwet kan de vergunningverlener voorschriften aan de vergunning verbinden. Deze moeten ten dienste staan van de verwezenlijking van de doelstellingen van de Waterwet, neergelegd in art. 2.1 lid 1 van de Waterwet. Dat wil zeggen de voorschriften zodanig moeten zijn dat de activiteit past binnen de doelstelling van de wet.

Op grond van artikel 2.1 lid 1 sub c van de Waterwet is de wet (ook) gericht op de vervulling van maatschappelijke functies door watersystemen. Functies die in het geval van het bouwen van een drijvend zonnepark op een waterstaatswerk mogelijk worden belemmerd en waarvan de veiligheid in gevaar kan komen zijn de functies *recreatief zwemmen* en *scheepsvaart*. Een andere functie die in gevaar kan komen is *vissen*, zowel vanaf de oever als vanaf plezierboten (zoals *belly boats*). Verder zullen soms ook voor werkzaamheden in het water, in de buurt van een drijvend zonnepark, ook voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen. Aangenomen wordt echter dat het beschermingsniveau voor zwimmers ook voldoende is voor deze twee laatstgenoemde categorieën.

2.1.1.1 Functie *recreatief zwemmen*

De functie *recreatief zwemmen* kan in gevaar komen als de mogelijkheid bestaat dat zwemmers een elektrische schok kunnen krijgen wanneer ze nabij of in aanraking met de infrastructuur van het drijvend zonnepark komen. In het bijzonder wordt hier gewezen op het verschijnsel van *electric shock drowning* (ESD), in het Nederlands vertaald als elektrische schokverdrinking. ESD kan zich voordoen bij een zwemmer, terwijl er een elektrische wisselstroom door zijn lichaam vloeit. Als de stroom sterk genoeg is kunnen spierverlammingen optreden, waardoor de persoon de controle over zijn lichaam verliest en daardoor kan verdrinken. Hogere stroomniveaus in het water kunnen zelfs leiden tot directe elektrocutie met de dood tot gevolg.

Vooraf in de Verenigde Staten en Canada is veel aandacht voor ESD, in Nederland is dat minder [5]. ESD is de verzamelaar naam geworden voor alle slachtoffers van schokken in het water. Hoewel ESD vrijwel overal kan voorkomen waar elektriciteit wordt geleverd in de buurt van water, hebben de meeste sterfgevallen door elektrische schokverdrinking plaatsgevonden in jachthavens en bij dokken. Het typische slachtoffer van ESD is een kind dat in of rond een jachthaven of dok zwemt waar elektriciteit aanwezig is. De elektriciteit die in het water komt en ESD veroorzaakt, is afkomstig van de bedrading van de aanlegsteiger of jachthaven, of van boten die zijn aangesloten op de stroomvoorziening van de jachthaven of de aanlegsteiger. ESD kan zich ook voordoen nabij drijvende zonneparken, als deze niet veilig zijn aangelegd. Om elektrische veiligheid te kunnen waarborgen, moeten daarom voorzorgsmaatregelen worden genomen.

In jurisprudentie is bepaald dat recreatie, zoals zwemmen, wordt gezien als een maatschappelijke functie als bedoeld in art. 2.1 lid 1 sub c van de Waterwet [6].

De doelstellingen van waterbeheer die zijn opgesomd in artikel 2.1, eerste lid, zullen in onderlinge samenhang richtinggevend zijn bij de toepassing van alle bevoegdheden en de verdere uitvoering van de Waterwet. Dit is de kern van integraal waterbeheer. Zo staat, als voorbeeld, de vergunningverlening voor lozingen niet alleen ten dienste van de milieukwaliteit, maar waar nodig ook van het kwantiteitsbeheer en het veilig gebruik van watersystemen door scheepvaart of recreanten [7]. Het verbinden van voorschriften aan een vergunning, als bedoeld in art. 6.20 Waterwet, moet hiermee in lijn zijn.

2.1.1.2 Functie *scheepsvaart*

Op de primaire vaarwegen is scheepvaart niet weg te denken. Het is evident dat *scheepvaart* een primaire functie is op de grote rivieren en kanalen en op de Noordzee, water dat door Rijkswaterstaat wordt beheerd. De functie scheepvaart komt in gevaar als systemen die belangrijk zijn voor scheepvaartnavigatie, verkeersbegeleiding en nautische communicatie op welke reden dan ook verstoord raken. In het bijzonder gaat het om systemen voor marifonie en AIS. Het is ongewenst als de betrouwbaarheid en de continuïteit van deze systemen achteruit gaan. Rijkswaterstaat is zowel gebruiker als beheerder van systemen voor marifonie en AIS.

De marifoon is bedoeld voor maritieme communicatie tussen schepen onderling of tussen een schip en een vaste locatie aan de wal, bijvoorbeeld een verkeerspost op een sluislocatie. Het systeem ondersteunt ook nautisch berichtenverkeer. De gebruikte radiofrequenties liggen in de VHF-band (tussen 156 en 162 MHz). Het maximale bereik van een marifoonsysteem ligt in de orde van enkele tientallen kilometers; dit is onder meer afhankelijk van de antennehoogte en het zendvermogen.

Het AIS-systeem (*automatic identification system*) is een locatiesysteem ten behoeve van verkeersmanagement. Hiermee wordt de veiligheid van scheepvaart op zeeën en op binnenwateren verhoogd. Het systeem is gebaseerd op transponder-technologie: AIS-transponders zenden automatisch, met regelmatige tussenpozen, gegevens uit over het schip, zoals de naam van het schip, de positie en de snelheid. De gebruikte radiofrequenties liggen ook in de VHF-band (rond 162 MHz).

Elektrische en elektronische apparaten en systemen die zich in elkaars nabijheid bevinden, kunnen elkaar onderling beïnvloeden. Dit wordt elektromagnetische interferentie genoemd. Deze beïnvloeding is meestal ongewenst en kan resulteren in verstoring van de functie van apparaten of systemen. Ook onderdelen van zonneparken kunnen systemen, zoals voor marifonie en voor AIS, verstoren. Dit wordt regelmatig ondervonden, reden om voorzorgsmaatregelen te nemen.

Bij de vergunningverlening door Rijkswaterstaat zullen voorschriften worden verbonden aan de watervergunning die het gevaar voor deze beide functies wegnemen, ter garanderen van de functies zwem- en scheepvaartveiligheid. Door dergelijke voorschriften op te nemen, kan het gevaar op een doelmatige en proportionele manier worden weggenomen.

2.1.1.3 Andere bevoegde gezagen

Zowel Rijkswaterstaat als waterschappen kunnen op grond van de Waterwet bevoegd gezag zijn en daarmee verantwoordelijk voor vergunningverlening.

Als er meer dan één bestuursorgaan betrokken is, geldt de 'samenloopregeling' (art. 6.17 Waterwet). Daarbij is de hoofdregel onder de Waterwet dat het hoogste bevoegd gezag de aanvraag in behandeling neemt. Op deze regel kunnen de betrokken bestuursorganen een uitzondering maken. Ze kunnen gezamenlijk bepalen wie, in afwijking van de hoofdregel, het bevoegd gezag wordt. Als betrokken bestuursorganen hierover geen overeenstemming bereiken, geldt de hoofdregel.

Het bevoegd gezag deelt aan de aanvrager mede dat de aanvraag wordt behandeld. Ook wordt vermeld welke procedure voor de verlening van de watervergunning geldt (art. 6.15 Waterwet).

Het bevoegd gezag dat de vergunningaanvraag behandelt, is niet alleen bevoegd voor de vergunningverlening, maar ook voor de handhaving op de vergunning en eventuele toekomstige wijzigingen van de vergunning.

De betrokken bestuursorganen die op grond van art. 6.17 Waterwet geen bevoegd gezag zijn, hebben het recht om advies te geven over de aanvraag of het ontwerpbesluit. Als het waterschap bevoegd gezag is en een keurvergunning verleent, is daarmee doorgaans het door Rijkswaterstaat te beschermen belang ook afgedekt.

2.1.2 Omgevingsvergunning

Voor de bouw van een bouwwerk is ook een omgevingsvergunning nodig. Dit is bepaald in art. 2.1 lid 1 van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo). Ontwikkelaars in de bouw moeten zich verder houden aan de diverse wetten en regels, waaronder die uit (of op grond van) de Woningwet, de Wet milieubeheer en het Bouwbesluit 2012.

