



NIEUW TE LEGGEN ELEKTRICITEITSINFRA
TE LOCHEM
CASENR RLI-816

0769. Beïnvloeding nieuwe infra
op buisleiding Gasunie

Opdrachtgever: Qirion, Maurice Faassen
Uitgevoerd door: Qirion
Intern projectnr: 0769
Auteur: Thanh Le
Review: Armin Palavra
Datum: dinsdag 21 september 2021



COLOFON

Qirion

Bij Qirion zijn de strategische kennis en kunde op het gebied van energieopwek, -opslag, energie-infrastructuren alsmede eindverbruikerstoepassingen gebundeld. Deze gebundelde kennis dient als basis voor het uitvoeren van turnkey projecten alsmede het doen van advisering en onderzoek. Daarmee wil Qirion het mogelijk maken dat haar klanten kunnen acteren als world class spelers.

Qirion B.V.

Dijkgraaf 4, 6921 RL Duiven

Postbus 50, 6920 AB Duiven

Telefoon: (026) 844 71 17

Fax: (026) 844 72 00

<i>Datum</i>	<i>Status</i>	<i>Goedgekeurd Qirion</i>
21/09/2021	Goedgekeurd	Armin Palavra
21/09/2021	Opmerkingen verwerkt	Thanh Le
<i>Paraaf goedgekeurd</i>		

© 2021, Qirion BV, Duiven

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, in enige vorm of enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Qirion.

2021-01 v0.73

Samenvatting

Liander is voornemens nieuwe elektriciteitsinfra te realiseren nabij de Kanaaldijk te Lochem. Het project is bij Qirion bekend onder casenummer RLI-816.

In de nabijheid van de nieuwe elektriciteitsinfra bevindt zich buisleiding van Gasunie, bekend onder N-560-07. Theoretisch is het mogelijk dat buisleidingen en de nieuwe elektriciteitsinfra elkaar nadelig beïnvloeden via (een of meer van) deze mechanismen:

- capacitieve beïnvloeding;
- weerstandsbeïnvloeding;
- inductieve beïnvloeding;
- thermische beïnvloeding;
- mechanische beïnvloeding.

De procedure waarmee vastgesteld wordt of aanvullende acties noodzakelijk zijn als dit het geval is, is beschreven in de norm NEN 3654 [1]. Er is vanuit gegaan dat de lezer bekend is met de inhoud van deze norm.

Qirion heeft in opdracht van Qirion casenummer RLI-816 aan NEN 3654 getoetst. Hieruit is gebleken dat er geen aanvullende acties noodzakelijk zijn. Een nadere samenvatting van de berekeningen voor genoemde case volgt hieronder.

Capacitieve beïnvloeding

Niet van toepassing, zie § 2.2.

Weerstandsbeïnvloeding

De berekende stap- en aanraakspanning in het huidige ontwerp bedraagt 652 Volt. Hiermee **voldoet** deze waarde aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor doorslagspanning van 1000 Volt (voor bitumen bekleding) en overbruggingsspanningen van 1500 Volt, zie § 3.2.

Aanvullende actie wordt **niet** vereist.

Inductieve beïnvloeding

De bijgestelde Unity Check voor de 150 kV kabels bedraagt 0,1 en **voldoet** aan de eisen voor Unity Check.

De berekende geïnduceerde spanning als gevolg door de inductieve beïnvloeding door de 20 kV kabels betreft worst case 1 Volt. Dit **voldoet** aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor overbruggingsspanningen, zie § 3.3.

Aanvullende actie wordt **niet** vereist.

Thermische beïnvloeding

Niet van toepassing, zie § 2.2.

Mechanische beïnvloeding

Niet van toepassing, zie § 2.2.

Inhoudsopgave

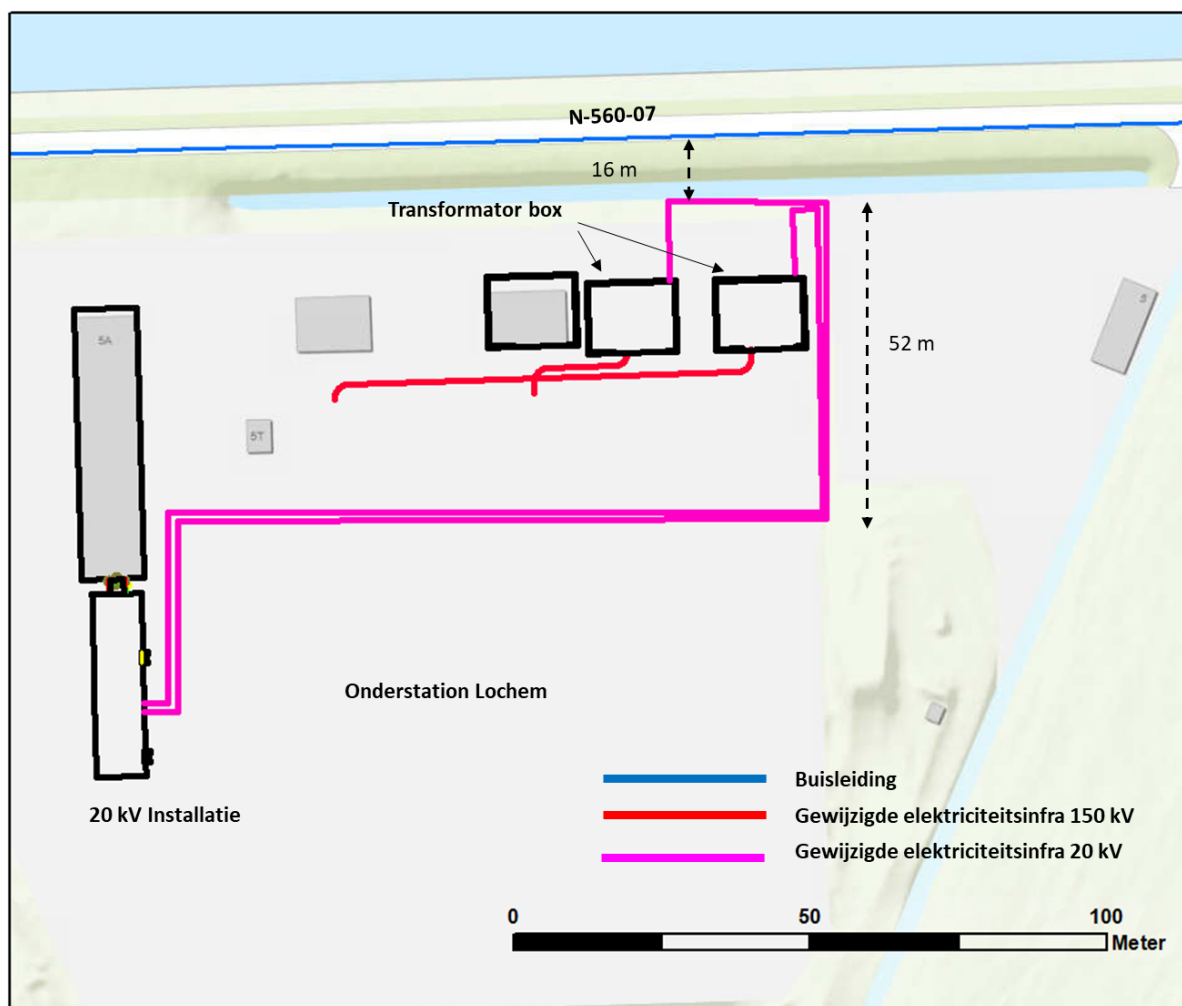
Samenvatting.....	3
1 Beoogde wijzigingen aan de elektriciteitsinfra	5
2 Beoordeling	6
2.1 Beoordeling conform NEN 3654.....	6
2.2 Eenzijdige conservatieve beoordeling	6
3 Vervolgstappen	8
3.1 Capacitieve beïnvloeding	8
3.2 Weerstandsbeïnvloeding	8
3.3 Inductieve beïnvloeding.....	9
3.4 Thermische beïnvloeding	14
3.5 Mechanische beïnvloeding.....	14
Conclusies	15
Bronvermelding.....	16
Bijlagen	17
A. Eenzijdige conservatieve beoordeling inductieve beïnvloeding	17
B. Toelaatbare overbruggingsspanningen	18
C. Bepaling hart-op-hartafstand en lengte parallelloop	18
D. Case-specifieke karakteristieken van de infra	20

