

Handreiking

Plaatsing zonneweide nabij een stalen buisleiding





Nederlands Instituut Publieke Veiligheid
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.nipv.nl
info@nipv.nl
026 355 24 00

N.B. De foto op de voorkant is een compilatiefoto en vertegenwoordigt niet een reële situatie.

Colofon

Titel:	Handreiking Plaatsing zonneweide nabij een stalen buisleiding
Datum:	16 maart 2022
Vertrouwelijkheid:	Openbaar
Status:	Definitief
Versie:	2.0
Auteurs:	Dr. M.B. Spoelstra
Met medewerking van:	Ing. Henk Horstink (Gasunie), ing. Klaas Winters (Velin) en Ir. Johannes de Bruin (Liander)
Review en eindverantwoordelijk:	Dr. ir. N. Rosmuller

Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid is bij wet vastgelegd onder de naam Instituut Fysieke Veiligheid.

Inhoud

	Inleiding	4
1	Corrosie en kathodische bescherming	6
2	Maatregelen door exploitanten van zonneweiden	7
3	Maatregelen door leidingbeheerders	8
4	Maatregelen door bevoegd gezagen	9
5	Maatregelen door veiligheidsregio's	10
	Literatuur en normen	12
	Bijlage 1 Corrosie en kathodische bescherming	14
	Bijlage 2 Voorwaarden van de Gasunie	16
	Bijlage 2 Voorwaarden van Liander	19

Inleiding

Aanleiding

In de regionale energiestrategieën (RES) hebben de dertig energieregio's in Nederland onderzocht waar en hoe het beste duurzame elektriciteit op het land opgewekt kan worden. Eén van de manieren waarop dat kan, is via zonneweiden. Dat zijn percelen van soms meerdere hectares waar grote aantallen zonnepanelen staan. Op basis van de voorstellen uit de RES zullen op veel plaatsen in Nederland zonneweiden ruimtelijk ingepast worden. Een aspect dat tijdens dat proces over het hoofd gezien kan worden, is dat de plaatsing van zonneweiden in de buurt van ondergrondse stalen buisleidingen consequenties kan hebben voor het beveiligen van die buisleidingen tegen zwerfstromen.

In het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) worden eisen gesteld aan leidingbeheerders en aan bevoegd gezagen met als doel het garanderen van een veilige woon-, werk- en leefomgeving. Hiertoe moeten leidingbeheerders ongevallen voorkomen en moet het bevoegd gezag zorgen dat gebouwen op afstand blijven. De situatie kan zich echter voordoen dat een zonneweide in de buurt van een ondergrondse buisleiding wordt geplaatst. Wanneer bij een zonneweide sprake is van zwerfstromen, kan de kathodische (corrosie)-bescherming van de nabijgelegen buisleiding ontregeld raken, waardoor de integriteit van de buisleiding afneemt en het risico op falen toeneemt.

Deze handreiking geeft informatie over de wijze waarop zwerfstromen de integriteit van stalen buisleidingen beïnvloeden en welke betrokken partijen welk type maatregelen kunnen nemen om een veilige ligging van buisleidingen en zonneweiden te garanderen. De handreiking is tot stand gekomen in samenwerking met de Gasunie en de Vereniging van Leidingeigenaren in Nederland (VELIN).

Het kan natuurlijk zo zijn dat een stalen buisleiding in de buurt van een zonneweide wordt geplaatst. Ook in dat geval moet de kathodische bescherming van de leiding gewaarborgd kunnen worden door het treffen van maatregelen. Deze handreiking is in beide situaties van toepassing, maar gaat qua bewoordingen uit van de mogelijkheid dat een zonneweide in de buurt van een ondergrondse stalen leiding komt te liggen.

Doel

De doelen van deze handreiking zijn:

- > betrokkenen bij de ontwikkeling van zonneweiden en buisleidingen attenderen op het fenomeen van de aantasting van de kathodische bescherming van stalen buisleidingen
- > het aanreiken van maatregelen om dit fenomeen te voorkomen.

Doelgroep

Om vroegtijdig in de ontwikkeling van zonneweiden rekening te kunnen houden met de aanwezige infrastructuur (stalen buisleidingen), moeten betrokkenen op de hoogte zijn van de mogelijke risico's en de manieren waarop deze risico's voorkomen kunnen worden. Belanghebbenden zijn daarom allereerst gemeenten en hun adviseurs, projectontwikkelaars, zonnepaneelfabrikanten, zonnepaneelinstallateurs, leidingbeheerders en netbeheerders. Namens gemeenten kunnen adviseurs betrokken zijn die werkzaam zijn bij bijvoorbeeld omgevingsdiensten of veiligheidsregio's.

Afbakening

- > Deze handreiking heeft betrekking op ondergronds gelegen leidingen die gemaakt zijn van staal. De voorwaarden die in Bijlage 2 zijn opgenomen, zijn alleen van toepassing op hogedruk transportleidingen van de Gasunie. De voorwaarden die in Bijlage 3 zijn opgenomen, zijn alleen van toepassing op transportleidingen van Liander. Het is de verantwoordelijkheid van iedere leidingbeheerder van transportleidingen om een set maatregelen op te stellen voor nabijgelegen zonneweiden.
- > Wanneer zonnepanelen van zonneweiden niet goed geïnstalleerd worden, bestaat het risico op brand. De maatregelen die getroffen kunnen worden om dit risico tot een minimum te beperken (Brandweer Nederland, 2021), maken geen onderdeel uit van deze handreiking.

Leeswijzer

In hoofdstuk 1 van deze handreiking wordt ingegaan op het proces van corrosie en op kathodische bescherming. Hoofdstuk 2 bespreekt maatregelen die genomen kunnen worden door exploitanten van zonneweiden. Hoofdstuk 3 gaat in op de maatregelen die leidingbeheerders kunnen nemen, terwijl in hoofdstuk 4 en 5 de maatregelen aan bod komen die respectievelijk door bevoegd gezagen en veiligheidsregio's ingesteld kunnen worden.