Een bouwwerk mag geen gevaar opleveren voor bewoners, gebruikers en omgeving. Daarom heeft de overheid in het Bouwbesluit 2012 voorschriften voor veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en milieu vastgelegd. Een bouwwerk moet altijd voldoen aan die voorschriften. Een 'bouwwerk' kan een gebouw zijn, maar dat hoeft niet [8]. Een drijvend zonnepark is in de zin van de Wabo óók een bouwwerk. Bevoegd gezag zijn hierbij burgemeester en wethouders van de gemeente waar het bouwwerk wordt opgericht. Toezicht en handhaving van de regels uit het Bouwbesluit 2012 is dus belegd bij de decentrale overheid. Omdat Rijkswaterstaat hier geen bevoegd gezag is, wordt niet verder op de Omgevingsvergunning ingegaan.

2.2 Privaatrechtelijk kader: overeenkomst met exploiterende marktpartij

Als het niet mogelijk is om richtlijnen, zoals in dit document genoemd, middels vergunningen te borgen via het bestuursrecht, zal de privaatrechtelijke weg bewandeld worden. Waar het gaat om zogenoemde 'ingebruikgevingen' van rijksgrond (van zichzelf een privaatrechtelijke handeling), heeft de Staat privaatrechtelijke instrumenten. Voor het Rijksvastgoedbedrijf is dit de 'grondovereenkomst', voor Rijkswaterstaat is dit het 'technisch kader'.

Het technisch kader is een onderdeel van de grondovereenkomst die het Rijksvastgoedbedrijf sluit met de uiteindelijke marktpartij (de exploitant). In het geval van een drijvend zonnepark is dit meestal een huurovereenkomst. Het technisch kader bevat alle criteria die Rijkswaterstaat stelt aan de ingebruikgeving van Rijkswaterstaatgrond aan een derde. Regels hierover zijn opgenomen in de Regeling beheer onroerende zaken Rijk 2017 (een ministeriële regeling bij de Comptabiliteitswet 2016).

Volgens deze ministeriële regeling is de formele route bij een ingebruikgeving dat het Rijksvastgoedbedrijf aan Rijkswaterstaat vraagt of Rijkswaterstaat bezwaar heeft tegen de ingebruikgeving. Rijkswaterstaat geeft via een vastgoedbesluit aan of het bezwaar heeft of niet. Rijkswaterstaat mag daarin aangeven dat het geen bezwaar heeft, zolang aan bepaalde criteria en voorwaarden wordt voldaan (het technisch kader). Dat technisch kader (inclusief een handhavingsmechanisme) legt het Rijksvastgoedbedrijf vervolgens op aan de exploitant.

In het technisch kader mag Rijkswaterstaat alle voorwaarden opnemen die:

- rechtstreeks verband houden met de wettelijke taken van Rijkswaterstaat;
- rechtstreeks verband houden met het beleid waarvoor Rijkswaterstaat verantwoordelijk is;
- rechtstreeks verband houden met de feitelijke uitvoering van het materieelbeheer;
- het onnodig ontstaan van schade en kwaliteitsverlies van de grond voorkomen; of
- de kans op schade aan derden zoveel mogelijk voorkomen.

3 RICHTLIJNEN VOOR ELEKTRISCHE ZWEMWATERVEILIGHEID

In twee achtergrondrapporten zijn technische eisen opgesteld over elektrische zwemwaterveiligheid en EMC [2] [3]. Dit is in de inleiding toegelicht. In één van deze rapporten zijn hiertoe ook enkele referentieontwerpen gemaakt voor een drijvend zonnepark. Op basis van afwegingen bij deze referentieontwerpen is een aantal keuzes gemaakt voor het elektrisch ontwerp van een drijvend zonnepark en zijn eisen opgesteld ten aanzien van de elektrische veiligheid. Onder meer zijn simulaties uitgevoerd om de minimale veilige afstand tot een drijvend zonnepark voor personen in het water te bepalen. De gestelde eisen zijn zo generiek dat zij op elk ontwerp van toepassing zijn. In dit hoofdstuk worden achter-eenvolgens (per component van een zonnepark) de diverse vereisten voor EMC doorgenomen en geformuleerd als richtlijn.

3.1 Algemeen elektrisch ontwerp

Ten behoeve van de elektrische zwemwaterveiligheid dienen de volgende aspecten te worden meegenomen in het ontwerp van een drijvend zonnepark.

Richtlijn 1: Alle onderdelen van een zonnepaneelinstallatie moeten zijn voorzien van een CE-keurmerk.

Toelichting:

Een CE-keurmerk is eigenlijk al een plicht op grond van de geldende wetgeving, maar wordt soms toch over het hoofd gezien door exploitanten van zonneparken. Daarom is deze eis hier expliciet opgenomen.

Richtlijn 2: In het ontwerp van de zonnepaneelinstallatie dient de DC-zwerfstroom, en de daarbij horende aantasting van metalen, minimaal te zijn.

Toelichting:

Het materiaal voor de aardelektrode dient zodanig gekozen te zijn dat de elektrode minimaal oplost of corrodeert door de DC-zwerfstromen. Om aantasting door DC zwerfstromen te voorkomen dient gekozen te worden voor kunststoflijnen (met hoge vezelsterkte) voor de verankering.

Richtlijn 3: Ten behoeve van de elektrische zwemwaterveiligheid dient in het systeem aarding en potentiaalvereffening aanwezig te zijn.

Toelichting:

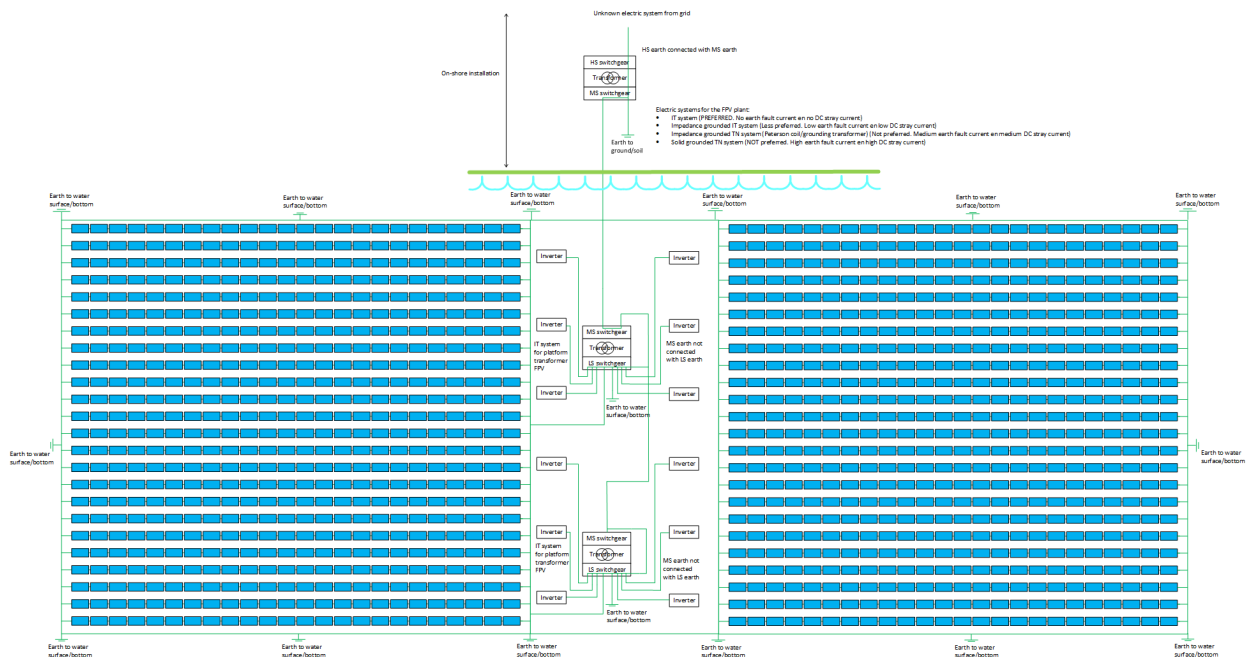
Een drijvend zonnepark bestaat altijd uit één of meer 'eilanden', dit zijn afgebakende gebieden met zonnepanelen. Rondom het totale zonnepark (inclusief de elektrische apparatuur) dient een aardingsnet aangebracht te worden. Elke 50 meter en op de hoekpunten van de eilanden worden aardelektrodes in het water aangebracht met een aardverspreidingsweerstand van maximaal 1 Ohm. Hiermee wordt de aanraakspanning bij een elektrische fout voor de zwemmer vanuit het water beperkt. Op het aardingsnet moeten alle metalen gestellen zijn geaard/vereffend (conform NEN 1010). Voor de zwemwaterveiligheid moet het aardingsnet van het eiland zijn aangesloten op de aarding van het walstation, zodat een eventuele aardfoutstroom door de aardverbinding kan lopen en niet door het water. Een schematisch overzicht van het aardingsnet is weergegeven in Figuur 1. NB: In Appendix C is Figuur 1 groter afgedrukt.