1 Beoogde wijzigingen aan de elektriciteitsinfra

Liander is voornemens wijzigingen aan te brengen in de elektriciteitsinfra. Wijzigingen aan de infra zijn beoogd nabij de Kanaaldijk te Lochem.

Het gaat om uitbreiding van het onderstation Lochem. Hierbij worden in het onderstation twee transformatoren en een 20kV installatie geplaatst. Daarnaast worden er bijbehorende 150 kV en 20 kV kabels aangelegd om de transformatoren en installatie aan te sluiten. Het project is bij Qirion bekend onder casenummer RLI-816.

In de nabijheid van de te realiseren verbinding liggen buisleiding N-560-07 van Gasunie. De situatie wordt geïllustreerd in Figuur 1.



Figuur 1: Overzichtskartaal van de ligging van de infra in de beoogde eindsituatie.

2 Beoordeling

Theoretisch is het mogelijk dat buisleidingen en de nieuwe elektriciteitsinfra elkaar nadelig beïnvloeden via thermische, elektrische en mechanische mechanismen. Bij aanleg van en wijzigingen aan infra, dient de situatie conform NEN 3654 te worden beoordeeld om ontoelaatbare beïnvloeding te voorkomen.

De hiertoe omschreven procedure wordt gevolgd voor de wijzigingen, omschreven in hoofdstuk 1.

2.1 Beoordeling conform NEN 3654

Tussen hoogspanningssystemen en buisleidingen kunnen de volgende mechanismen een nadelige rol spelen:

- capacatieve beïnvloeding;
- weerstandsbeïnvloeding;
- inductieve beïnvloeding;
- thermische beïnvloeding;
- mechanische beïnvloeding.

Bij het aanleggen of wijzigen van een buisleiding of hoogspanningssysteem kunnen genoemde mechanismen leiden tot risico's:

- het risico op ontoelaatbare overbruggingsspanningen;
- het risico op wisselstroomcorrosie;
- het risico op beschadiging van de leidingbekleding door doorslag;
- het thermisch risico (opwarmen van buisleidingen);
- het risico op mechanische beschadiging.

In NEN 3654 staan aanwijzingen voor overleg en maatregelen om ontoelaatbare risico's qua beïnvloeding te voorkomen. De hierin omschreven methodiek (zie § 6.3.2 van NEN 3654) is erop gericht om zo eenvoudig mogelijk te bepalen of de beïnvloeding acceptabel is en maatregelen uit te sluiten zijn.

- In de eerste stap vindt een beoordeling plaats aan de hand van een grafiek of een praktisch criterium: de eenzijdige conservatieve beoordeling. De in deze stap toegepaste criteria zijn conservatief. (Uitgewerkt in § 2.2.)
- Indien niet aan deze criteria wordt voldaan, kan een (complexere) vervolgstap in de beoordeling worden uitgevoerd met criteria die iets minder conservatief zijn. (Zie vanaf hoofdstuk 3.)
- Uiteindelijk kan het nodig zijn om per mechanisme een gedetailleerde studie uit te voeren. Tevens kan dit leiden tot maatregelen om ontoelaatbare beïnvloeding te voorkomen.

De conservatieve beoordeling in combinatie met deze vervolgstappen zijn als cascade ontworpen: van conservatief (ofwel worst case) naar case-specifiek en zijn tevens toenemend arbeidsintensief. In principe zou een detailberekening ook meteen volstaan, geregeld blijkt het echter doeltreffender om de beoordeling al op een voorliggende stap af te kaarten.

2.2 Eenzijdige conservatieve beoordeling

De eerste stap betreft het uitvoeren van een eenzijdige conservatieve beoordeling van de beoogde eindsituatie. Per mechanisme worden deze risico's beschouwd.

Tabel 1 presenteert voor genoemde mechanismen het resultaat van de eenzijdige conservatieve beoordeling en geeft aan of er vervolgstappen noodzakelijk zijn.

Tabel 1: Overzicht van het resultaat en de noodzakelijke vervolgstappen.

Mechanisme	Criterium volgens NEN 3654	Vervolgstep	Verklaring
Capacitieve beïnvloeding <i>Te denken aan geïsoleerde, bovengrondse, metalen buisleidingen in de nabijheid van hoogspanningssystemen.</i>	Zie Tabel 2 (in de NEN 3654).	nee	Deze case betreft een ondergronds kabelsysteem.
Weerstandbeïnvloeding	- Afstand van de buisleiding tot het aardingssysteem van het kabeltracé bedraagt minder dan 30 m. - Alleen in het geval van een star/effactief geaard net. Zie Tabel 3 (NEN 3654).	ja	Er is wel wijziging in het aardingssysteem in een straal van 30 m rond de buisleiding.
Inductieve beïnvloeding	Lengte en afstand van parallelloop bevinden zich onder de curve in de grafiek van figuur 2 (NEN 3654), zie bijlage A.	ja	De maatgevende lengte en afstand bevinden zich onder genoemde curve.
Thermische beïnvloeding	De afstand in de bodem tussen kabel en buisleiding bedraagt minder dan 10 m (blz. 24 van NEN 3654).	nee	De kortste afstand tussen kabel en buisleiding bedraagt meer dan 10 m.
Mechanische beïnvloeding <i>Te denken aan het omvallen van een hoogspanningsmast op een buisleiding</i>	De afstand tussen de hoogspanningsmast en de buisleiding bedraagt minder dan de hoogte van de hoogspanningsmast. Zie § 6.3.7 (NEN 3654).	nee	Deze case betreft een ondergronds kabelsysteem.