1 Corrosie en kathodische bescherming

Corrosie is een proces waarbij metalen worden aangetast als gevolg van een elektrochemische reactie met de omgeving. Het is een ongewenst fenomeen dat voorkomen moet worden, omdat het tot het falen van een metalen constructie kan leiden. Zie Bijlage 1 voor achtergrondinformatie over het ontstaan van corrosie en de diverse oorzaken ervan.

Om te voorkomen dat stalen leidingen door corrosie plaatselijk dunner worden en falen, worden leidingen kathodisch beschermd (KB). Hierbij wordt via een externe stroombron spanning op de leiding gelegd (Dooms, 2017). Zie Bijlage 2 voor achtergrondinformatie over kathodische bescherming.

De kathodische bescherming van leidingen wordt nadelig beïnvloed als er zwerfstromen in de bodem aanwezig zijn. Zwerfstromen zijn stromen die afkomstig zijn van nabijgelegen systemen die met gelijkspanning werken. Het fenomeen doet zich vooral voor bij langgerekte systemen met rails (tram, metro en trein). Een deel van de stroom doorloopt niet het elektrisch circuit via de rails, maar treedt uit en gaat de grond in om elders door aanwezige geleidende voorwerpen te worden afgevoerd (ProRail, 2011). Zwerfstromen kunnen echter ook afkomstig zijn van zonneweiden (Gasunie, 2020).

Deze notitie beschrijft op welke manier bij de aanleg en het exploiteren van zonneweiden het ontstaan van zwerfstromen voorkomen en beperkt kan worden, en daarmee de beïnvloeding van de kathodische bescherming van stalen leidingen. Er worden maatregelen benoemd voor beheerders van leidingen, beheerders van zonneweiden, bevoegd gezagen en hulpverlening.

2 Maatregelen door exploitanten van zonneweiden

In hoeverre het nodig is dat exploitanten van zonneweiden maatregelen treffen als een zonneweide in de buurt van een buisleiding gerealiseerd wordt, wordt vooral bepaald door de voorwaarden die de leidingbeheerder stelt. Deze voorwaarden kunnen per leidingbeheerder verschillen. Om die reden is ervoor gekozen om de voorwaarden van de diverse leidingbeheerders separaat op te nemen in de bijlagen van deze handreiking. Dit geeft duidelijkheid en biedt een overzicht aan alle betrokken partijen.

Vooralsnog zijn in Nederland alleen de voorwaarden van de Gasunie (Bijlage 2) en Liander (Bijlage 3) beschikbaar. Wanneer de voorwaarden voor stalen transportleidingen van andere leidingbeheerders bekend zijn, zal de handreiking worden geactualiseerd en komen deze voorwaarden beschikbaar in extra bijlagen.

Het is verstandig om bij het ontwerpen van een zonneweide na te gaan of en waar in de buurt leidingen in de ondergrond liggen. Dat kan door het doen van een oriëntatieverzoek bij het Kabels en Leidingen Informatie Centrum (KLIC).

Bij een [oriëntatieverzoek](#) geeft de vraagsteller het gebied aan waarin hij/zij geïnteresseerd is. Houd hierbij een marge aan van 100 meter rondom de zonneweide. Na betaling wordt informatie gegeven over de ligging van kabels en leidingen in het interessegebied. De informatie bevat ook een overzicht van eigenaren van deze kabels en/of leidingen en hoe deze te bereiken zijn.

Informatie over alléén de ligging van leidingen is te vinden op de [Risicokaart](#) en op de [Signaleringskaart](#).

3 Maatregelen door leidingbeheerders

Vanuit wet- en regelgeving kunnen leidingbeheerders verplicht gesteld worden maatregelen te nemen, bijvoorbeeld om leveringszekerheid van aardgas te garanderen (art. 10a lid 1 Gaswet) of om ongevallen te voorkomen (art. 4 lid 2 Bevb). Dergelijke maatregelen worden niet in dit hoofdstuk uitgewerkt, maar alleen de maatregelen die leidingbeheerders kunnen nemen om negatieve beïnvloeding van kathodische bescherming te voorkomen of te beperken.

Ruimtelijke maatregelen

- > Beheerders van stalen leidingen houden bij de aanleg van nieuwe leidingen en het verplaatsen van bestaande leidingen rekening met de (geprojecteerde) aanwezigheid van zonneweiden. De aan te houden onderlinge afstand staat beschreven in de voorwaarden van de desbetreffende leidingbeheerder.

Organisatorische maatregelen

- > Beheerders van stalen leidingen gaan na of in de nabijheid van hun leidingen zonneweiden ontwikkeld worden.

Installatietechnische maatregelen

- > Beheerders van stalen leidingen beschermen de leiding tegen corrosie met behulp van kathodische bescherming. Voor kleine systemen kan dat met behulp van opofferingsanodes, terwijl grote systemen beschermd kunnen worden door het opleggen van een spanning. Voor beide methodes wordt gebruikgemaakt van NEN 12954.

4 Maatregelen door bevoegd gezagen

Voor zonneweiden is een omgevingsvergunning nodig en meestal zijn gemeenten hiervoor het bevoegd gezag. Als de capaciteit van een zonneweide meer dan 50 MW bedraagt, is echter de minister van Economische Zaken en Klimaat (EZK) het bevoegd gezag. Deze kan de bevoegdheid overdragen aan de provincie of de gemeente. Bij het bepalen van de locatiekeuze en de ruimtelijke inpassing van een zonneweide kan het bevoegd gezag rekening houden met de maatregelen die in dit hoofdstuk beschreven worden.