3.2 Zonnepanelen

Richtlijn 4: Gebruik PV-modules met een aluminium frame en vereffen deze met het aardingsnet.

Toelichting:

Gebruik in verband met de mechanische sterkte (wind- en golfbelasting) PV-modules met een aluminium frame. Deze aluminium frames dienen vereffend te worden met het aardingsnet (conform NEN 1010).



Figuur 1 Schematisch overzicht van het aardingsnet (zie ook Appendix C).

3.3 DC-bekabeling

Richtlijn 5: Voorkom lusvorming in de DC-kabels. De DC-bekabeling dient te voldoen aan NEN 1010.

Toelichting:

De DC-bekabeling voldoet aan NEN 1010. De DC-kabels moeten voldoende flexibel zijn, geschikt voor maritieme toepassingen en dienen voldoende te worden ondersteund. Om storingen te voorkomen dient de kabel uit één stuk te zijn. De positieve en negatieve kabel van elke string dienen gescheiden bij elkaar te worden gelegd in hetzelfde kabeltracé in de nabijheid van de aardgeleider, ter voorkoming van een DC-lus. Dit is ook een eis vanuit EMC. Zie ook par. 4.3.

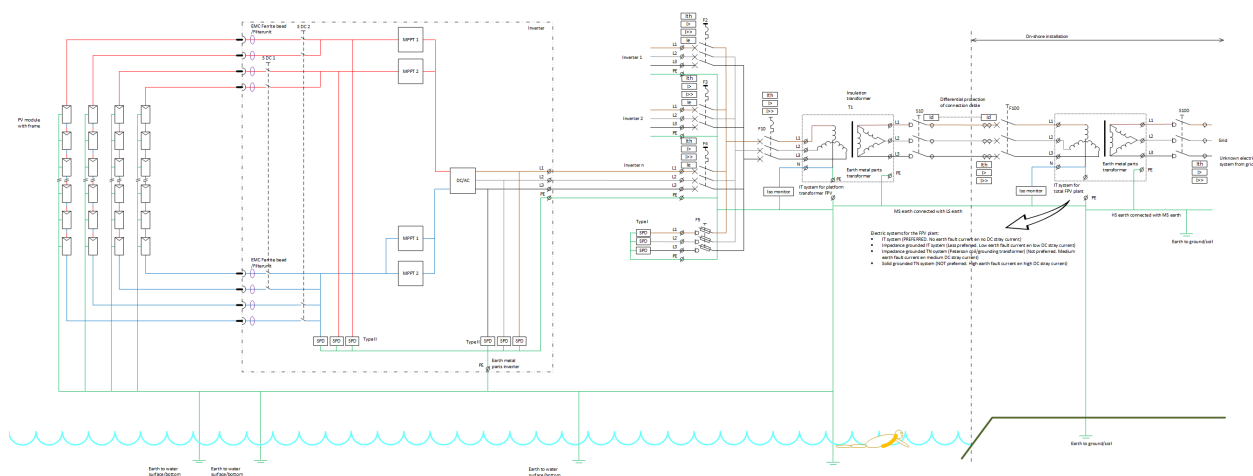
3.4 Omvormers

Richtlijn 6: In het ontwerp voor de zonnepaneelinstallatie worden geen optimizers, centrale omvormers of micro-omvormers gebruikt.

Toelichting:

In verband met de moeilijke bereikbaarheid voor reparatie en/of onderhoud wordt het gebruik van optimizers of micro-omvormers ten sterkste ontraden. Centrale omvormers worden niet gebruikt in verband met de grotere kans op uitval door een te lage isolatiewaarde van het DC-netwerk (DC-kabels en PV-modules). Tevens ontstaat door het grote DC-vermogen een grote DC-foutstroom, die niet wordt afgeschakeld door de beveiliging. Hierdoor zal bij een kortsluiting door het water de fout niet worden afgeschakeld, met nadelige gevolgen voor de elektrische zwemwaterveiligheid.

Als omvormer wordt een stringomvormer gekozen, waarbij de maximaal optredende DC-stroom beperkt is tot 300 A, zodat de gewenste elektrische zwemwaterveiligheid in combinatie met de voorgeschreven veilige afstand (zie par. 3.8), gerealiseerd kan worden. Overspanningsbeveiliging type II aan DC- en AC-zijde van de omzetter. De omvormer wordt aangesloten op een 800 V_{AC}-netwerk volgens een IT-stelsel. Een IT-stelsel is gekozen om AC-aardfoutstromen en de DC-zwerfstromen te minimaliseren; dit zijn mogelijke oorzaken voor het defect raken van de omvormer. Een schematisch overzicht van het elektrische stelsel, de aarding en de potentiaalvereffening is weergegeven in Figuur 2. NB: In Appendix C is Figuur 2 groter afgedrukt.



Figuur 2 Schematisch overzicht van het elektrische stelsel, de aarding en de potentiaalvereffening (zie ook Appendix C).

3.5 AC-bekabeling, laagspanning

Richtlijn 7: Gebruik voor de AC-bekabeling aan de laagspanningszijde flexibele maritieme kabels die zijn verbonden met het aardingsnet.

Toelichting:

Voor de AC-bekabeling aan de laagspanningszijde dienen flexibele maritieme kabels gebruikt te worden die geschikt zijn voor 800 V (zonder nul als de omzetter dit toelaat) en met aardscherm. Om storingen te voorkomen dient de kabel uit één stuk te zijn vervaardigd. De laagspanningskabelverbinding dient voorzien te zijn van een aardscherm en verbonden te zijn met het aardingsnet.

3.6 Transformatorstation LS/MS

Richtlijn 8: Het elektrisch stelsel van de laagspanningszijde van het transformatorstation is een IT-stelsel.

Toelichting:

Om AC-aardfoutstromen en DC-zwerfstromen zoveel mogelijk te beperken, dient het elektrisch stelsel van de laagspanningszijde een IT-stelsel te zijn. Hierbij is isolatiebewaking aanwezig conform NEN 1010. Het IT-stelsel is ook voorgeschreven om de maximaal optredende AC-foutstroom te beperken tot de capacatieve laadstroom van de installatie, zodat de gewenste elektrische zwemwaterveiligheid in combinatie met de voorgeschreven veilige afstand (zie par. 3.8) gerealiseerd kan worden.

Het aardscherm van de binnenkomende middenspanningskabel is verbonden met de aarding en potentiaalvereffening (aardingsnet) van de zonnepaneelinstallatie en met de aarding van het walstation, zodat een eventuele aardfoutstroom door de aardverbinding kan lopen en de gewenste elektrische zwemwaterveiligheid kan worden gerealiseerd.

Richtlijn 9: De middenspanningskabels tussen het walstation en de FPV en tussen de FPV-eilanden onderling voldoen aan IEC 60502.

Toelichting:

Voor de middenspanningskabels tussen het walstation en de FPV en tussen de FPV-eilanden onderling worden flexibele maritieme kabels gekozen, zonder nul maar met aardscherm. Het aardscherm van de middenspanningskabel is verbonden met de aarding en potentiaalvereffening (aardingsnet) van de FPV-installatie en met de aarding van het walstation, zodat een eventuele aardfoutstroom door de aardverbinding kan lopen en de gewenste elektrische

zwemwaterveiligheid kan worden gerealiseerd. Er worden duurzame en sterke trekcontlastingen voor de kabel gebruikt. De kabel mag geen scherpe bochten maken in verband met de levensduur van de kabel.

De kabels tussen het walstation en de FPV en de FPV-eilanden onderling moeten beveiligd worden met een kabeldifferentiaalbeveiliging om een zeer snelle afschakeling bij aardfouten te realiseren.

3.7 Walstation (middenspanning) en netaansluiting

Richtlijn 10: Het walstation en de netaansluiting moeten afdoende geaard zijn.

Toelichting:

Het aardscherm van de middenspanningskabel naar de zonnepaneelinstallatie is verbonden met de aarding en potentiaalvereffening (aardingsnet) van de zonnepaneelinstallatie en met de aarding van het walstation, zodat een eventuele aardfoutstroom door de aardverbinding kan lopen en de gewenste elektrische zwemwater veiligheid kan worden gerealiseerd. Om voldoende doorsnede van de aardverbinding te hebben kan een extra aarddraad te worden aangebracht tussen het walstation en de zonnepaneelinstallatie.

Het elektrisch stelsel van het (eventueel nieuw te bouwen) walstation met een MS/HS-transformator voor de FPV-plant is een IT-stelsel om AC-aardfoutstromen en DC zwerfstromen zoveel mogelijk te beperken.

Er is isolatiebewaking aanwezig voor IT-stelsel.