De mechanismen waarvoor een vervolgstap noodzakelijk zijn, worden verder onderzocht in hoofdstuk 3.

3 Vervolgstappen

Op grond van Tabel 1 in § 2.2 zijn voor een aantal mechanismen vervolgstappen nodig. In dit hoofdstuk wordt een eenzijdige en verbeterde beoordeling uitgevoerd, onderbouwd met een Unity Check.

3.1 Capacitieve beïnvloeding

Dit mechanisme is niet van toepassing. (Zie Tabel 1 in § 2.2.)

3.2 Weerstandbeïnvloeding

Bij de aanleg van een nieuw voedingspunt wordt standaard een aardnet aangelegd, zodat de installatie in geval van een 1-fase kortsluiting niet onder spanning komt te staan. Hierdoor zal via dit aardnet stroom naar de bodem wegvloeien.

Indien een stroom op deze wijze wegvloeit, ontstaat een potentiaalverloop door de weerstand die de stroom in de bodem ondervindt. Rond het intredepunt in de bodem ontstaat de zogenoemde 'potentiaaltrechter'. Objecten binnen deze potentiaaltrechter zullen de lokale potentiaal aannemen. Bij het aanraken van deze objecten ontstaat het risico op een te hoge aanraak- en overbruggingsspanning. (Zie § 6.3.4 in NEN 3654.)

3.2.1 Aanpak van de beoordeling

Om genoemd risico nader te beschouwen, wordt bij wijze van worst case de maximale potentiaal die ter hoogte van de buisleiding optreedt, vastgesteld en vergeleken met de toelaatbare overbruggingsspanningen.

De aarde en het beoogde aardnet van het voedingspunt is gemodelleerd om de vorm en grootte van de potentiaaltrechter te bepalen. Hiervoor is gebruik gemaakt van:

- gegevens over de elektrische weerstand van de aarde, vanuit het DINOloket¹;
- gegevens over het aardnet, van Liander (zie Figuur 8 in bijlage D-3);
- de case-specifieke 1-fase kortsluitstroom, van Qirion;
- softwarepakket CDEGS².

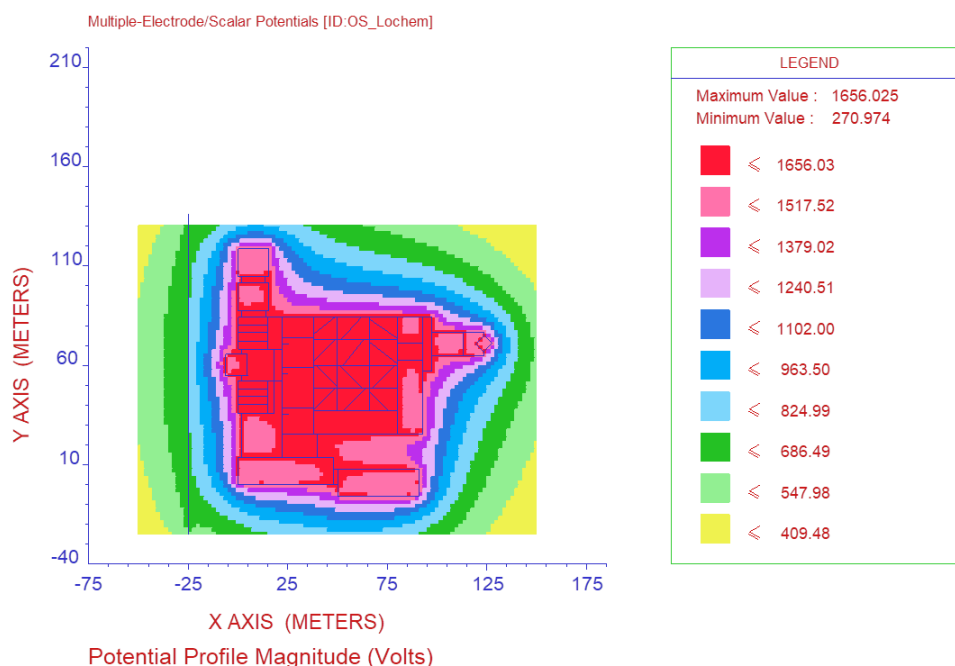
3.2.2 Resultaat van de beoordeling

De toelaatbare overbruggingsspanning is afhankelijk van de afschakeltijd van de kortsluitstroom. De toelaatbare overbruggingsspanningen staan vermeld in Tabel 8 van Bijlage B.

Figuur 2 laat de berekende potentiaaltrechter en de ligging van de Gasunieleiding daarin zien. Uit de berekening blijkt dat de potentiaal waarin de gasleiding zich bevindt 652 Volt is, waar 1000 Volt (voor doorslagspanning bij bitumen bekleding) en 1500 Volt (voor overbruggingsspanningen) zijn toegestaan.

¹ DINOloket – Data en informatie van de Nederlandse ondergrond. Geologische Dienst Nederland, Utrecht. www.dinoloket.nl

² CDEGS – Current Distribution Electromagnetic Interference Grounding and Soil Structure Analysis, versie 16, Safe Engineering Services & technologies ltd.



Valid License No: 2027 S/N 1520269009	Customer: Qirion Energy Consulting	[Date: 2021/09/2, Time: 16:46:34] SES MultiGroundZ
---------------------------------------	------------------------------------	---

Figuur 2: Berekende potentiaaltrechter op het onderstation Lochem. De buisleiding van Gasunie is weergegeven in het zwart.

3.2.3 Conclusie op basis van de beoordeling

De berekende overbruggingsspanning in het huidige ontwerp **voldoet** aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor doorslagspanning en overbruggingsspanningen.

Aanvullende actie wordt **niet** vereist.

3.3 Inductieve beïnvloeding

Inductieve beïnvloeding vindt plaats vanwege de elektromagnetische koppeling tussen een hoogspanningssysteem en een (parallel liggende) metalen buisleiding. Een stroom in het hoogspanningssysteem zal door deze koppeling de elektrische potentiaal van de buisleiding verhogen. Hiermee kan een risico op ontoelaatbare overbruggingsspanningen en wisselstroomcorrosie ontstaan.

De geïnduceerde spanning in de buisleiding wordt vooral bepaald door de grootte van de stroom, de afstand van het hoogspanningssysteem tot de buisleiding en de lengte van de parallelloop.

3.3.1 Aanpak van de beoordeling

Naar aanleiding van de conservatieve beoordeling in § 1.2 zijn de vervolgstappen conform Tabel 4 van NEN 3654:

- A. Uitvoeren van een normatieve Unity Check (UC) voor de situatie. (Stap 2 in NEN 3654, aldaar omschreven in Bijlage C.)
De belangrijkste karakteristieken van het beoogde hoogspanningssysteem die in deze UC worden meegenomen zijn de afstand tot de buisleiding, de lengte van de parallelloop, het spanningsniveau en de geometrie (liggingsconfiguratie). (Zie Tabel C.1 van NEN 3654). Wanneer het resultaat uit de 'Unity Check' kleiner is dan of gelijk is aan 1 ($UC \leq 1$) is er geen sprake van ontoelaatbare beïnvloeding.