Ruimtelijke maatregelen

- > Binnen de afstand die de leidingexploitant aangeeft, zijn stellages met zonnepanelen, kabels, omvormers en transformatoren niet toegestaan. Deze afstand staat vermeld in of kan worden afgeleid uit de voorwaarden van de desbetreffende leidingbeheerder.

Organisatorische maatregelen

- > Gemeenten kunnen planregels in het omgevingsplan opnemen om de veilige ligging van buisleidingen en zonneweiden te garanderen.
- > Provincies kunnen regels opnemen in een omgevingsverordening om de veilige ligging van buisleidingen en zonneweiden te garanderen.

5 Maatregelen door veiligheidsregio's

De veiligheidsregio's hebben de taak bevoegd gezagen te adviseren over thema's als bereikbaarheid, bestrijdbaarheid en zelfredzaamheid (art. 25.1 lid e, Wvvr). Op het gebied van buisleidingen en zonneweiden ligt de adviesrol met name op het vlak van bereikbaarheid en bestrijdbaarheid.

Veiligheidsregio's kunnen op twee manieren worden betrokken bij de advisering rondom de plaatsing van een zonneweide (Noordover et al, 2018):

1. Er wordt een vergunning aangevraagd bij het bevoegd gezag en de veiligheidsregio geeft advies aan de gemeenten of de provincie.
2. Er is geen sprake van vergunningplicht en de veiligheidsregio wordt geïnformeerd over de voorgenomen plaatsing van de zonneweide. De veiligheidsregio kan dan advies geven aan de organisatie door wie ze geïnformeerd werd.

Risicobeheersing

Voor het beheersen van risico's bij zonneweiden kunnen veiligheidsregio's gebruikmaken van de *Handreiking Risicobeheersing - Advies Veilige PV-systemen* (Brandweer Nederland, 2021). Wanneer de zonneweide dicht bij een buisleiding ligt, kunnen aanvullend de volgende maatregelen gelden:

- > Nagaan of de ontwikkelaar van de zonneweide rekening heeft gehouden met de mogelijke aanwezigheid van stalen leidingen in de grond, bijvoorbeeld door het doen van een KLIC-melding.
- > Nagaan of de ontwikkelaar van de zonneweide contact heeft gelegd met de beheerder van de nabijgelegen leiding.
- > Aangeven dat het terrein rondom de zonneweide altijd berijdbaar moet zijn voor (zware) voertuigen, ook wanneer er bijvoorbeeld bij regen sprake is van een drassige ondergrond.
- > Aangeven dat zorg gedragen moet worden voor een deugdelijk en goed uitvoerbaar noodplan ten behoeve van de incidentbestrijding. In het noodplan moeten in ieder geval de aanvalsroutes aangegeven worden en de plaatsing van obstakels in de vorm van hekken en sloten.

Incidentbestrijding

Voor het bestrijden van incidenten met buisleidingen kan gebruikgemaakt worden van het Operationeel Naslagwerk Incidentbestrijding Gevaarlijke Stoffen (Brandweer Nederland, 2020). Voor het bestrijden van incidenten bij of met zonneweiden komt een handreiking beschikbaar.¹

Mogelijk dat de volgende maatregelen van toepassing zijn:

- > Stel in samenspraak met de beheerder de installatie van de zonneweide veilig. Dit proces moet beschreven zijn in het noodplan.

¹ Het betreft een handreiking van Brandweer Nederland, getiteld *Incidentbestrijding zonnepanelen*.

- > Zoek contact met de leidingbeheerder via het Kabels en Leidingen Informatiecentrum (KLIC). Dit proces moet beschreven zijn in het noodplan.
- > Raadpleeg deskundigen van de zonneweide om duidelijk te krijgen of en hoe er veilig afgeschakeld kan worden.
- > Schakel in overleg het systeem af of laat dit doen.
- > Wees erop bedacht dat de bereikbaarheid van de zonneweide lastig kan zijn, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van een sloot of door een drassige bodem.
- > Wees erop bedacht dat op delen van zonneweiden nog stroom kan staan. De zonnepanelen moeten daarom niet aangeraakt worden.
- > Oefen en bespreek de risico's van zowel buisleidingen als zonneweiden en raak bekend met de locaties waar zij liggen.
- > Zorg na de bestrijding van een incident voor een goede overdracht naar derden.

Literatuur en normen

Literatuur

- > Brandweer Nederland (2020). Operationeel Naslagwerk Incidentbestrijding Gevaarlijke Stoffen.²
- > Brandweer Nederland (2021). [Handreiking Risicobeheersing - Advies veilige pv-systemen](#). IFV: Arnhem.
- > Dooms, B. (2017). [Kathodische bescherming in een notendop](#).
- > Gasunie (2020). [Uitgangspunten ter voorkoming van beïnvloeding van gasleidingen door nabijgelegen zonneparken](#). Versie 6 januari 2020. Dit document vormt de basis van Bijlage 1.
- > Gellings, P.J. (2006). [Inleiding tot corrosie en corrosiebestrijding](#).
- > LibreTexts (2021). [Standard reduction potentials by value](#).
- > Noordover, E.M.N. et al (2018). [Omgevingsrechtelijke besluitvorming voor zonneparken: een overzicht](#).
- > ProRail (2011). [Begrippenlijst 'Spoorse begrippen'](#).
- > Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB, 2016). [Kathodische bescherming - Controle bekleding en kathodische bescherming van ondergrondse tanks en/of ondergronds leidingwerk behorende bij onder – of bovengrondse tanks](#).
- > Vereniging Leidingeigenaren Nederland (VELIN, 2017). [Richtlijn 2017/6: Algemene VELIN-voorwaarden voor grondroer- en overige activiteiten](#). Tilburg: VELIN.