Noot:

Indien de zonnepaneelinstallatie direct verbonden wordt met het net van de regionale netbeheerder (dus zonder walstation met transformator) dan moet een aardverbinding (via aardschermen van de kabel en afzonderlijke aardkabels) tussen een eiland van het zonnepark en het walstation aanwezig zijn. Doordat direct aangesloten wordt op het net van de netbeheerder is de aannemer afhankelijk wat beschikbaar wordt gesteld door de netbeheerder. De volgende elektrische stelsels kunnen voorkomen:

- IT-systeem (geen aardlekstroom en geen DC-zwerfstroom, geen AC-aardfoutstroom);
- impedantie geaard IT-systeem (lage AC-aardfoutstroom en lage DC-zwerfstroom);
- impedantie geaard TN-systeem (Peterson-spoel / aardingstransformator of weerstand) (Medium AC-aardfoutstroom en medium DC-zwerfstroom);
- solide geaard TN-systeem (hoge AC-aardfoutstroom en hoge DC-zwerfstroom).

De kabels tussen het walstation en de FPV moeten beveiligd worden met een kabeldifferentiaalbeveiliging om een zeer snelle afschakeling bij aardfouten te realiseren.

3.8 Minimaal veilige afstand

Het ontwerpen van een drijvend zonnepark volgens beschikbare standaarden en met de voorgaande ontwerpkeuzes voorkomt niet volledig dat er onveilige situaties voor zwemmers kunnen ontstaan in het geval van elektrische fouten in het water. Er is op basis van referentieontwerpen en simulaties van elektrische stroom in het water wel een minimale veilige afstand tot het drijvende zonnepark bepaald.

In een separaat onderzoek zijn voor verschillende referentieontwerpen mogelijke foutszenario's bepaald. Hierin zijn zowel voor de 'worst case'-scenario's bij gelijkspanning als bij wisselspanning de veilige afstanden bepaald [3]. Dit is gedaan zowel voor zoet als zout water. De onveilige gebieden in zout water kleiner zijn dan in zoet water. De minimaal veilige afstand (inclusief 10% extra marge) in zoet water bedraagt 40 meter bij een AC-foutstroom van maximaal 7,9 kA.

Deze berekening is voor elk drijvend zonnepark verschillend. De voorgestelde afstand geldt mits men dezelfde of kleinere aardfoutstromen heeft. Het gepresenteerde ontwerp rekent met zoet water, houdt nog geen rekening met de

aardverbinding tussen de FPV-installatie en de wal. Indien deze verbinding er is, loopt de stroom door de aardverbinding en zou de veiligheidsafstand van 40 meter kleiner kunnen zijn. Echter, mocht deze aardverbinding falen, dan is de veiligheid alsnog gegarandeerd door de veiligheidsafstand van 40 meter.

Tevens zal Rijkswaterstaat, zowel bij de Kreekrak- als de Krammersluizen, eisen stellen aan afscheidingen en afscherming en zullen waarschuwings- en verbodsborden worden geplaatst bij het nabijgelegen zwemwater c.q. het aangrenzende viswater. Omdat er op het bufferbekken van de Kreekraksluizen gevist wordt kan er, om verstrikking met werplijnen te voorkomen, aan de westzijde en oostzijde geen ballenlijn geplaatst worden.

Het gebruik van zogenaamde *belly boats* binnen de minimaal veilige afstand voor zwemmers is toegestaan, omdat er bij gebruik van belly boats geen verdrinkingsgevaar is in geval van de onderzochte foutstromen door het water. Het gebruik van een geleidende vislijn is niet toegestaan, omdat een visser een gevaarlijke elektrische schok kan krijgen via de vislijn als ook het water wordt aangeraakt.

Indien er werkzaamheden in het water binnen de minimale veilige afstand uitgevoerd moeten worden, zullen een risico-beoordeling en een veiligheidsplan betreffende zwemwaterveiligheid gemaakt dienen te worden.

4 RICHTLIJNEN VOOR ELEKTROMAGNETISCHE COMPATIBILITEIT

Elektrische en elektronische apparatuur moet aan de essentiële eisen uit de EMC-richtlijn voldoen. Dit geldt ook voor de afzonderlijke onderdelen van een zonnepaneelinstallatie (en ook voor de installatie als geheel). De richtlijn bepaalt via geharmoniseerde normen hoeveel uitstraling een zonnepaneelinstallatie mag genereren. 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. Om deze reden zijn in dit hoofdstuk extra richtlijnen gedefinieerd, die gebaseerd zijn op het eerdergenoemde, door DNV opgestelde achtergronddocument [2].

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens per component van een zonnepark de diverse vereisten voor EMC weergegeven. De hoofdvoorwaarde waaraan moet worden voldaan is dat de zonnepaneelinstallatie geen onacceptabele verstoring opwekt voor marifoonverkeer, AIS en C2000. Per vereiste is een korte toelichting vermeld. Meer toelichting is te vinden in zojuist genoemd achtergronddocument [2].

4.1 Zonnepanelen

Richtlijn 1: Alle onderdelen van een zonnepaneelinstallatie moeten zijn voorzien van een CE-keurmerk.

Toelichting:

Zonnepanelen zorgen zelf niet voor elektromagnetische verstoringen in de omgeving. Zonnepanelen zetten alleen licht om in een gelijkspanning. Wel is het verplicht om in een zonnepaneelinstallatie panelen te gebruiken met een CE-keurmerk. Ook alle andere onderdelen van de installatie dienen een CE-keurmerk te hebben. Een CE-keurmerk is een wettelijke plicht, maar wordt regelmatig toch over het hoofd gezien door exploitanten van zonneparken.

4.2 Omvormers en optimizers

Richtlijn 2: Gebruik in het ontwerp géén optimizers, omdat deze storing produceren.

Toelichting:

Soms worden in zonneparken optimizers toegepast. Deze worden doorgaans tussen de zonnepanelen en de omvormers geplaatst om de productie van het zonnepark te optimaliseren. Optimizers ondervangen het klassieke probleem van een zonnepark, namelijk dat de productie wordt gemaximeerd door het slechtst presterende paneel. Als namelijk op één van de panelen, tijdelijk, schaduw valt, daalt daardoor de opbrengst van de gehele streng. Met inzet van de optimizers kunnen de individuele panelen tot hun maximale capaciteit worden benut. Optimizers en andere componenten communiceren met elkaar door middel van Power Line Communicatie (PLC); de communicatie verloopt dan via de bekabeling waarmee deze apparaten met elkaar zijn verbonden.

Optimizers kunnen (frequentieafhankelijke) elektromagnetische verstoring veroorzaken van andere apparatuur, zoals voor marifonie, die in hetzelfde frequentiegebied opereert. De optimizers communiceren via PLC met de omvormers. Omdat dergelijke signalen niet gefilterd kunnen worden, kunnen deze voor de omgeving problemen opleveren. Om deze redenen moet de toepassing van optimizers worden ontmoedigd.

Richtlijn 3: Concentreer de plaatsing van de omvormers zo veel mogelijk op één locatie. De onderlinge afstand tussen de omvormers en een marifoon- of AIS-ontvanger is minimaal 100 meter. De afstand tot een C2000-systeem is minimaal 500 meter.

Toelichting:

Omvormers zetten de gelijkspanning die door de zonnepanelen wordt opgewekt om in een wisselspanning van 50 hertz, zodat de opgewekte elektriciteit op het lichtnet kan worden ingevoed. Bij zonneparken in het zakelijke segment zijn op hoofdlijn twee groepen te onderscheiden: soms wordt een centrale omvormer gebruikt, soms worden meerdere decentrale omvormers gebruikt. In dat laatste geval is het vanuit EMC-optiek het beste om de omvormers zo veel mogelijk bij elkaar, op één locatie te plaatsen, op een onderlinge afstand van enkele meters.

Rijkswaterstaat heeft eisen opgesteld voor marifoonverkeer en AIS-systemen. Kortweg komen deze eisen (voor de Krammer- en Kreekraksluizen) erop neer dat met een zendvermogen van 1 watt een storingsvrij bereik mogelijk moet zijn van 8 km, gemeten vanaf de zender. Voor schepen onderling geldt dat zij minimaal tot een afstand van 1200 meter storingsvrij met elkaar moeten kunnen communiceren.

Uit het achtergrondrapport blijkt dat schepen bij onderlinge communicatie geen hinder zullen ondervinden van omvormers, mits deze apparatuur aan de normen voldoet. De signaalsterkte voor communicatie tussen schepen onderling ligt ruim boven de limieten uit de norm, ook als een extra ruismarge wordt aangehouden [2].

