



BESCHOUWING NEN 3654

Verkabeling mast 9 t/m mast 21 van 150 kV HS-lijn

APELDOORN-WOUDHUIS

PROJECT RTE-293

1542. Algemene Beïnvloedingsberekening

<i>Opdrachtgever:</i>	Reddyn, Maarten Peeters
<i>Uitgevoerd door:</i>	Qirion
<i>Intern projectnr:</i>	1542
<i>Auteur:</i>	Thanh Le
<i>Review:</i>	Armin Palavra
<i>Datum:</i>	donderdag 8 juni 2023



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>
08/06/2023	Goedgekeurd	Armin Palavra
08/06/2023	Opmerkingen verwerkt	Thanh Le
<i>Paraaf goedgekeurd</i>		

© 2023, 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.

2022-01 v0.74

Samenvatting

TenneT is voornemens wijzigingen aan te brengen in de 150kV verbinding Apeldoorn-Woudhuis. Het gaat hierbij om het vervangen van de bovengrondse hoogspanningslijn (van mast 9 t/m mast 21) door de ondergrondse hoogspanningskabels. De lengte van de beoogde kabels is circa 3,0 km. Het project is bij Reddyn bekend onder project RTE-293.

Om te bepalen of er een risico bestaat dat nabij gelegen buisleidingen of andere (vergelijkbare) objecten nadelig beïnvloed kunnen worden door de te leggen kabels, heeft Qirion project RTE-293 aan de norm NEN 3654 getoetst. Een nadere samenvatting van de bevindingen voor genoemde case volgt hieronder.

Capacitieve beïnvloeding

Niet van toepassing, zie § 2.1.

Weerstandbeïnvloeding

Niet van toepassing, zie § 2.2.

Inductieve beïnvloeding

- **Conclusie op basis de worst case detailberekening:**
 - Er zal geen ontoelaatbare inductieve beïnvloeding plaats vinden op infrastructuur of objecten die vanaf 1 m afstand tot de nieuwe kabels zicht bevinden met een lengte van maximaal 1100 m.
- **Conclusie op basis de KLIC en case-specifieke detailberekening:**
 - Er bevinden zich geen metalen infrastructuur of objecten van Liander's elektriciteits- en gasinfra in de nabijheid van de nieuwe kabels met een lengte langer 1100 m. De nieuwe kabels voldoen daarom voor buisleidingen en objecten van Liander aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor overbruggingsspanningen, zie § 2.3. Aanvullende actie voor Liander's elektriciteits- en gasinfra wordt **niet** vereist;
 - De langste nabij gelegen infra zijn buisleidingen N-552-7 en N-552-71 van Gasunie. De berekende overbruggingsspanning betreft worst case 111 Volt. Dit voldoet aan de in de NEN 3654 gestelde limiet van 1500 V voor overbruggingsspanningen, zie § 2.3. Aanvullende actie voor buisleidingen van Gasunie wordt **niet** vereist.

Thermische beïnvloeding

Op basis van de kabelloop en de KLIC is volgens de NEN 3654 geen thermische beïnvloeding op buisleidingen en objecten, die gevoelig voor bodemtemperatuurveranderingen zijn, te verwachten.

Er is een aantal korte stukken van de lagedrukgasleidingen en metalen mantelbuizen van Liander binnen een straal van 10 meter van het beoogde kabelsysteem aanwezig. Voor zover bekend is bij Qirion, heeft Liander geen specifieke eisen met betrekking tot thermische beïnvloeding door elektriciteitsinfrastructuur van derden voor haar gasleidingen en metalen mantelbuizen.