Meer informatie over kathodische bescherming is te vinden in:

- > Baeckmann, W. von, et al (1997). *Handbook of cathodic protection - theory and practice of electrochemical protection processes*. (3^e druk). Amsterdam: Elsevier Science & Technology.
- > NACE International Standard Practice (2014). [Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection on Underground or Submerged Metallic Piping Systems](#).

Normen

- > NEN 3650-1:2020 nl: [Eisen voor buisleidingsystemen - Deel 1: Algemene eisen](#).
- > NEN 3654:2014 nl (2014). [Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningssystemen](#). Delft: NEN.
- > NEN-EN 12954:2019 en: [Algemene principes van kathodische bescherming van metalen constructie in de grond of in het water](#).
- > NEN-EN-ISO 15257:2017 en: [Kathodische bescherming - Competentie niveaus en certificatie van personeel betreffende kathodische bescherming - Basis voor certificatieschema](#).
- > NEN-EN-ISO 15589-1:2017 en: [Aardolie- en aardgasindustrie - Kathodische bescherming van pijpleidingen - Deel 1: 'On-land' pijpleidingen](#).

² De meest actuele versie van dit naslagwerk is niet publiekelijk beschikbaar. Wel is een [oude](#) versie te vinden op internet.

- > NEN-EN 50162:2004 en: [Bescherming tegen corrosie door zwerfstromen uit gelijkspanningssystemen.](#)
- > NEN-EN-IEC 62109-2:2011 (2011). [Veiligheid van vermogensomzetters gebruikt in foto-elektrische vermogenssystemen - Deel 2: Bijzondere eisen voor omzetters.](#) Delft: NEN

Bijlage 1 Corrosie en kathodische bescherming

Corrosie

Corrosie is een proces waarbij metalen worden aangetast als gevolg van een elektrochemische reactie met de omgeving. Bij corrosie worden enerzijds metaalatonen geoxideerd en anderzijds stoffen gereduceerd. De elektronen die bij de oxidatiereactie vrijkomen, stromen door het metaal heen om elders te worden gebruikt in de reductiereactie. Om een gesloten elektrisch circuit te krijgen, is een elektrolyt nodig. Dat is een medium waarin lading (ionen) zich vrijelijk kan bewegen. De plek waar oxidatie optreedt, heet de anode en de plek waar reductie optreedt, heet de kathode.



Figuur B1. 1 Schematische weergave van corrosie van een metaal (Me)

De reacties die plaatsvinden bij de anode en de kathode worden halfreacties genoemd. Iedere halfreactie heeft een zogenaamd redoxpotentiaal E_0 ; deze waarde is een maat voor de neiging van een stof om elektronen op te nemen of af te staan. Hoe negatiever de redoxpotentiaal, hoe liever een stof elektronen wil afstaan en hoe positiever de redoxpotentiaal, hoe liever een stof elektronen wil opnemen.

Om corrosie te krijgen, moet de redoxpotentiaal van de halfreactie aan de anode kleiner zijn dan de redoxpotentiaal van de halfreactie aan de kathode. Bijvoorbeeld $-0,44$ V voor het ontleden van ijzer aan de anode en $+0,40$ Volt voor het ontstaan van OH^- (hydroxide-ionen) aan de kathode (Libretexts, 2021).³

Kathodische bescherming

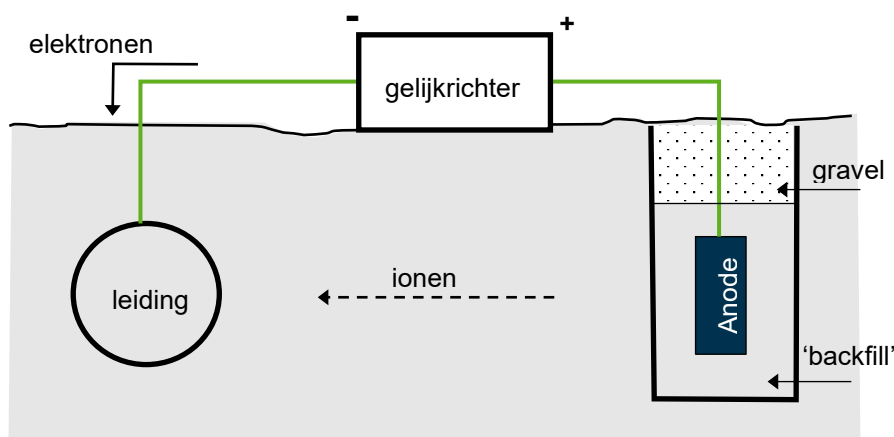
Omdat het niet rendabel is om onbedekt staal te beschermen, wordt het staal voorzien van een deklaag. Alleen op beschadigde plaatsen hoeft het metaal dan te worden beschermd tegen corrosie (Gellings, 2006). Eén van de manieren om corrosie te voorkomen, is kathodische bescherming (KB). Hierbij wordt de potentiaal van het object dat beschermd moet worden negatiever gemaakt door via een externe stroombron spanning op het object te

³ De gegeven waarden betreffen redoxpotentialen in laboratoriumcondities. De waarde van de redoxpotentialen is sterk afhankelijk van de beluchting.

leggen. Hierdoor kan het object niet meer als anode fungeren, omdat door de elektronen-toevoer 'de anode' in dit geval 'de kathode' is geworden. Het metaal waarvan het object is gemaakt, kan niet meer oxideren en er treedt dus geen corrosie op.

Bij kathodische bescherming wordt de minpool van de stroombron verbonden met het te beschermen object. De pluspool is verbonden met een inerte anode die in de grond is begraven. Materiaal met een hoge geleidbaarheid ('backfill') zorgt voor een goed elektrisch contact tussen de anode en de omringende grond. Doordat er stroom loopt van de anode naar de kathode, wordt het elektrische circuit gesloten, zie Figuur B1 2.