Op een afstand van 8 km is de signaalsterkte van de zender 59,0 dB μ V/m. Dit is 19 dB hoger dan de maximale emissiewaarden uit geharmoniseerde normen (voor marifoon- en AIS-frequenties is dat 40 dB μ V/m – voor zwaar-industriële apparatuur is de 'beschermingsafstand' dan 30 meter). Als men, zoals in het achtergronddocument is aangegeven, een signaal-ruisafstand van minimaal 20 dB (in plaats van 19) wil aanhouden, wordt de beschermingsafstand hierdoor iets hoger, namelijk 35 meter (afgerond). Bij gebruik van slechts één omvormer dient de minimale afstand tussen omvormer en ontvangantenne voor marifoon of AIS dus 35 meter te zijn.

Meestal worden meer omvormers gebruikt. Als meer omvormers worden toegepast, kan het ruisniveau toenemen, en dient rekening te worden gehouden met een mogelijk hogere emissie ten gevolge van het cumulatieve effect. Voor dit effect is het van belang hoe dicht de omvormers bij elkaar in de buurt staan. De minimaal in acht te nemen afstand is afhankelijk van het aantal omvormers en van het emissieniveau van de te gebruiken omvormer. Eigenlijk zou de in acht te nemen beschermingsafstand van geval tot geval afzonderlijk moeten worden berekend. Uit berekeningen in een *worst case*-situatie een afstand van ongeveer 100 meter voldoende is tussen de omvormers en de ontvangers voor marifonie en AIS om gevrijwaard te blijven van storing. Voor C2000 is deze afstand 500 meter. Deze afstanden moeten ook in acht worden genomen als de omvormers in een lange rij naast elkaar geplaatst worden. Voor andere systemen dan marifonie, AIS en C2000 moet afhankelijk van de zendfrequentie bepaald worden wat de minimale afstand is. Voor zendfrequenties tussen 30 en 230 MHz is dit 100 meter, voor frequenties tussen 230 en 1000 MHz 500 meter [2].

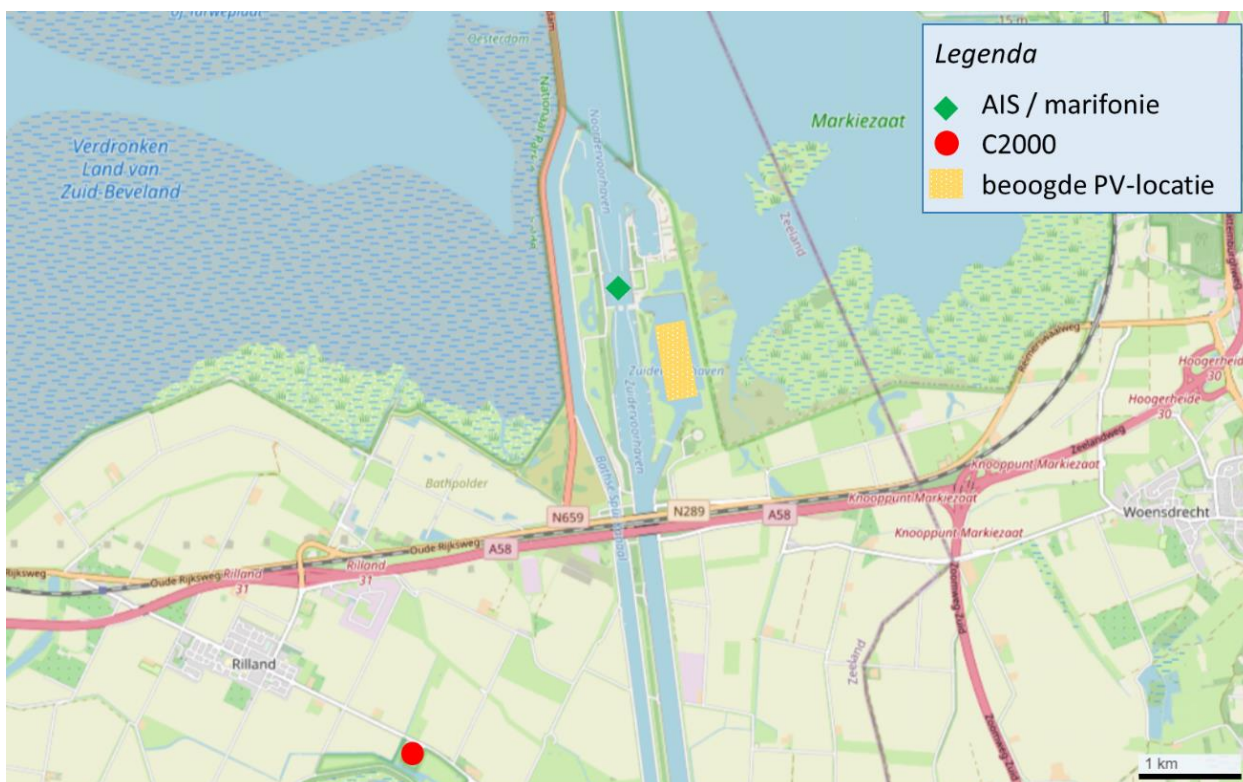
Het is niet mogelijk om te eisen dat de signaalsterkte van een omvormer (ver) beneden de limiet van 40 dB μ V/m uit de geharmoniseerde normen blijft. Dit laat de EMC-richtlijn immers niet toe: als aan de essentiële eisen uit de EMC-richtlijn is voldaan, mag de apparatuur binnen de EU op de markt worden gebracht. Daarom wordt in plaats hiervan een afstandseis gesteld. Deze 'beschermingsafstand' is afhankelijk van het aantal omvormers. Berekend is dat in een *worst case*-situatie deze afstand 100 meter is voor de frequenties waarop marifoon- en AIS-systemen werken.

Een omvormer kan ook nog in het geheel worden afgeschermd om extra demping te creëren. Geadviseerd wordt om omvormers toe te passen die later te filteren zijn op zowel de DC-kabelaansluitingen als de AC-aansluiting en waarvan de fabrikant de garantie geeft dat met toevoeging van extra filters en eventuele EM-behuizing de garantievoorzwaarden gerespecteerd zullen blijven. In de omvormer kunnen ook ferrietkralen worden toegepast in het laagdoorlaatfilter om de transiënten, veroorzaakt door het schakelen, tegen te houden. Dergelijke maatregelen moeten meestal specifiek voor een bepaalde configuratie worden ontworpen.

In Figuren 3 tot en met 5 is het gebied aangegeven rond respectievelijk de Krammersluis, de Kreekraksluis en de Slufter. In de afbeeldingen is in okergeel globaal steeds de locatie aangegeven waar de drijvende zonnepaneelinstallatie is beoogd. Met een groene ruit zijn de locaties aangegeven waar zich op dit moment marifooninstallaties bevinden. Deze informatie is afkomstig uit het 'Antenneregister' van het Antennebureau, onderdeel van de Rijksinspectie Digitale Infrastructuur (de toezichthouder die in Nederland het gebruik van radiofrequenties controleert). In het Antenneregister staan de ligging en de gegevens van alle antennes in Nederland. In de afbeeldingen zijn met een rode stip ook de locaties aangegeven van C2000-antennes. Deze informatie staat *niet* in het Antenneregister. Voor deze locaties is gebruik gemaakt van de website www.c2000masten.nl, een *niet-officiële* website ontwikkeld en onderhouden door liefhebbers van telecommunicatie-infrastructuur. Bij gunning dient de exploitant te onderzoeken of deze informatie correct is.



Figuur 3 Locatie drijvend zonnepark nabij de Krammersluizen. [Afbeelding: OpenStreetMap]



Figuur 4 Locatie drijvend zonnepark nabij de Kreekraksluizen. [Afbeelding: OpenStreetMap]



Figuur 5 Locatie drijvend zonnepark nabij de Slufter. [Afbeelding: OpenStreetMap]

Richtlijn 4: Gebruik omvormers die conform EN 55011 getest en goedgekeurd zijn (en waarbij ook emissiemetingen op DC-kabels zijn uitgevoerd).

Toelichting:

De essentiële eisen uit de EMC-richtlijn (richtlijn 2014/30/EU) zijn dat apparatuur, rekening houdend met de *stand van de techniek*, zodanig moet zijn ontworpen en vervaardigd dat wordt gegarandeerd dat:

- de opgewekte elektromagnetische verstoringen niet het niveau overschrijden waarboven radio- en telecommunicatieapparatuur en andere uitrusting niet meer overeenkomstig hun bestemming kunnen functioneren;
- 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.

Voor de bescherming van andere systemen, zoals marifonie-apparatuur, is alleen eis a van belang. Richtlijn 2014/30/EU is geïmplementeerd in de Telecommunicatiewet.