- B. Bijstellen van de UC, indien $UC > 1$. (Stap 3 in NEN 3654, aldaar omschreven in Bijlage D.)
De uitgevoerde UC gaat a priori uit van een kortsluitstroom van 30 kA en een afschakeltijd van 0,3 s. Mocht het resultaat van de UC groter zijn dan 1, dan mag deze worden bijgesteld: genoemde kortsluitstroom en afschakeltijd mogen dan case-specifiek worden genomen.
- C. Indien bijgestelde $UC > 1$, uitvoeren van case-specifieke detailberekeningen inclusief vaststelling van eventueel te treffen maatregelen. (Stap 4 in NEN 3654.)
Mocht de situatie met de aangepaste UC alsnog niet voldoen, dan wordt het beoogde hoogspanningssysteem geheel doorgerekend met case-specifieke gegevens.

De conservatieve beoordeling in combinatie met de hier voor inductieve beïnvloeding uitgewerkte vervolgstappen zijn dus als cascade ontworpen: van conservatief (ofwel worst case) naar case-specifiek (toenemend arbeidsintensief). Op elke tussenstap kan deze beoordeling afgekaart worden.

3.3.1.A Unity Check

Een UC wordt uitgevoerd om het risico op een te hoge overbruggingsspanning en wisselstroomcorrosie in (incidenteel) voorkomende netsituaties te beschouwen, zie Tabel 2.

Tabel 2: Risicofactoren die worden beschouwd in de Unity Check.

Netsituatie	Kans op optreden	Effect
Normaal bedrijf	> 99% van de tijd	Overbruggingsspanning te hoog
	> 99% van de tijd	Wisselstroomcorrosie
Onderhoudssituatie (N-1)	< 1% van de tijd	Overbruggingsspanning te hoog
Éénfasekortsluiting	< 0,01% van de tijd	
Driefasenkortsluiting	< 0,01% van de tijd	

OPMERKING Vanuit symmetrie-overwegingen zal een éénfasekortsluiting een veel groter effect veroorzaken dan een driefasenkortsluiting. Een éénfasekortsluiting zal in dit rapport derhalve als worst case worden beschouwd.

De formule voor de UC wordt gegeven door: $UC = I \times K1 \times (\log(K2) - \log(a))$

Hierin worden de case-specifieke gegevens vertegenwoordigd door parameters voor:

- afstand a tot de buisleiding en lengte l van de parallelloop, deze worden bepaald in bijlage C;
- spanningsniveau en geometrie (liggingsconfiguratie) worden genoemd in bijlage D en komen tot uitdrukking in de keuze voor constanten $K1$ en $K2$ uit Tabel C.1 van NEN 3654.

3.3.1.B Bijgestelde Unity Check

De uitgevoerde UC gaat a priori uit van een kortsluitstroom van 30 kA en een toelaatbare overbruggingsspanning van 500 V (correspondeert met een afschakeltijd van 0,3 s). Dit wijkt af van de praktijk. Mocht het resultaat van de UC groter zijn dan 1, dan mag deze worden bijgesteld met case-specifieke kortsluitstroom en toelaatbare overbruggingsspanning middels bijstellingsfactoren.

- De geïnduceerde spanning is recht evenredig met de kortsluitstroom, waardoor de UC met een factor (f_1) kan worden bijgesteld. Deze factor betreft de verhouding tussen de case-specifieke en de a priori kortsluitstroom.
- De toelaatbare overbruggingsspanning is afhankelijk van de tijdsduur (afschakeltijd) en te vinden in Bijlage B. De case-specifieke toelaatbare overbruggingsspanning wordt eveneens met een factor in de UC verwerkt. Deze factor (f_2) betreft de verhouding tussen de case-specifieke en de a priori toelaatbare overbruggingsspanning.

De bijgestelde UC kan berekend worden door de UC te vermenigvuldigen met bovenstaande factoren.

3.3.1.C Case-specifieke detailberekeningen

Om genoemd risico nader te beschouwen, wordt bij wijze van worst case de maximaal geïnduceerde spanning vastgesteld en vergeleken met de toelaatbare overbruggingsspanning (Bijlage B). (Hierbij is uitgegaan van een bodemspanning van 0 V: worst case.)

De infra is gemodelleerd, gebruikmakend van:

- gegevens over de lokale elektrische weerstand van de aarde, vanuit het DINOloket;
- gegevens over de beoogde elektriciteitsinfra, van Qirion;
- gegevens over de buisleiding(en) van Gasunie;
- de case-specifieke 1-fase kortsluitstroom, van Liander;
- softwarepakket EMTP³.

De hieruit gedestilleerde uitgangspunten zijn opgenomen in Bijlage D.

3.3.2 Resultaat van de beoordeling

De beoordeling van de gewijzigde situatie in onderstation Lochem wordt voor twee situaties uitgevoerd:

- wijziging van de 150 kV kabels;
- wijziging van de 20 kV kabels.

Van elke situatie wordt de kabel, die de langste parallelloop met de buisleiding heeft, gekozen voor de beoordeling. Als gevolg hiervan is de mate van beïnvloeding van deze kabel op de buisleiding hoger dan de beïnvloeding van de kabel die kortere parallelloop met de buisleiding heeft. Deze manier van beschouwing wordt daarom als “worst case” beschouwd. (Wordt voor deze kabel voldaan aan de norm, dan is daarmee ook automatisch voldaan voor andere kabels.)

3.3.2.A Unity Check

3.3.2.A.1 Unity Check voor de 150 kV kabel

Uitgaande van de case-specifieke gegevens voor de parallelloop van de 150 kV kabel aan buisleiding N-560-07:

- Maatgevende lengte (van de parallelloop) l [in km] bedraagt 0,066 km;
- Maatgevende afstand (tot de buisleiding) a [in m] bedraagt: 31 m;
- Spanningsniveau en geometrie (liggingsconfiguratie) worden genoemd in bijlage D en komen tot uitdrukking in de keuze voor constanten $K1$ en $K2$ uit Tabel C.1 van NEN 3654.

Het resultaat van de risicobeschouwing middels Unity Check is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Resultaat van de Unity Check.

Netsituatie	Facet	K1	K2 [m]	Resultaat UC
Normaal bedrijf	Overbruggingsspanning	0,128	400	0,01
	Wisselstroomcorrosie	0,08	400	0,01
Onderhoudssituatie (N-1)	Overbruggingsspanning	0,128	400	0,01
Éénfasekortsluiting		10,388	1276	1,1

OPMERKING De bepaalde maatgevende lengte en afstand betreffen de parallelloop met de dichtstbijzijnde buisleiding. Door deze benadering van de situatie wordt het “worst case”-scenario getoetst.

³ EMTP – ElectroMagnetic Transient Program, voor DOS/Win3/95/98, versie 2004, European EMTP-ATP Users Group Association. <http://www.eeug.org>

Het resultaat van de UC blijkt alleen bij een éénfasekortsluiting niet te voldoen, waardoor er een vervolgstap noodzakelijk is.