In de praktijk wordt kathodische bescherming gerealiseerd door constant een bescherm-potentiaal van ongeveer -1200 mV (Cu/CuSO_4) op de leiding te leggen.



Figuur B1 2 Kathodische bescherming van een ondergrondse buisleiding met behulp van een opgelegde stroom of spanning

Risico voor kathodische bescherming

Het functioneren van kathodische bescherming is van een aantal factoren afhankelijk, waaronder het potentiaalverschil tussen de anode en het te beschermen object (SIKB, 2016). Hoe hoger het potentiaalverschil met de anode, hoe negatiever de spanning op het te beschermen object. Een te negatieve spanning (KB) kan leiden tot andere problemen zoals onthechting van de buisbekleding en verbrossing van staal. Het potentiaalverschil mag daarom niet te groot zijn.

Zwerfstromen in de bodem kunnen de kathodische bescherming van leiding nadelig beïnvloeden.⁴ **Het kleine beetje spanning dat op de leiding staat (ongeveer -1200 mV), kan door zwerfstromen tenietgedaan worden en daarmee de effectiviteit van kathodische bescherming aantasten.** Zwerfstromen kunnen afkomstig zijn van zonneweiden die zich in de buurt bevinden van stalen leidingen.

⁴ De invloed die zwerfstromen op stalen leidingen hebben die niet of slecht kathodisch beschermd worden, is groter dan op stalen leidingen die wél kathodisch beschermd worden.

Bijlage 2 Voorwaarden van de Gasunie

Deze bijlage beschrijft de maatregelen die de Gasunie stelt aan de aanwezigheid van zonneweiden in de buurt van een hogedruk aardgasleiding.⁵ De set aan maatregelen geeft een goed overzicht, maar is indicatief omdat maatregelen aangepast kunnen zijn als gevolg van voortschrijdend inzicht. Daarom moet altijd de laatste versie van de voorwaarden bij de Gasunie worden opgevraagd.

Per situatie en in overleg tussen de Gasunie en de ontwikkelaar van de zonneweide zal bepaald moeten:

- > in hoeverre maatregelen van toepassing zijn
- > in welk gebied welke maatregelen nodig zijn
- > in hoeverre maatregelen overgenomen worden
- > wie verantwoordelijk is voor het uitvoeren van de maatregelen
- > wie verantwoordelijk is voor de controle of maatregelen juist zijn uitgevoerd.

Of een te realiseren zonneweide in de buurt van een (hogedruk aardgas)transportleiding ligt, kan nagegaan worden door in de ontwerpfase van de zonneweide een oriëntatieverzoek te doen bij het KLIC.

Maatregelen door exploitanten van zonneweiden

Ruimtelijke maatregelen

1. Er mag geen zonneweide binnen de belemmeringsstrook van leidingen worden geplaatst.⁶ Voor leidingen die onder het Bevb vallen, is de breedte van de belemmeringsstrook aan weerszijden van de leiding vijf meter (gemeten vanaf het hart van de leiding). In totaal gaat het dus om 10 meter.
2. Transformatoren, omvormers, funderingen, draagconstructies, panelen enzovoort zijn niet toegestaan binnen de 'belemmeringsstrook' of binnen de afstand zoals bepaald bij punt 3.
3. Om beïnvloeding te voorkomen, moet voldoende afstand worden gehouden tussen de zonneweide en de buisleiding. Vuistregel hiervoor is:
minimale afstand = 5 meter + $(0.2 \times \text{soortelijke weerstand bodem } (\rho_{\text{bodem}}, \Omega \text{ m}) \times \text{maximale lekstroom (A)}).$ ⁷ Hierbij wordt uitgegaan van de lekstroom van één omvormer.

⁵ Als aangegeven in de afbakening kunnen deze maatregelen alleen worden gebruikt voor hogedrukleidingen van de Gasunie.

⁶ De belemmeringsstrook moet niet verward worden met de zakelijk recht strook. De belemmeringsstrook wordt genoemd in het Bevb en geldt overal langs de leiding, ongeacht de ligging (op particuliere of openbare grond). De zakelijk recht strook geldt alleen in particuliere grond en alleen als een zakelijk recht is afgesloten dat via de notaris bij het Kadaster is geregistreerd. Van de Gasunieleidingen die in particuliere grond gelegen zijn, is dit nagenoeg voor alle hogedruk aardgastransportleidingen gebeurd.

⁷ De vijf meter is de breedte van de belemmeringsstrook.

De soortelijke bodemweerstand is afhankelijk van de temperatuur van de bodem, de hoeveelheid vocht in de bodem en van de chemische samenstelling van de bodem. Typische waarden voor de soortelijke bodemweerstand liggen tussen van 10 en 1000 Ωm . Bij een soortelijke bodemweerstand van 100 Ωm en een maximale lekstroom van 5 A is de minimaal aan te houden afstand tussen een zonneweide en een hogedruk aardgasleiding 105 meter.

Als ondergrondse kabels worden toegepast met geaarde armering of in isolerende slagvaste gesloten mantelbuizen, mag de afstand tussen de kabel en de aardgasleiding worden verkort tot 0,5 meter.

4. Zonneweiden mogen tot de rand van de belemmeringenstrook geplaatst worden als:
 - het omvormervermogen per omvormer kleiner of gelijk is aan 100 kW én
 - de omvormers voorzien zijn van een ingeschakelde lekstroomdetectie (RCD)⁸ en van R_{ISO} -detectie (impedantie) op de ingang van de omvormer, beide conform NEN 62109 waarbij de ingestelde array⁹ isolatieweerstand ten hoogste 40 $\text{M}\Omega/\text{m}^2$ is. Als het hekwerk rondom de zonneweide potentiaal vereffend is met de zonneweide, geldt de afstand van het hekwerk tot aan de buisleiding. Als dat niet het geval is, geldt de afstand van de rand van de zonneweide tot aan de buisleiding.
5. DC-beïnvloeding kan ook beperkt worden door de RCD- en R_{ISO} -waarden aan te passen.