Op grond van de EMC-richtlijn geldt een 'vermoeden van overeenstemming' dat apparatuur voldoet aan de richtlijn, als die overeenstemt met de toepasselijke geharmoniseerde normen. Omvormers die aan norm EN 55011 voldoen worden vermoed aan de essentiële eisen uit de EMC-richtlijn te voldoen [9]. De emissie ('elektromagnetische uitstraling') van een omvormer kan worden bepaald op basis van de technische gegevens die de leverancier ervan gewoonlijk verstrekt. Elke fabrikant bouwt voor zijn producten altijd een 'EMC-dossier' op, waarin hij conformiteit met de EMC-richtlijn aan toont.

NB: Het is hier *niet voldoende* als de apparatuur voldoet aan de normen EN 55032 of EN 61000. EN 55032 is een niet-geharmoniseerde norm, en de EN 61000-serie gaat over huishoudelijke klasse B-apparatuur.

4.3 Bekabeling

Richtlijn 5: De plus- en min-kabels voor gelijkspanning worden zoveel als mogelijk dicht naast elkaar parallel gelegd, met inachtneming van enige tussenruimte voor het tegengaan van vlambogen. De kabels liggen parallel met een aardgeleider of geaard constructiedeel. Hiermee wordt lusvorming in de bekabeling voorkomen.

Toelichting:

Lussen in de bekabeling van zonnepaneelinstallaties kunnen signalen genereren met frequenties die storingen kunnen veroorzaken. De lussen gaan dan als een soort antenne werken. Om elektromagnetische verstoringen zoveel mogelijk te voorkomen, dienen de plus- en min-kabels voor gelijkspanning zoveel als mogelijk parallel te lopen en dicht naast elkaar te worden gelegd (met inachtneming van enige tussenruimte voor het tegengaan van vlambogen) en liggen deze parallel met een aardgeleider of geaard constructiedeel. Als lusvorming wordt vermeden, wordt de zonnepaneelinstallatie ook minder gevoelig voor storingen van buitenaf. Dit wordt verder toegelicht in par. 6.1.2 van NPR 5310. De Nederlandse Praktijkrichtlijn NPR 5310 bevat een toelichting op NEN 1010.

Richtlijn 6: Kabels worden zoveel mogelijk uit één stuk vervaardigd, zonder connectoren of moffen voor het verlengen van de kabel.

Toelichting:

Ondeugdelijke verbindingen met connectoren kunnen problemen veroorzaken, zeker als een stekker (connector) van het ene merk verbonden worden met een contrastekker van het andere merk (*cross mating*). Dit kan leiden tot overgangsweerstanden, interne vlambogen, warmteontwikkeling en EMC-problemen.

Richtlijn 7: Kabels worden in metalen buizen of goten aangelegd.

Toelichting:

Metalen buizen of goten zorgen voor extra afscherming. Hiermee worden EMC-problemen voorkomen.

4.4 Aanleg en exploitatie

Richtlijn 8: De drijvende zonnepaneelinstallatie wordt zodanig gebouwd dat minimaal aan het veiligheidsniveau van NEN 1010 wordt voldaan. Een gelijkwaardige oplossing is ook acceptabel, als de gelijkwaardigheid wordt aangetoond.

Toelichting:

NEN 1010 is de belangrijkste Nederlandse veiligheidsnorm voor laagspanningsinstallaties. De Nederlandse Praktijkrichtlijn NPR 5310 bevat nog een toelichting op deze norm. Als bij de bouw van een elektrotechnische installatie aan NEN 1010 wordt voldaan, zijn veel risico's rond elektrische veiligheid en EMC voldoende gemitigeerd. Hoewel NEN 1010 voor drijvende zonneparken geen specifieke eisen heeft, geeft toepassing, zeker voor EMC, toch een behoorlijke basisveiligheid. Een (aantoonbaar) aan NEN 1010 gelijkwaardige oplossing mag ook worden toegepast. Het initiatief om de gelijkwaardigheid aan te tonen ligt bij de exploitant. Dit kan hij doen door te laten zien waar hij is afgeweken van NEN 1010, toe te lichten waarom dat is gebeurd en aan te geven waarom de gekozen alternatieve oplossing gelijkwaardig (of beter is). Dergelijke gegevens behoren te worden vastgelegd bij de technische documentatie over het zonnepark.

Richtlijn 9: Bij aanleg of aanpassing van de drijvende zonnepaneelinstallatie dienen alle installatievoorschriften te worden opgevolgd. Het gaat hierbij zowel om voorschriften van de fabrikant als om voorschriften uit (wettelijke) richtlijnen en normen.

Toelichting:

Dit is een evidente eis. Tijdens het aanleggen van de zonnepaneelinstallatie moeten de diverse installatievoorschriften van de fabrikant worden gerespecteerd. In het bijzonder dient bij de aanleg op de aarding instructies te worden gelet. Dit verkleint het stoorpotentieel. Deze eisen gelden ook als de zonnepaneelinstallatie in een later stadium eventueel wordt aangepast of als onderdelen worden vervangen (bijvoorbeeld na een defect). Verder dienen de gebruikelijke (wettelijke) regels en normen voor het aansluiten van zonneparken op het elektriciteitsnet te worden gevolgd.

Richtlijn 10: Tijdens ontwerp, bouw, aanpassing en exploitatie van de zonnepaneelinstallatie houdt een onafhankelijke externe partij toezicht op de juiste toepassing van de diverse voorschriften, volgens EN 62446.

Toelichting:

Een onafhankelijke externe partij dient toe te zien op de juiste toepassing van de diverse vereisten door de ontwikkelaar van het zonnepark. Dit toezicht is bij voorkeur stapsgewijs en verloopt parallel aan de verschillende ontwikkelfases van de zonnepaneelinstallatie, van ontwerp, bouw, aanpassing tot exploitatie. Relevante eisen hierover zijn vermeld in norm EN 62446 [10].

De exploitant dient periodiek kopieën van alle documentatie die met betrekking tot dit toezicht door de onafhankelijke partij aan de exploitant wordt verstrekt aan Rijkswaterstaat te overleggen. Het kan hier gaan om rapportages van visuele inspecties, veiligheidsinspecties, metingen, berekeningen, due diligences, beoordelingen van apparatuur van fabrikanten, enzovoorts. Dit geldt ook voor inspecties die na oplevering worden uitgevoerd.

Verder dient de exploitant door een onafhankelijke externe partij conform een vastgesteld meetplan 'in situ'-metingen uit te voeren om te beoordelen wat het verschil is tussen de emissie van een zonnepark en het te ontvangen signaal van een communicatiesysteem, meer specifiek de systemen voor marifonie, AIS en C2000 [11]. Bij zo'n meting kan worden ingeschat of er voldoende linkbudget over is voor een goede (storingsvrije) communicatie. Aan de hand van een dergelijke meting kan worden vastgesteld of het nodig is aanvullende eisen te stellen aan de reeds geïnstalleerde zonnepaneelinstallaties.

De metingen op grond van genoemd meetplan zijn geen metingen volgens een geharmoniseerde standaard. Bij de metingen wordt onderzocht of ter plaatse van de ontvangers van het desbetreffende communicatiesysteem het ruisniveau door inbedrijfname van een zonnepark significant wordt verhoogd (of niet). Met een dergelijke meting kan een *vermoeden* worden geuit dat de apparatuur meer emissie geeft dan de emissie die, volgens een geharmoniseerde standaard, gemeten is onder laboratoriumomstandigheden.

5 REFERENTIES

- [1] Zie verder: <https://www.energieoprijksgrond.nl/>.
- [2] “Achtergrond van eisen aan EMC bij drijvende zonneparken”, *DNV Netherlands B.V. Arnhem* (Energy Systems), rapportnummer 23-0683, 26 april 2023.
- [3] “Referentieontwerp drijvend zonnepark”, *DNV Netherlands B.V. Arnhem* (Energy Systems), rapportnummer 23-0682, 26 april 2023.
- [4] *Staatsblad* 2023, nr. 89, “Besluit van 20 maart 2023 tot vaststelling van het tijdstip van inwerkingtreding van de Omgevingswet”. Zie ook: https://www.eerstekamer.nl/wetsvoorstel/34986_invoeringswet_omgevingswet.
- [5] Zie bijvoorbeeld <https://www.electricschockdrowning.org/>.
- [6] ABRvS 25 juni 2014, ECLI:NL:RVS:2014:2357.
- [7] *Kamerstukken II* 2006/07, 30818, nr. 3, blz. 90 (Memorie van Toelichting).
- [8] Zie art. 1.1 lid 2 Bouwbesluit 2012: Een ‘bouwwerk geen gebouw zijnde’ is “een bouwwerk of gedeelte daarvan, voor zover dat geen gebouw of onderdeel daarvan is”.
- [9] Zie: <https://www.nen.nl/nen-en-55011-2016-en-218427>.
- [10] Zie: <https://www.nen.nl/nen-en-iec-62446-1-2016-a1-2018-en-251783>.
- [11] “Meetplan voor in situ-metingen van emissieniveaus bij zonneparken”, *DNV Netherlands B.V. Arnhem* (Energy Systems), rapportnummer 23-0685, 26 april 2023.