3.3.2.A.2 Unity Check voor de 20 kV kabel

Uitgaande van de case-specifieke gegevens voor de parallelloop van de 20 kV kabel aan buisleiding N-560-07:

- Maatgevende lengte (van de parallelloop) / [in km] bedraagt 0,141 km;
- Maatgevende afstand (tot de buisleiding) a [in m] bedraagt: 42 m;
- Spanningsniveau en geometrie (liggingsconfiguratie) worden genoemd in bijlage D en komen tot uitdrukking in de keuze voor constanten K1 en K2 uit Tabel C.1 van NEN 3654.

Het resultaat van de risicobeschouwing middels Unity Check is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Resultaat van de Unity Check.

Netsituatie	Facet	K1	K2 [m]	Resultaat UC
Normaal bedrijf	Overbruggingsspanning	0,043	344	0,01
	Wisselstroomcorrosie	0,025	400	0,00
Onderhoudssituatie (N-1)	Overbruggingsspanning	0,043	344	0,01
Éénfasekortsluiting		19,355	1276	4,0

OPMERKING De bepaalde maatgevende lengte en afstand betreffen de parallelloop met de dichtstbijzijnde buisleiding. Door deze benadering van de situatie wordt het "worst case"-scenario getoetst.

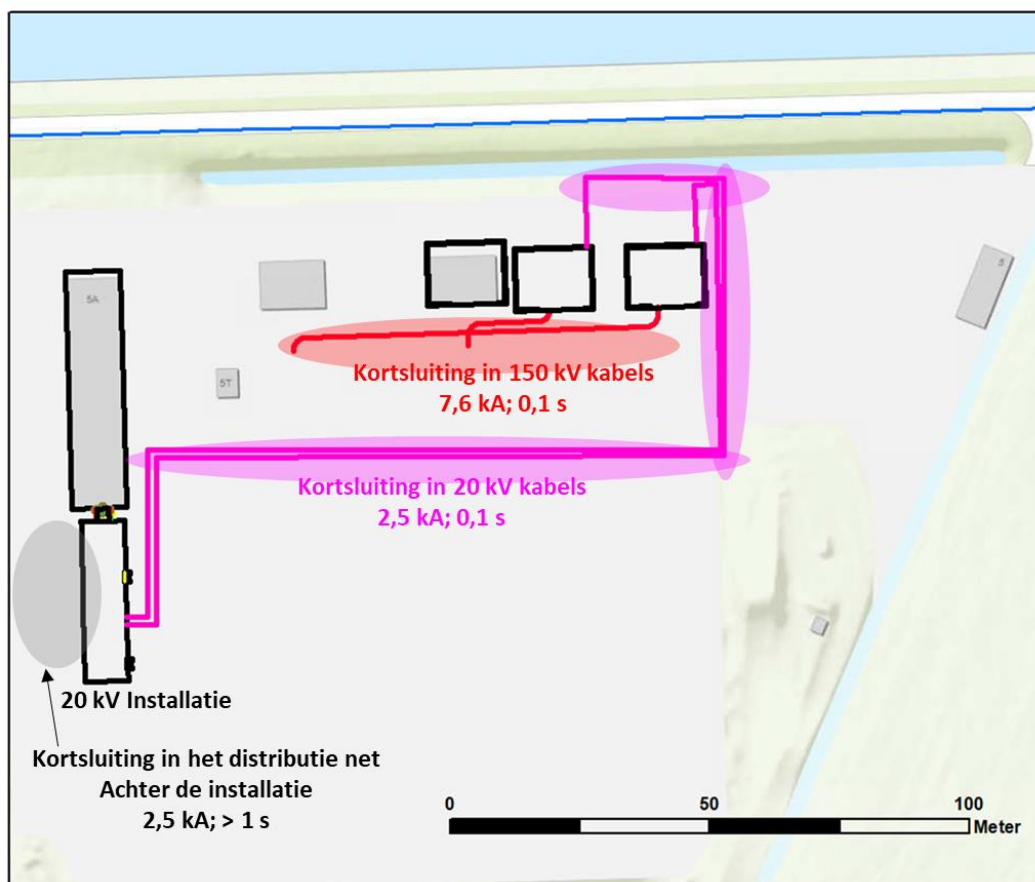
Het resultaat van de UC blijkt alleen bij een éénfasekortsluiting niet te voldoen, waardoor er een vervolgstap noodzakelijk is.

3.3.2.B Bijgestelde Unity Check

Zoals in paragraaf 3.3.1.B is gesteld, kunnen de kortsluitstroom en een toelaatbare overbruggingsspanning (correspondeert met een afschakeltijd) bijgesteld worden met de case-specifieke waarden. In deze case kan de kortsluiting in de volgende drie situaties optreden:

- Kortsluiting in de 150 kV kabel. De maximale kortsluitstroom is 7,6 kA. Deze kortsluitstroom wordt uitgeschakeld door de 150 kV installatie. De bijbehorende afschakeltijd is 0,1 s;
- Kortsluiting in de 20 kV kabel tussen de te plaatsen transformator en de 20 kV installatie. De maximale kortsluitstroom is 2,5 kA. Deze kortsluitstroom wordt uitgeschakeld door de 150 kV installatie. De bijbehorende afschakeltijd is 0,1 s;
- Kortsluiting in het distributie net achter de 20 kV installatie. De maximale kortsluitstroom is 2,5 kA. Deze kortsluitstroom wordt uitgeschakeld door de 20 kV installatie. De bijbehorende afschakeltijd is > 1 s (worst case benadering). Deze situatie leidt tot de laagste toelaatbare overbruggingsspanning van 50 Volt, die veroorzaakt wordt de 20 kV kabel tussen de installatie en de transformator. Dit is de worst case situatie. Deze situatie wordt toegepast voor de bijgestelde Unity Check.

De mogelijke kortsluitsituatie en de bijbehorende kortsluitgegevens worden geïllustreerd in Figuur 3.



Figuur 3: Overzicht mogelijk kortsluitstromen en afschakeltijden in onderstation Lochem

3.3.2.B.1 Unity Check voor de 150 kV kabel

Voor het bijstellen van de Unity Check zijn de onderstaande case-specifieke gegevens toegepast:

- case-specifieke kortsluitstroom: 7,6 kA, (zie Bijlage C-1)
- tijdsduur (afschakeltijd): > 0,1 s
 - de toelaatbare overbruggingsspanning bij deze tijdsduur is 1500 V (zie Bijlage B).

Uitgaande van genoemde case-specifieke gegevens worden de bijstellingsfactoren:

- $f_1 = 7,6 \text{ kA} / 30 \text{ kA}$
- $f_2 = 500 \text{ V} / 1500 \text{ V}$
- $f_r = f_1 \times f_2$

Het resultaat van de bijgestelde Unity Check is weergegeven in Tabel 5

Tabel 5: Bijgestelde Unity Check.