Bouwkundige maatregelen

6. Er moet aan ten minste één kant van de zonneweide boven de leiding een KB-paal type BC aanwezig zijn, waarbij de C-kant van de paal aangesloten moet zijn op de draagconstructies van de zonnepanelen nabij de leiding.¹⁰ Per 200 meter parallelloop wordt een KB-paal type BC geplaatst.

Installatietechnische maatregelen

7. Omvormers moeten voldoen aan NEN 62109 (*Veiligheid van vermogensomzetters gebruikt in foto-elektrische vermogenssystemen - Deel 2: Bijzondere eisen voor omzetters*).
8. De zonneweiden moeten volledig potentiaal vereffend zijn.¹¹
9. De zonnepanelen op de zonneweide mogen niet als positief of negatief geaard op de omvormers worden aangesloten. Omvormers mogen niet voorzien zijn van een Anti PID-functie.¹²

⁸ RCD = residual current detection.

⁹ Een array bevat één of meerdere parallel geschakelde strings. Strings zijn serieschakelingen van panelen die op een omvormer zijn aangesloten. Een omvormer zet gelijkspanning om in een wisselspanning die voor het elektriciteitsnet geschikt is.

¹⁰ Een KB-paal is een gele kunststof paal die geplaatst wordt boven de leiding. In de paal bevindt zich een elektrische verbinding naar de leiding en een tweede aansluitmogelijkheid naar bijvoorbeeld een anode, damwand of een andere constructie. 'Type BC' houdt in dat er een verbinding is naar een buis (B) en naar een andere constructie (C).

¹¹ Potentiaalvereffening houdt in dat er door middel van verbindingen voor wordt gezorgd dat er qua aanraakveiligheid geen onveilige potentiaalverschillen binnen het systeem kunnen ontstaan.

¹² PID = Potential Induced Degradation. Door de hoge spanningsverschillen ontstaat als het ware spannings'druk' tussen de meest negatieve cellen en de omgeving, waardoor 'migratie' optreedt. Door de spanningsdruk af en toe om te draaien, wordt dit hersteld. Er zijn ook PID-vrije panelen op de markt waarbij dit fenomeen niet of nauwelijks voorkomt. Het toepassen van lagere stringspanningen vermindert het fenomeen ook. Het fenomeen treedt alleen op aan de meest negatieve kant van de string bij de cellen die dicht tegen het frame liggen.

10. Aarding van zonneweiden zijn niet toegestaan binnen de belemmeringsstrook van de leiding. Als het omvormervermogen per omvormer groter is dan 100 kW, zijn aarding niet toegestaan binnen de afstand zoals berekend in punt 3.
11. Bij detectie van zwerfstromen moeten de RCD en de R_{ISO}-detectie de omvormer afschakelen.

Organisatorische maatregelen

12. Zonneweiden mogen ter plaatse van buisleidingen geen noemenswaardige spanningstrechters in de bodem genereren.¹³ Ook niet bij elektrische fouten in het zonnestelsel.¹⁴
13. Wisselspanninginstallaties en kabels > 1000 V moeten voldoen aan NEN 3654 (*Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningssystemen*). Als de middenspanningsaarde verbonden wordt met de aarde van de zonneweide, moet dit meegenomen worden in een NEN 3654-beoordeling met betrekking tot weerstandsbeïnvloeding.
14. Voor constructies die binnen 50 m vanaf de leiding zijn geprojecteerd, geldt dat voor inbedrijfname een 0-meting van de bestaande beïnvloeding van de leiding moet worden uitgevoerd door middel van een CIP-gradiënt-meting.¹⁵
15. De in te stellen waarden voor RCD- en R_{ISO}-detectie moeten opgeleverd worden vóór aanvang van de bouw van de zonneweide. De instellingen moeten geborgd worden in onderhoudsdocumenten.
16. Als het vermogen per omvormer groter is dan 100 kW, moet tijdens het ontwerp en vóór aanvang van de bouw van de zonneweide overleg plaatsvinden tussen de leidingbeheerder en de bouwende partij c.q. de ontwikkelende partij. Dit overleg moet gaan over aanvullende maatregelen om beïnvloeding vanuit de zonneweide naar de leiding te voorkomen.
17. De in te stellen waarden voor de RCD en R_{ISO} moeten aan de leidingbeheerder opgeleverd worden vóór aanvang van de bouw van de zonneweide. De instellingen moeten geborgd worden in onderhoudsdocumenten.
18. Bij detectie van zwerfstromen moet de beheerder van de zonneweide direct de leidingbeheerder op de hoogte stellen en de oorzaak van de zwerfstromen wegnemen.
19. De leiding(en) moet(en) zo spoedig mogelijk, maar uiterlijk binnen 24 uur bereikbaar zijn voor onderhoud- of reparatiewerkzaamheden. De beheerder van de zonneweide zal volledige medewerking verlenen om dit mogelijk te maken, ook wanneer het nodig is om installatiedelen tijdelijk te verwijderen.
20. Voor onderhoudsdoeleinden en voor hulpverlening is het noodzakelijk dat de toegangswegen naar de zonneweide altijd begaanbaar zijn en dat er geen obstakels of sloten liggen tussen de toegangsweg en de zonneweide.

¹³ Een spanningstrechter is het trechtervormige spanningsverloop in de bodem ten gevolge van een stroom naar een (punt)bron in deze bodem.

¹⁴ Onder normale omstandigheden genereert het systeem geen noemenswaardige spanningstrechters. Op den duur kan echter slijtage optreden en kunnen andere verstoringen ontstaan. Ook deze verstoringen mogen geen noemenswaardig spanningsverschil veroorzaken.