Alle hier genoemde websites zijn voor het laatst geraadpleegd op maandag 24 april 2023.

APPENDIX A

De globale opbouw van een zonnepark

Deze appendix beschrijft de globale opbouw van een zonnepark en is bedoeld ter informatie. De diverse componenten van een zonnepark komen er aan de orde. De diverse termen worden door het hele document heen gebruikt. Deze informatie is essentieel om de voorgestelde richtlijnen met betrekking tot de onderwerpen EMC en elektrische veiligheid goed te kunnen begrijpen.

Een zonnepark is een park met zonnepanelen, waar grootschalig elektriciteit wordt opgewekt. Bij zonneparken gaat het om relatief grote locaties (vaak meerdere hectares), die zich vaak op bedrijventerreinen of in het buitengebied bevinden. Soms wordt een zonnepark drijvend op water gerealiseerd.

Een **zonnepaneel** wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken, zowel zakelijk als door particulieren. Energie van de zon is duurzaam: het raakt niet op en er komen geen schadelijke broeikasgassen vrij bij de elektriciteitsopwekking. Op dit moment zijn zonnepanelen in Nederland de meest populaire duurzame energieomzetter.

Een zonnepaneel is een samenstel van onderling verbonden zonnecellen. Zonnecellen zijn elementaire fotonvoltaïsche componenten, die bij blootstelling aan licht, zoals van de zon, elektriciteit kunnen opwekken. Zonnecellen zijn gemaakt van laagjes silicium. Als lichtdeeltjes, ook wel fotonen genoemd, op het silicium vallen, worden uit het silicium elektronen vrijgemaakt. De vrijgemaakte elektronen worden opgevangen in onderliggende laagjes silicium. Hierdoor ontstaat een lage elektrische spanning. Door meerdere cellen achter elkaar ('in serie') te zetten, wordt de spanning hoger.

Een zonnepaneel van 60 cellen kan een gelijkspanning van ongeveer 35 volt opbouwen. Door meerdere zonnepanelen in serie te zetten, wordt een nog hogere spanning opgebouwd, bij grote zonneparken in het zakelijke segment tot ongeveer 1500 volt. Afzonderlijke zonnepanelen kunnen elektrisch met elkaar worden verbonden via **kabels** en **connectoren**. Een keten van zonnepanelen in serie wordt 'streng' genoemd. Door meerdere strengen parallel te zetten ontstaat een sub-array of een array. Strengen of sub-arrays zijn vaak aangesloten op aansluitkasten die lastscheiders en/of beveiligingstoestellen tegen overstroom bevatten.

De gelijkspanning die zonnepanelen leveren is niet direct geschikt voor gebruik. Het elektriciteitsdistributienetwerk werkt immers met wisselspanning. Daarnaast is de gelijkspanning van de panelen afhankelijk van de hoeveelheid licht die op de panelen valt. Een **omvormer**, ook wel 'inverter' genoemd, zet de gelijkspanning (DC) van zonnepanelen om in een wisselspanning (AC). Bij zonneparken in het zakelijke segment zijn op hoofdlijn twee groepen te onderscheiden: soms wordt een centrale omvormer gebruikt, soms worden meerdere decentrale omvormers gebruikt.

Soms worden in zonneparken ook **optimizers** toegepast. Deze worden doorgaans tussen de zonnepanelen en de omvormers geplaatst om de productie van het zonnepark te optimaliseren. Optimizers ondervangen het klassieke probleem van een zonnepark, namelijk dat de productie wordt gemaximeerd door het slechtst presterende paneel. Met inzet van de optimizers kunnen de individuele panelen tot hun maximale capaciteit worden benut. Optimizers en andere componenten communiceren met elkaar door middel van Power Line Communicatie (PLC); de communicatie verloopt dan via de bekabeling waarmee deze apparaten met elkaar zijn verbonden.

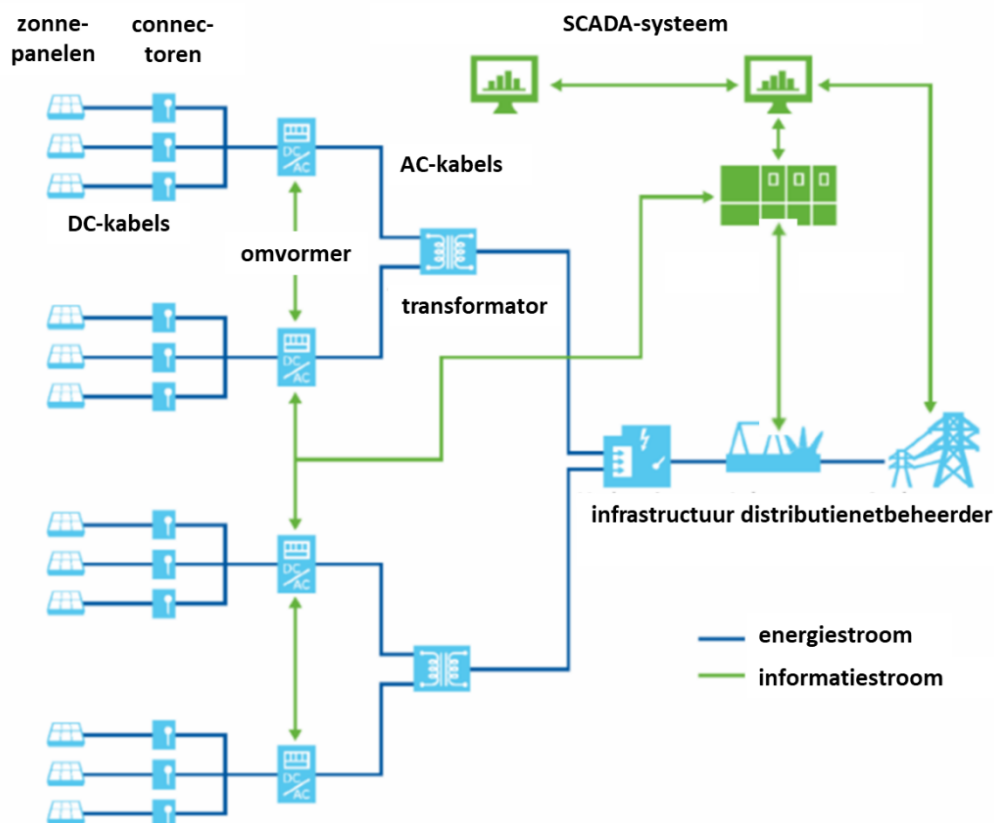
Omvormers die (thuis) door particulieren worden gebruikt, leveren doorgaans een wisselspanning van 230/400 volt, dit is de spanning van het laagspanningsdistributienet. De opgewekte energie kan worden verbruikt in de eigen installatie of kan via de **net aansluiting** van het inkoopstation worden teruggeleverd aan ('ingevoed in') het elektriciteitsnet. Bij grote zonneparken in het zakelijke segment wordt de wisselspanning die uit de omvormers komt via een **transformator** omhoog getransformeerd naar een spanning van bijvoorbeeld 10, 20 of 33 kilovolt, spanningen die in het distributienet van de (regionale) distributienetbeheerders worden gebruikt. De opgewekte energie wordt dan ingevoed in het distributienet. Voor heel grote zonneparken worden nog hogere spanningen gebruikt, tot 110 of 150 kilovolt. Er wordt dan ingevoed in het transportnet van landelijk netbeheerder TenneT.

Een zonnepark kan meestal van op afstand worden beheerd en bediend. Het systeem dat dit doet wordt **SCADA-systeem** genoemd, waarbij SCADA de afkorting is van 'Supervisory Control and Data Acquisition'. Via een communicatieverbinding wordt informatie overgedragen naar de operator, die zich op grotere afstand kan bevinden.

Een zonnepark bestaat daarom (op hoofdlijnen) uit:

- *zonnepanelen*: zetten licht om in een elektrische gelijkspanning;
- *optimizer*: kan de energieopbrengst per paneel optimaliseren (maar is geen vast onderdeel);
- *DC-kabels*: transporteren de elektrische gelijkspanning van de panelen naar de omvormers;
- *omvormers*: maken van een gelijkspanning een wisselspanning;
- *AC-kabels*: transporteren de elektrische wisselspanning naar de transformatoren en naar het net;
- *transformatoren*: maken van een lage wisselspanning een hoge wisselspanning;
- *net aansluiting*: de opgewekte elektriciteit wordt 'op het net' van de netbeheerder ingevoerd;
- *monitoring*: met een SCADA-systeem kan men een PV-systeem op afstand monitoren.