Netsituatie	Facet	Resultaat UC
Éénfasekortsluiting	Overbruggingsspanning	0,1

Het resultaat van de bijgestelde UC blijkt te voldoen, waardoor er **geen** vervolgstap noodzakelijk is.

3.3.2.B.2 Unity Check voor de 20 kV kabel

Voor het bijstellen van de Unity Check zijn de onderstaande case-specifieke gegevens toegepast:

- case-specifieke kortsluitstroom: 2,5 kA, (zie Bijlage C-1)
- tijdsduur (afschakeltijd): > 1 s
 - de toelaatbare overbruggingsspanning bij deze tijdsduur is 50 V (zie Bijlage B).

Uitgaande van genoemde case-specifieke gegevens worden de bijstellingsfactoren:

- $f_1 = 2,5 \text{ kA} / 30 \text{ kA}$
- $f_2 = 500 \text{ V} / 50 \text{ V}$
- $f_r = f_1 \times f_2$

Het resultaat van de bijgestelde Unity Check is weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6: Bijgestelde Unity Check.

Netsituatie	Facet	Resultaat UC
Éénfasekortsluiting	Overbruggingsspanning	3,4

Het resultaat van de bijgestelde UC blijkt niet te voldoen, waardoor er **een** vervolgstap noodzakelijk is.

3.3.2.C Case-specifieke detailberekeningen

De toelaatbare overbruggingsspanning is afhankelijk van de afschakeltijd van de kortsluitstroom. De toelaatbare overbruggingsspanningen staan vermeld in Tabel 8 van Bijlage B.

De berekende maximale en toelaatbare spanning bij de afschakeltijd zijn weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7: Beoordeling van de berekende overbruggingsspanning.

Afschakeltijd [s]	Toelaatbare spanning [V]	Berekende spanning [V]	Vervolgstep
> 1 s	50	1	nee

De berekende overbruggingsspanning betreft worst case 1 Volt. Dit voldoet aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor overbruggingsspanningen.

3.3.3 Conclusie op basis van de beoordeling

Aanvullende actie wordt **niet** vereist.

3.4 Thermische beïnvloeding

Dit mechanisme is niet van toepassing. (Zie Tabel 1 in § 2.2.)

3.5 Mechanische beïnvloeding

Dit mechanisme is niet van toepassing. (Zie Tabel 1 in § 2.2.)

Conclusies

Een korte samenvatting van de berekeningen voor genoemde case volgt hieronder.

Capacitieve beïnvloeding

Niet van toepassing, zie § 2.2.

Weerstandsbeïnvloeding

De berekende stap- en aanraakspanning in het huidige ontwerp bedraagt 652 Volt. Hiermee **voldoet** deze waarde aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor doorslagspanning van 1000 Volt (voor bitumen bekleding) en overbruggingsspanningen van 1500 Volt, zie § 3.2.

Aanvullende actie wordt **niet** vereist.

Inductieve beïnvloeding

De bijgestelde Unity Check voor de 150 kV kabels bedraagt 0,1 en voldoet een de eisen voor Unity Check.

De berekende geïnduceerde spanning als gevolg door de inductieve beïnvloeding van de 20 kV kabels betreft worst case 1 Volt. Dit **voldoet** aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor overbruggingsspanningen, zie § 3.3.

Aanvullende actie wordt **niet** vereist.

Thermische beïnvloeding

Niet van toepassing, zie § 2.2.

Mechanische beïnvloeding

Niet van toepassing, zie § 2.2.

Bronvermelding

- [1] „NEN 3654: Nederlandse norm, Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspannings-systemen,„ Alliander, Duiven, 2014.
- [2] T. J. W. van Leeuwen, „Voorschrift voor aardingen, bliksembeveiliging en sterpuntsbehandeling,„ Alliander, Duiven, 2010.
- [3] VELIN, „Algemene VELIN-voorwaarden voor grondroer- en overige activiteiten,„ April 2018.

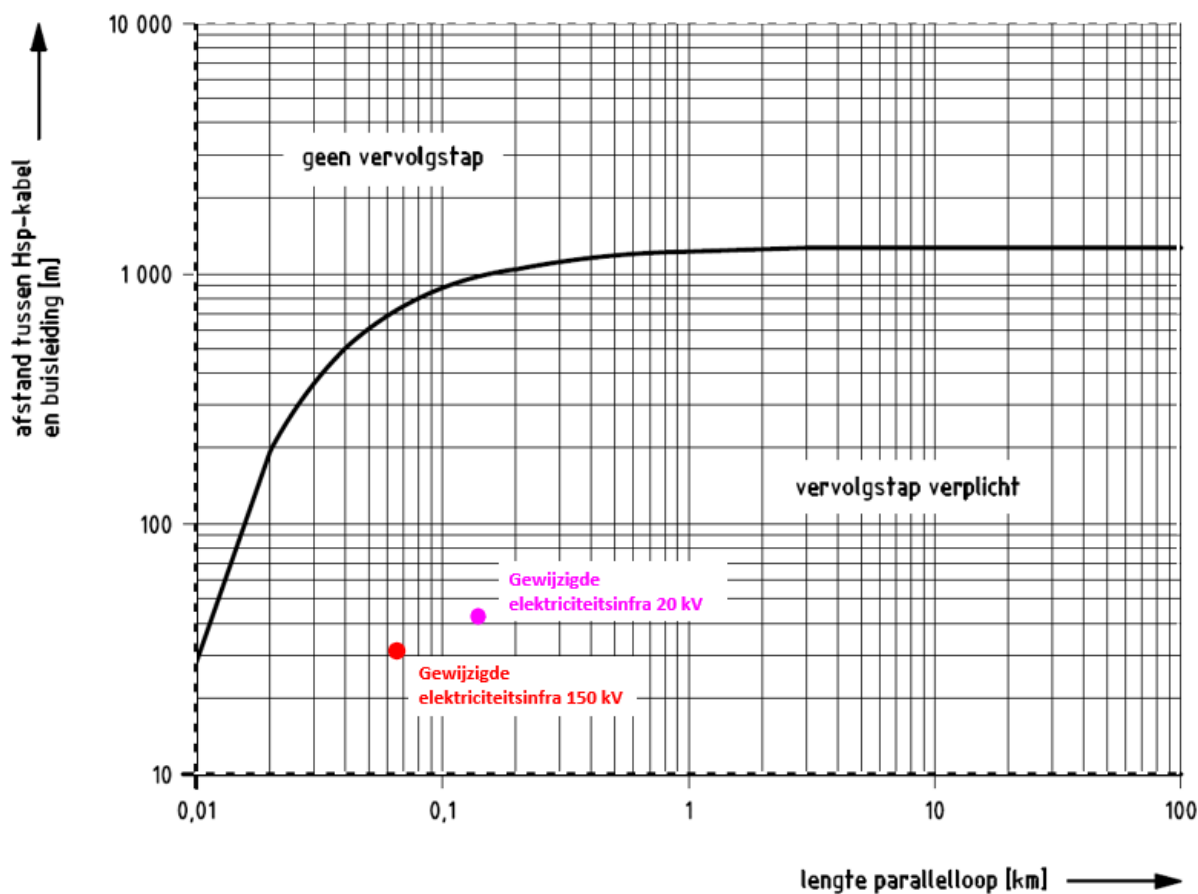


Bijlagen

A. Eenzijdige conservatieve beoordeling inductieve beïnvloeding

De NEN 3654 voorziet in een methode om te bepalen of er mogelijk sprake kan zijn van beïnvloeding. De eerste stap van deze methode betreft een eenzijdige conservatieve beoordeling van de situatie, in dit rapport uitgevoerd in § 2.2.