¹⁵ CIP = Close Interval Potential. Een gradiënt is een spanningsverschil in de bodem en in dit geval ten opzichte van 'remote earth', dat wil zeggen daar waar de bodem elektrisch gezien niet meer beïnvloed is.

Bijlage 2 Voorwaarden van Liander

Deze bijlage beschrijft de maatregelen die Liander stelt aan de aanwezigheid van zonneweiden in de buurt van een stalen aardgasleiding (≤ 16 bar(g)) die vallen onder de verantwoordelijkheid van Liander, volgens de Gaswet.¹⁶

De set aan maatregelen geeft een goed overzicht, maar is indicatief omdat maatregelen aangepast kunnen zijn als gevolg van voortschrijdend inzicht. Daarom moet altijd de laatste versie van de voorwaarden bij Liander worden opgevraagd. Per situatie en in overleg tussen Liander en de ontwikkelaar/beheerder van de zonneweide zal bepaald moeten:

- > in hoeverre maatregelen van toepassing zijn
- > in welk gebied welke maatregelen nodig zijn
- > in hoeverre maatregelen overgenomen worden
- > wie verantwoordelijk is voor het uitvoeren van de maatregelen
- > wie verantwoordelijk is voor de controle of maatregelen juist zijn uitgevoerd.

Of een te realiseren zonneweide in de buurt van een stalen gasleiding ligt, kan nagegaan worden door in de ontwerpfase van de zonneweide een oriëntatieverzoek te doen bij het KLIC.

Maatregelen door exploitanten van zonneweiden

Ruimtelijke maatregelen

1. Er mag geen zonneweide binnen de belemmeringsstrook van leidingen worden geplaatst.¹⁷ Voor leidingen die onder het Bevb vallen, is de breedte van de belemmeringsstrook aan weerszijden van de leiding vijf meter (gemeten vanaf het hart van de leiding). In totaal gaat het dus om 10 meter.
2. Transformatoren, omvormers, funderingen, draagconstructies, panelen enzovoort zijn niet toegestaan binnen de 'belemmeringsstrook' of binnen de afstand zoals bepaald bij punt 3.
3. Om beïnvloeding te voorkomen, moet voldoende afstand worden gehouden tussen de zonneweide en de buisleiding. Vuistregel hiervoor is: minimale afstand = 5 meter + $(0.2 \times \text{soortelijke weerstand bodem } (\rho_{\text{bodem}}, \Omega \text{ m}) \times \text{maximale lekstroom } (A))$.¹⁸ Hierbij wordt uitgegaan van de lekstroom van één omvormer. Als ondergrondse kabels worden toegepast met gearde armering of in isolerende slagvaste gesloten mantelbuizen, mag de afstand tussen de kabel en de aardgasleiding worden verkort tot 0,5 meter.

¹⁶ Als aangegeven in de afbakening kunnen deze maatregelen alleen worden gebruikt voor stalen gasleidingen van Liander.

¹⁷ De belemmeringsstrook moet niet verward worden met de zakelijk recht strook. De belemmeringsstrook wordt genoemd in het Bevb en geldt overal langs de leiding, ongeacht de ligging (op particuliere of openbare grond). De zakelijk recht strook geldt alleen in particuliere grond en alleen als een zakelijk recht is afgesloten dat via de notaris bij het Kadaster is geregistreerd. Van de Liander gasleidingen die in particuliere grond gelegen zijn, is dit nagenoeg voor alle aardgastransportleidingen gebeurd.

¹⁸ De vijf meter is de breedte van de belemmeringsstrook.

De soortelijke bodemweerstand is afhankelijk van de temperatuur van de bodem, de hoeveelheid vocht in de bodem en van de chemische samenstelling van de bodem. Typische waarden voor de soortelijke bodemweerstand liggen tussen van 10 en 1000 Ωm . Bij een soortelijke bodemweerstand van 100 Ωm en een maximale lekstroom van 5 A is de minimaal aan te houden afstand tussen een zonneweide en een aardgasleiding 105 meter.

4. Zonneweiden mogen tot de rand van de belemmeringenstrook geplaatst worden als:
 - het omvormervermogen per omvormer kleiner of gelijk is aan 100 kW én
 - de omvormers voorzien zijn van een ingeschakelde lekstroomdetectie (RCD)¹⁹ en van R_{ISO} -detectie (impedantie) op de ingang van de omvormer, beide conform NEN 62109 waarbij de ingestelde array²⁰ isolatieweerstand ten hoogste 40 $\text{M}\Omega/\text{m}^2$ is.
 - Als het hekwerk rondom de zonneweide potentiaal vereffend is met de zonneweide, geldt de afstand van het hekwerk tot aan de buisleiding. Als dat niet het geval is, geldt de afstand van de rand van de zonneweide tot aan de buisleiding.
5. DC-beïnvloeding kan ook beperkt worden door de RCD- en R_{ISO} -waarden aan te passen.

Bouwkundige maatregelen

6. Er moet aan tenminste één kant van de zonneweide boven de leiding een KB-Meetpunt Type-6 aanwezig zijn, waarbij de R6 PV ader van de meetpaal van de paal aangesloten moet zijn aan de draagconstructies van de zonnepanelen nabij de leiding.²¹ Per 200 meter parallelloop wordt een paal geplaatst.