Aanvullende actie wordt daarom **niet** verwacht, zie § □o

Mechanische beïnvloeding

Niet van toepassing, zie § 2.5

Inhoudsopgave

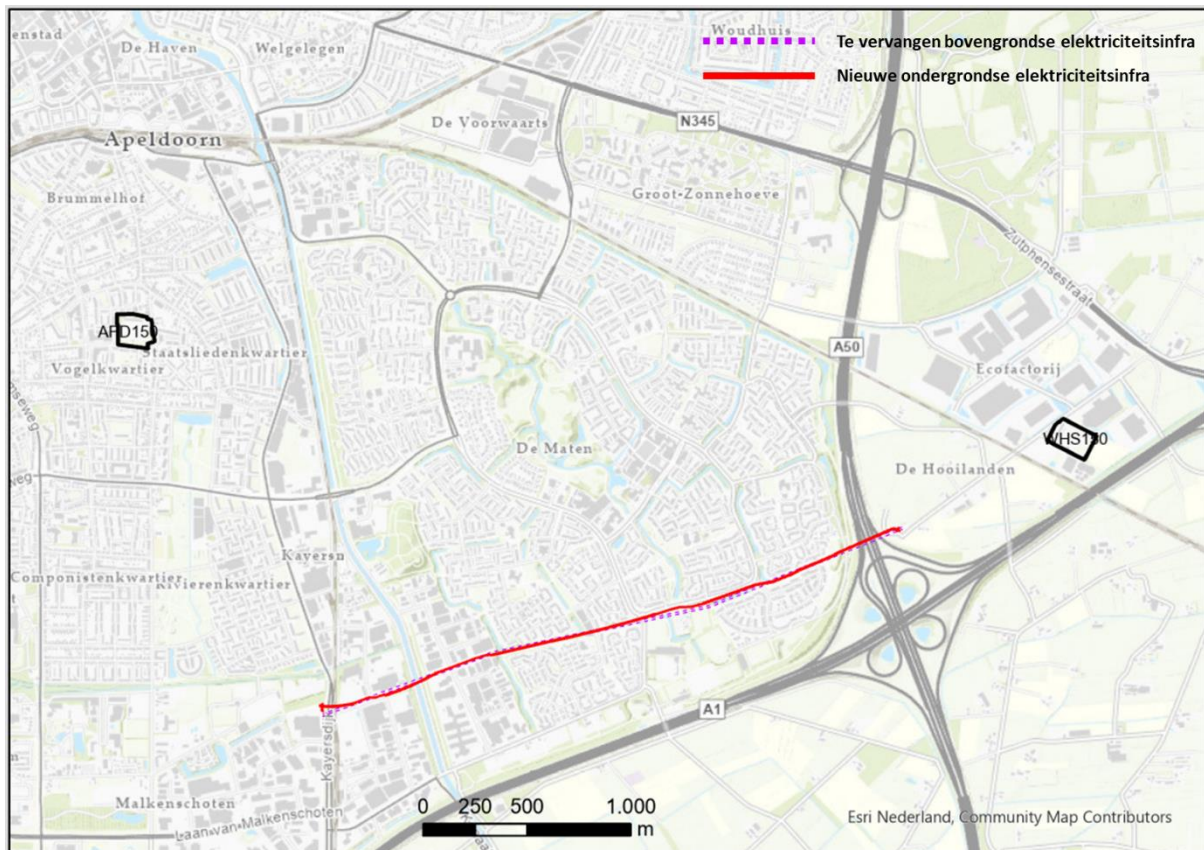
Samenvatting.....	3
1 Introductie	5
1.1 Beoogde wijziging in de elektriciteitsinfra	5
1.2 Doel en scope van het rapport	5
2 Beïnvloedingsmechanismen	6
2.1 Capacitieve beïnvloeding	6
2.2 Weerstandsbeïnvloeding	6
2.3 Inductieve beïnvloeding	6
2.4 Thermische beïnvloeding	13
2.5 Mechanische beïnvloeding	14
3 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	19
D. Case-specifieke karakteristieken van de infra	20

1 Introductie

1.1 Beoogde wijziging in de elektriciteitsinfra

TenneT is voornemens wijzigingen aan te brengen in de 150kV verbinding Apeldoorn-Woudhuis. Het gaat hierbij om het vervangen van de bovengrondse hoogspanningslijn (van mast 9 t/m mast 21) door de ondergrondse hoogspanningskabels. De lengte van de beoogde kabels is circa 3,0 km. Het project is bij Reddyn bekend onder project RTE-293.

De situatie wordt geïllustreerd in Figuur 1.



Figuur 1: Overzichtskartaal van de ligging van de te leggen kabelverbinding.

1.2 Doel en scope van het rapport

Het doel van dit document is om te bepalen of er een risico bestaat dat nabijgelegen buisleidingen of andere (vergelijkbare) objecten nadelig beïnvloed kunnen worden door de te leggen kabelverbinding. Hierbij zijn de gestelde criteria en limieten uit de NEN 3654 als uitgangspunt genomen.

2 Beïnvloedingsmechanismen

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.

Met de in NEN 3654 omschreven procedure wordt het effect van de in hoofdstuk 1 omschreven wijziging op buisleidingen of andere (vergelijkbare) objecten, die al in de nabijheid aanwezig zijn, getoetst.

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

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

2.1 Capacitieve beïnvloeding

Dit mechanisme is niet van toepassing. Deze case betreft het aanleggen van een ondergronds kabelsysteem.

2.2 Weerstandsbeïnvloeding

Dit mechanisme is niet van toepassing. Deze case betreft alleen het leggen van 150kV kabels, hierbij wordt geen wijziging in de aarding aangebracht.