Om het facet van inductieve beïnvloeding te beoordelen, wordt de maatgevende lengte en afstand van de parallelloop getoetst aan figuur 2 uit NEN 3654. Dit wordt hieronder ter referentie weergegeven.



Figuur 4: Criteria inductieve beïnvloeding door hoogspanningskabels. (Bron: figuur 2 uit NEN 3654)

B. Toelaatbare overbruggingsspanningen

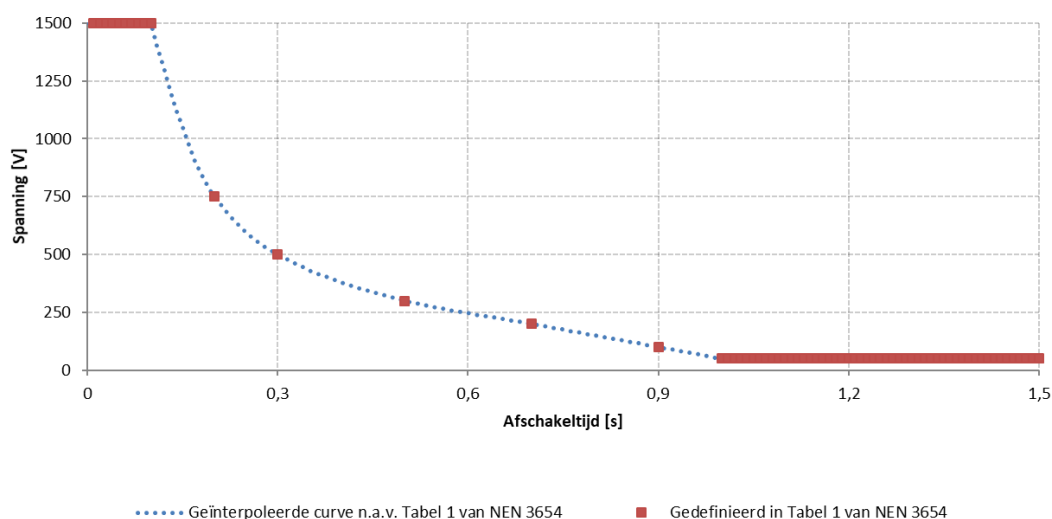
De toelaatbare overbruggingsspanning is afhankelijk van de tijdsduur (afschakeltijd). In het kader van persoonlijke veiligheid moet op ieder moment (gedurende nieuwbouw of aanpassing en gedurende de gebruiksfase) aan de eisen volgens Tabel 8 worden voldaan. Deze tabel is overgenomen uit § 6.2.2 van NEN 3654, aldaar Tabel 1.

Tabel 8: Toelaatbare overbruggingsspanningen conform tabel 1 uit NEN 3654.

Afschakeltijd [s]	Toelaatbare overbruggingsspanning [V]
$\leq 0,1$	1 500
0,2	750
0,3	500
0,5	300
0,7	200
0,9	100
$\geq 1,0$ (indien er sprake is van een kortsluitsituatie)	50
$\geq 1,0$ (indien er geen sprake is van een kortsluitsituatie)	25

NEN 3654 schrijft niet voor alle bij Liander voorkomende afschakeltijden de toelaatbare overbruggingspanning voor. Figuur 5 toont naast de in Tabel 8 vermelde gegevens een interpolatie hiervan.

Toelaatbare overbruggingsspanningen als functie van de afschakeltijd



Figuur 5: Toelaatbare overbruggingsspanningen gevisualiseerd.

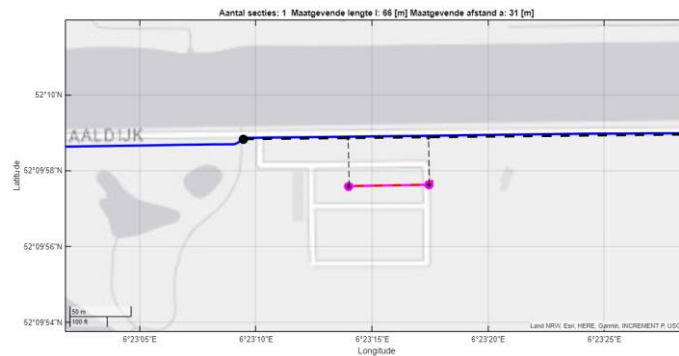
C. Bepaling hart-op-hartafstand en lengte parallelloop

In deze bijlage wordt de maatgevende lengte en maatgevende afstand bepaald voor de genoemde case, volgens de methode, omschreven in Bijlage C van NEN 3654. Hierbij is de afstand tussen de kabel en de dichtstbijzijnde buisleiding genomen. Dit betreft de worst-case situatie.

De afstanden zijn bepaald op basis van de projecttekening van Qirion en opgave van de ligging van buisinfra van Gasunie.

C-1. Projectiebepaling hart-op-hartafstand en lengte voor 150 kV kabels

Figuur 6 visualiseert voor deze case de afstanden tussen de beoogde verbinding en de buisleiding.



Figuur 6: Projectiebepaling hart-op-hartafstand en lengte (bovenaanzicht)

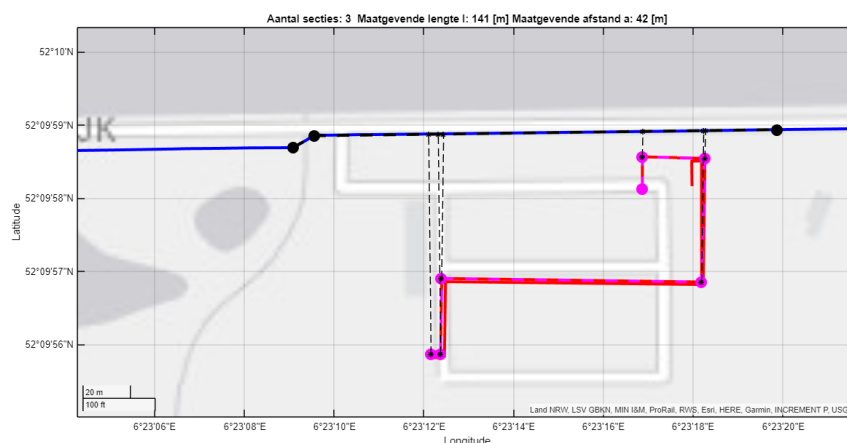
Tabel 10 geeft de berekende maatgevende lengte en maatgevende afstand voor de beschouwde parallelloop.