Installatietechnische maatregelen

7. Omvormers moeten voldoen aan IEC-62109-2 (Veiligheid van vermogensomzetters gebruikt in foto-elektrische vermogenssystemen - Deel 2: Bijzondere eisen voor omzetters).
8. De zonneweiden moeten volledig potentiaal vereffend zijn.²²
9. De zonnepanelen op de zonneweide mogen niet als positief of negatief geaard op de omvormers worden aangesloten. Omvormers mogen niet voorzien zijn van een Anti PID-functie.²³
10. Aardingen van zonneweiden zijn niet toegestaan binnen de belemmeringenstrook van de leiding. Als het omvormervermogen per omvormer groter is dan 100 kW, zijn aardingen niet toegestaan binnen de afstand zoals berekend in punt 3.
11. Bij detectie van zwerfstromen moeten de RCD en de R_{ISO} -detectie de omvormer afschakelen.
12. De beïnvloeding van de zonneweide moet binnen de gestelde normen voor het stalen gasleidingnet geldende normen voor kathodische bescherming en interferentie (NEN-

¹⁹ RCD = residual current detection

²⁰ Een array bevat één of meerdere parallel geschakelde strings. Strings zijn serieschakelingen van panelen die op een omvormer zijn aangesloten. Een omvormer zet gelijkspanning om in een wisselspanning die voor het elektriciteitsnet geschikt is.

²¹ Een KB-paal is een gele kunststof paal die geplaatst wordt boven de leiding. In de KB-paal bevindt zich een elektrische verbinding naar de leiding en een tweede aansluitmogelijkheid naar bijvoorbeeld een anode, damwand of een andere constructie.

²² Potentiaalvereffening houdt in dat er door middel van verbindingen voor wordt gezorgd dat er qua aanraakveiligheid geen onveilige potentiaalverschillen binnen het systeem kunnen ontstaan.

²³ PID = Potential Induced Degradation. Door de hoge spanningsverschillen ontstaat als het ware spannings'druk' tussen de meest negatieve cellen en de omgeving, waardoor 'migratie' optreedt. Door de spanningsdruk af en toe om te draaien, wordt dit hersteld. Er zijn ook PID-vrije panelen op de markt waarbij dit fenomeen niet of nauwelijks voorkomt. Het toepassen van lagere stringspanningen vermindert het fenomeen ook. Het fenomeen treedt alleen op aan de meest negatieve kant van de string bij de cellen die dicht tegen het frame liggen.

EN-12954, NEN-EN-13509 en de NEN-EN-50162.) blijven. Als hier niet aan wordt voldaan, moet er een gesprek plaats vinden tussen Liander en de bouwer van de zonneweide.

Organisatorische maatregelen

13. Zonneweiden mogen ter plaatse van buisleidingen geen noemenswaardige spanningstrechtters in de bodem genereren²⁴, ook niet bij elektrische fouten in het zonnestelsel²⁵.
14. Wisselspanninginstallaties en kabels > 1000 V moeten voldoen aan NEN 3654 (Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningssystemen). Als de middenspanningsaarde verbonden wordt met de aarde van de zonneweide, moet dit meegenomen worden in een NEN 3654-beoordeling met betrekking tot weerstandsbeïnvloeding.
15. Voor constructies die binnen 50 m vanaf de leiding zijn geprojecteerd, geldt dat voor inbedrijfname een 0-meting van de bestaande beïnvloeding van de leiding moet worden uitgevoerd door middel van een CIP-gradiënt-meting²⁶, gecombineerd met een 48-uurs registratie. De 48-uurs registratie zal worden herhaald wanneer de PV-installatie in bedrijf is. Uit de resultaten hiervan kunnen mogelijke vervolgstappen worden ondernomen. Dit geldt alleen voor constructies die binnen 50 m vanaf de leiding zijn geprojecteerd.
16. De in te stellen waarden voor RCD- en R_{ISO}-detectie moeten opgeleverd worden vóór aanvang van de bouw van de zonneweide. De instellingen moeten geborgd worden in onderhoudsdocumenten.
17. Als het vermogen per omvormer groter is dan 100 kW, moet tijdens het ontwerp en vóór aanvang van de bouw van de zonneweide overleg plaatsvinden tussen de leidingbeheerder en de bouwende partij c.q. de ontwikkelende partij. Dit overleg moet gaan over aanvullende maatregelen om beïnvloeding vanuit de zonneweide naar de leiding te voorkomen., Contactgegevens KB groep Liander: kathodische.bescherming@Liander.com.
18. De in te stellen waarden voor de RCD en R_{ISO} moeten aan de leidingbeheerder opgeleverd worden vóór aanvang van de bouw van de zonneweide. De instellingen moeten geborgd worden in onderhoudsdocumenten.
19. Bij detectie van zwerfstromen moet de beheerder van de zonneweide per omgaande de Afdeling KB van Liander op de hoogte te stellen en de oorzaak van het lek wegnemen. Contactgegevens KB-groep Liander: kathodische.bescherming@Liander.com.
20. De leiding(en) moet(en) zo spoedig mogelijk, maar uiterlijk binnen 24 uur bereikbaar zijn voor onderhoud- of reparatiewerkzaamheden. De beheerder van de zonneweide zal volledige medewerking verlenen om dit mogelijk te maken, ook wanneer het nodig is om installatiedelen tijdelijk te verwijderen.
21. Voor onderhoudsdoeleinden en voor hulpverlening is het noodzakelijk dat de toegangswegen naar de zonneweide altijd begaanbaar zijn en dat er geen obstakels of sloten liggen tussen de toegangsweg en de zonneweide.

²⁴ Een spanningstrechtter is het trechtervormige spanningsverloop in de bodem ten gevolge van een stroom naar een (punt)bron in deze bodem.

²⁵ Onder normale omstandigheden genereert het systeem geen noemenswaardige spanningstrechtters. Op den duur kan echter slijtage optreden en kunnen andere verstoringen ontstaan. Ook deze verstoringen mogen geen noemenswaardig spanningsverschil veroorzaken.

²⁶ CIP = Close Interval Potential. Een gradiënt is een spanningsverschil in de bodem en in dit geval ten opzichte van 'remote earth', dat wil zeggen daar waar de bodem elektrisch gezien niet meer beïnvloed is.