Figuur A1 bevat een globaal overzicht van de componenten van een zonnepark. Optimizers zijn hierin niet getekend.



Figuur A1 Globaal overzicht van een zonnepark.

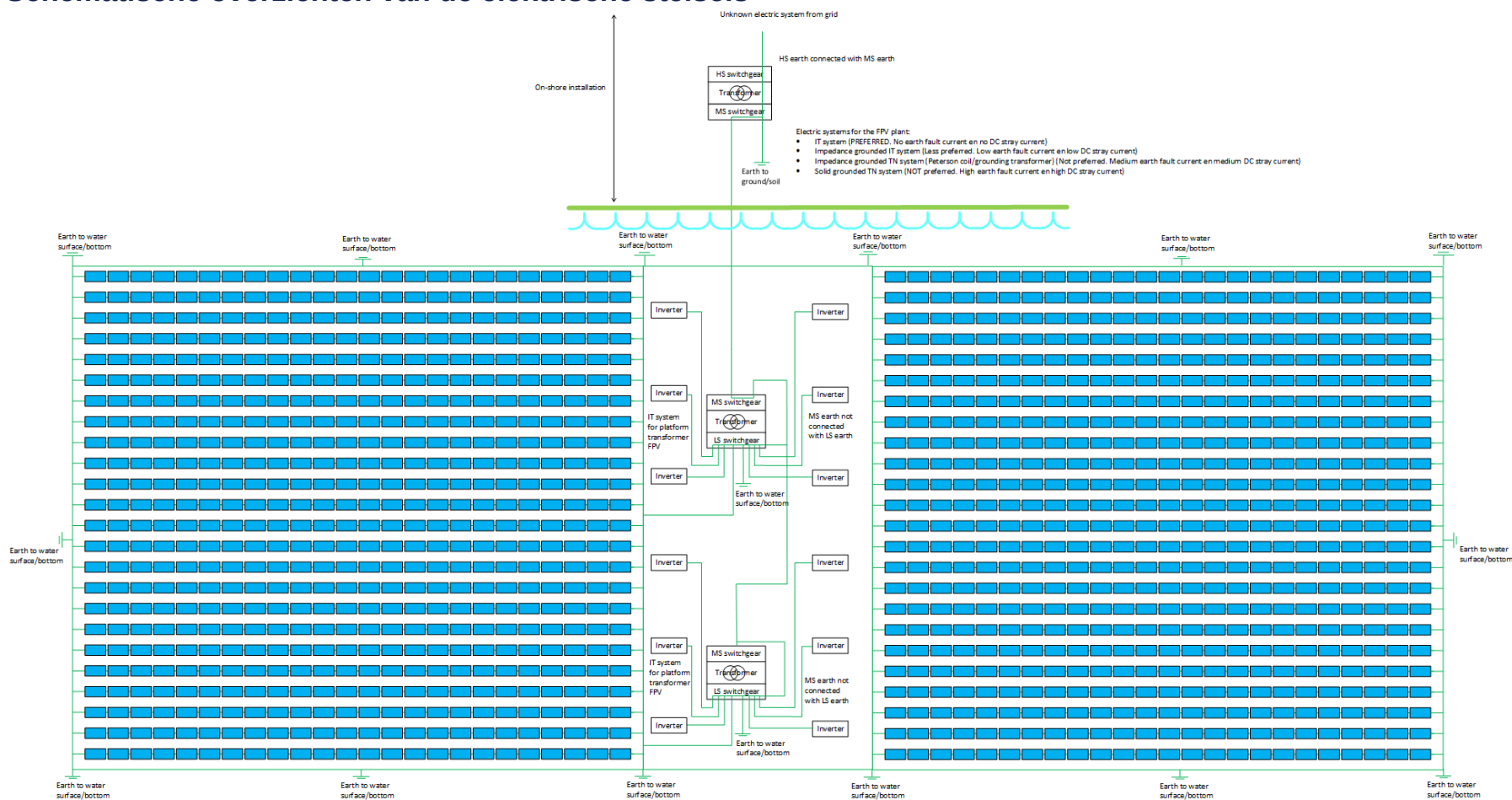
APPENDIX B

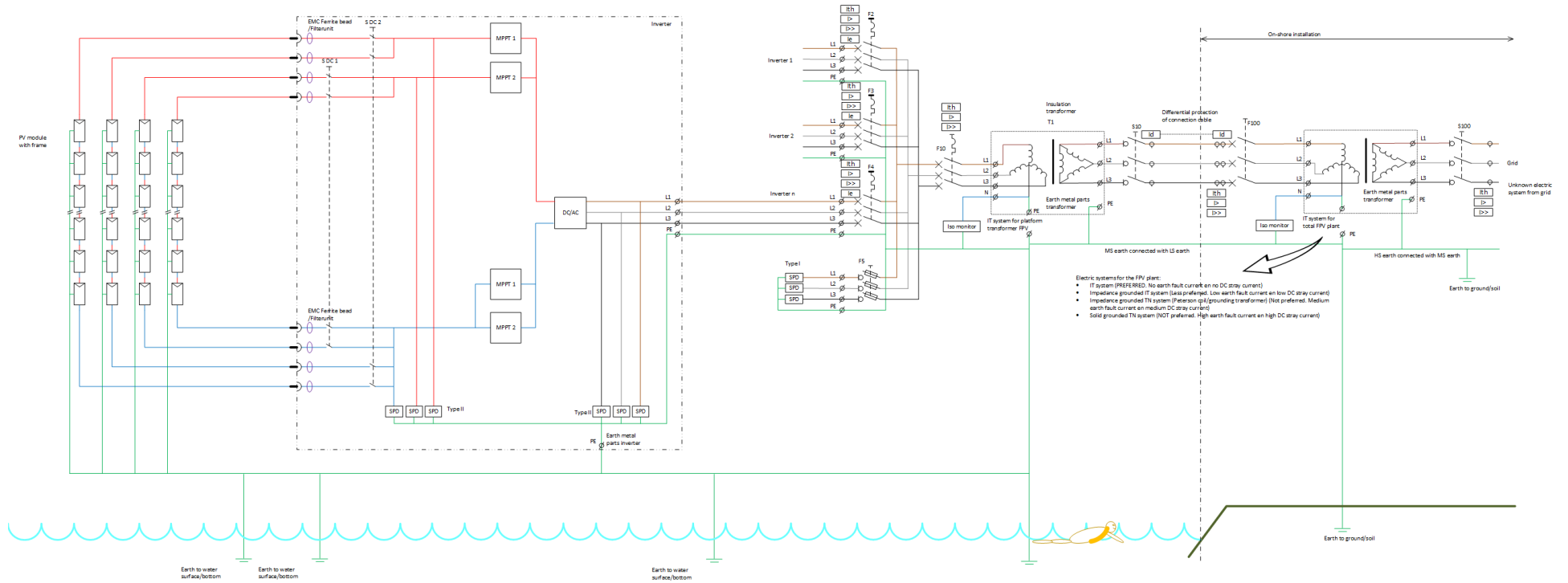
Transpositietabel Omgevingswet

Huidige wetgeving	Omgevingswet (ingangsdatum: 1 januari 2024)
Art. 2.1 Waterwet	Artt. 1.3 en 4.23 Omgevingswet
Art. 6.5 Waterwet	Artt. 4.3 en 5.1 Omgevingswet
Art. 6.15 Waterwet	Art. 16.54 Omgevingswet
Art. 6.17 Waterwet	Artt. 5.11 en 5.12 Omgevingswet
Art. 6.20 Waterwet	Art. 5.34 Omgevingswet
Art. 2.1 lid 1 Wabo	Artt. 5.1, 5.3 en 5.4 in samenhang met 4.4, tweede lid Omgevingswet
Art. 6.12 Waterbesluit	Artt. 6.16 en 6.17 Besluit activiteiten leefomgeving

APPENDIX C

Schematische overzichten van de elektrische stelsels







About DNV

DNV is the independent expert in risk management and assurance, operating in more than 100 countries. Through its broad experience and deep expertise DNV advances safety and sustainable performance, sets industry benchmarks, and inspires and invents solutions.

Whether assessing a new ship design, optimizing the performance of a wind farm, analyzing sensor data from a gas pipeline or certifying a food company's supply chain, DNV enables its customers and their stakeholders to make critical decisions with confidence.

Driven by its purpose, to safeguard life, property, and the environment, DNV helps tackle the challenges and global transformations facing its customers and the world today and is a trusted voice for many of the world's most successful and forward-thinking companies.