Tabel 9: Maatgevende lengte en maatgevende afstand voor de beschouwde parallelloop.

Buisleiding	Maatgevende lengte [m]	Maatgevende afstand [m]
N-560-07	66	31

C-2. Projectiebepaling hart-op-hartafstand en lengte voor 20 kV kabels

Figuur 7 visualiseert voor deze case de afstanden tussen de beoogde verbinding en de buisleiding.



Figuur 7: Projectiebepaling hart-op-hartafstand en lengte (bovenaanzicht)

Tabel 10 geeft de berekende maatgevende lengte en maatgevende afstand voor de beschouwde parallelloop.

Tabel 10: Maatgevende lengte en maatgevende afstand voor de beschouwde parallelloop.

Buisleiding	Maatgevende lengte [m]	Maatgevende afstand [m]
-------------	------------------------	-------------------------

N-560-07	141	42
----------	-----	----

D. Case-specifieke karakteristieken van de infra

D-1. Uitgangspunten voor de door Liander beoogde elektriciteitsinfra

Voor de beoogde elektriciteitsinfra gelden de uitgangspunten in Tabel 11.

Tabel 11: Technische uitvoering van het beoogde hoogspanningssysteem.

Karakteristiek	Uitvoering 150 kV kabels	Uitvoering 20 kV kabels
Bedrijfsspanningscategorie	150 kV	10 – 50 kV
Type kabel	XLPE 150 kV kabel	XLPE 12/20 kV
Aantal circuits	2	2
Gemiddelde afstand maaiveld tot kabel	1,5 m	0,9 m
Geometrie	driehoeksligging	driehoeksligging
Aarding kabelmantel	eenzijdig	eenzijdig
Aardverspreidingsweerstand	0,2 Ω bij onderstation	0,2 Ω bij onderstation 2,0 Ω bij AVP
Aardingsconfiguratie van het net	Impedantie-geaard	Impedantie-geaard

Voor de case-specifieke belasting van de beoogde infra gelden de uitgangspunten in Tabel 12.

Tabel 12: Te verwachten belasting van de beoogde infra in gegeven omstandigheden.

Netsituatie	Belastingssituatie	Belasting beoogd circuit
Normaal bedrijf	Normale belasting	Niet van toepassing (t.b.v. thermische beïnvloeding)
Onderhoudssituatie (N-1)	In verschakeld bedrijf	
Éénfasekortsluiting 150 kV kabels	Incident	7600 A
Éénfasekortsluiting 20 kV kabels	Incident	2500 A (beleid)
Driefasenkortsluiting	Incident	Blijft buiten beschouwing ⁴ .

De afschakeltijd van de éénfasekortsluitstroom voor de in § 3 beschouwde kortsluiting is gelijk aan 0,1 seconde voor kortsluiting in de 150 kV kabels en > 1 s voor kortsluiting in de 20 kV kabels.

D-2. Uitgangspunten voor de buisleiding van Gasunie voor het model

Voor het modelleren van de buisleiding zijn de uitgangspunten uit Tabel 13 gehanteerd.

Tabel 13: Technische uitvoering van de buisleiding.

Buisleidingnr.	Type	Diameter	Wanddikte	Aarding	Type bekleding
N-560-07	Staal	400 mm	8,74 mm	Eenzijdig*	Perfect geïsoleerd ($10^5 \Omega \cdot m^2$)

⁴ Zie OPMERKING in § 0.

*Standaard met aardverspreidingsweerstand van $0,1 \Omega$ aan het begin van de parallelloop.

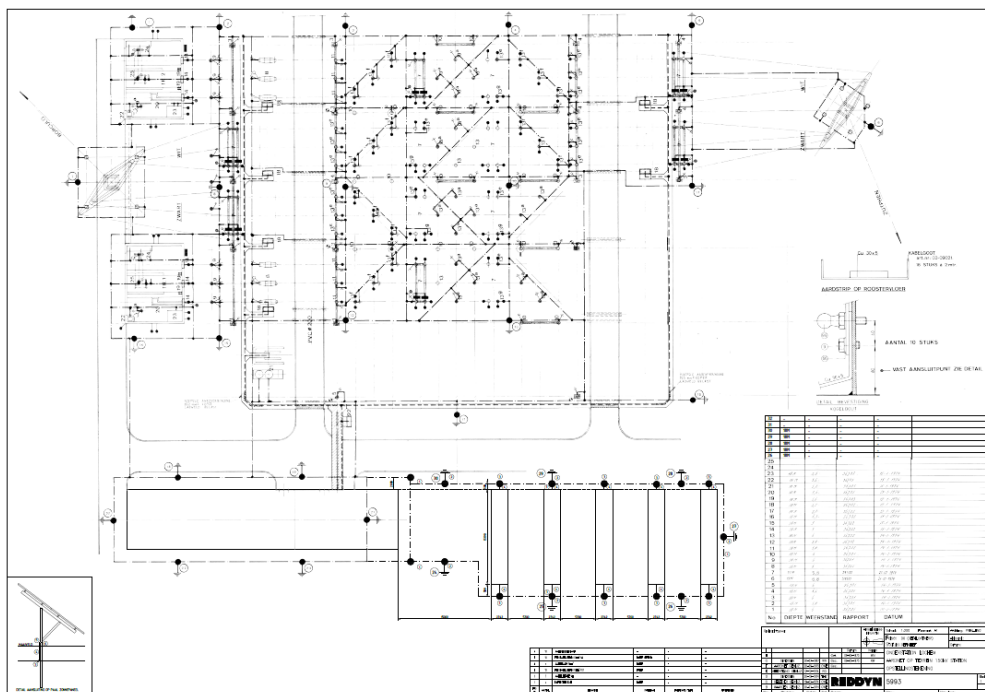
D-3. Overige uitgangspunten

Verder zijn de volgende case-specifieke uitgangspunten gehanteerd:

- Case-specifieke lokale elektrische grondweerstand, vanuit het DINOlaket⁵: $81 \Omega \cdot m$;
- Case-specifieke elektrische grondweerstand:

Bovengrens [m]	Ondergrens [m]	Elektrische weerstand [$\Omega \cdot m$]
0	1	36
1	4	62
4	38	90
38	50	20
50	95	95
95		5

De invloed van eventueel andere parallel liggende niet-stroomvoerende geleidende objecten wordt tijdens deze studie buiten beschouwing gelaten. Niet geaarde objecten hebben geen invloed op de overbruggingsspanning en geaarde objecten hebben een positieve invloed. Geaarde objecten zullen namelijk een deel van de stroom door de grond gaan voeren. Hierdoor neemt de overbruggingsspanning op de buisleiding af.



Figuur 8: Aardingsituatie bestaande elektriciteitsinfra (bron: tekening Liander LC-A1-005993-000001.pdf)

⁵ DINOlaket – Data en informatie van de Nederlandse ondergrond. Geologische Dienst Nederland, Utrecht. www.dinoloket.nl