2.3 Inductieve beïnvloeding

Inductieve beïnvloeding kan optreden als langwerpige geïsoleerde objecten parallel aan de kabel liggen. In plaats van naar alle aanwezige objecten in de nabijheid van de kabels te kijken, is gekozen voor een cascade aanpak: van worst case berekening naar case-specifieke detailberekeningen. Als deze worst case situatie voldoet aan de uitgangspunten van de NEN 3654, zal hiermee geen ongewenste situatie ontstaan ongeacht de verdere eigenschappen van de infrastructuur waar deze beïnvloeding op ontstaat. Voor buisleidingen die niet aan de worst case situatie voldoet, wordt case-specifieke berekening alsnog uitgevoerd.

De worst case situatie gaat uit van een parallel gelegen metalen leiding. De uitgangspunten voor de berekening zijn te vinden in Tabel 1.

Tabel 1: Uitgangspunten voor de berekening van de worst case situatie.

Worst case lengte parallelloop	1,1 ¹ km
Worst case afstand parallelloop	1 m
Case-specifiek lengte en afstand parallelloop	Op basis van ligging van de infra
Aarding metalen leiding	Perfect geïsoleerd, één zijde aan aarde
1-fase kortsluitstroom	15 kA
Afschakeltijd kortsluitstroom	<100 ms
Type kabel	1x2500 AIMil
Geometrie	driehoeksligging
Aantal circuits	2
Afstand circuits onderling	5,0 m bij horizontaal gestuurde boringen
Geometrie	driehoeksligging
Belasting winter	1160 A per circuit
Belasting zomer	970 A per circuit

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.

2.3.1 Aanpak van de beoordeling

De beoordeling van de inductieve beïnvloeding conform NEN 3654 wordt in de volgende stappen uitgevoerd:

- A. Uitvoeren van een normatieve Unity Check (UC) voor de situatie; (Stap 2 in NEN 3654)
- B. Bijstellen van de UC, indien $UC > 1$; (Stap 3 in NEN 3654)
- C. Indien bijgestelde $UC > 1$, uitvoeren van (worst case) detailberekeningen;
- D. Inventariseren van meetalen buisleidingen in de nabijheid van de kabeltracé middels KLIC;
- E. Indien lengte van buisleidingen uit de KLIC $> 1,1$ km, uitvoeren van stap A, B en C voor deze case-specifieke buisleidingen.

2.3.1.A Unity Check

Uitgaande van de gegevens voor de parallelloop met buisinfra :

- Maatgevende lengte (van de parallelloop) l bedraagt: 1100 m;
- Maatgevende afstand (tot de buisleiding) a bedraagt: **1 m** (theoretisch, Worst Case);

Het resultaat van de risicobeschouwing middels Unity Check is weergegeven in Tabel 2.

¹ Deze lengte is zo gekozen dat de beoogde kabels voldoen aan de criteria voor inductieve beïnvloeding volgens NEN 3654.

Tabel 2: Resultaat van de Unity Check.

Unity Check				
Hoogspanningssysteem	Ondergrondse verbinding (kabel)			
Geometrie	Kabel in driehoeksligging			
Spanningsniveau	150 - 400 kV			
Code	K04			
Lengte parallelloop [km]	1,100			
Onderlinge hart-op-hartafstand [m]	1,0			
Netsituatie	Facet	K1	K2 [m]	Resultaat UC
Normaal bedrijf	Overbruggingsspanning	0,128	400	0,4
	Wisselstroomcorrosie	0,080	400	0,2
Onderhoudssituatie (n-1)	Overbruggingsspanning	0,128	400	0,4
Éénfasekortsluiting		10,388	1276	35

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

2.3.1.B Bijgestelde Unity Check

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

- case-specifieke kortsluitstroom: 15 kA;
- tijdsduur (afschakeltijd): 0,1 s
 - de toelaatbare overbruggingsspanning bij deze tijdsduur is 1500 V.

Uitgaande van genoemde case-specifieke gegevens worden de bijstellingsfactoren:

- $f_1 = 15 \text{ kA} / 30 \text{ kA}$
- $f_2 = 500 \text{ V} / 1500 \text{ V}$
- $f_r = f_1 \times f_2$

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

Tabel 3: Bijgestelde Unity Check.

Unity Check				
Netsituatie	Facet	K1	K2 [m]	Resultaat UC
Éénfasekortsluiting	Overbruggingsspanning	10,388	1276	5,9

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

2.3.1.C Worst case detailberekeningen

Met behulp van EMTP² is de maximale geïnduceerde spanning voor het worst case scenario in Tabel 1 berekend. Het resultaat hiervan is weergegeven Tabel 4.

Tevens is in Tabel 4 toelaatbare spanning bij de afschakeltijd volgens de NEN 3654 weergegeven. De toelaatbare overbruggingsspanning is afhankelijk van de afschakeltijd van de kortsluitstroom.

Tabel 4: Beoordeling van de berekende overbruggingsspanning.

Afschakeltijd [s]	Toelaatbare spanning [V]	Berekende spanning [V]	Vervolgstap
0,1	1500	685 (worst case)	nee

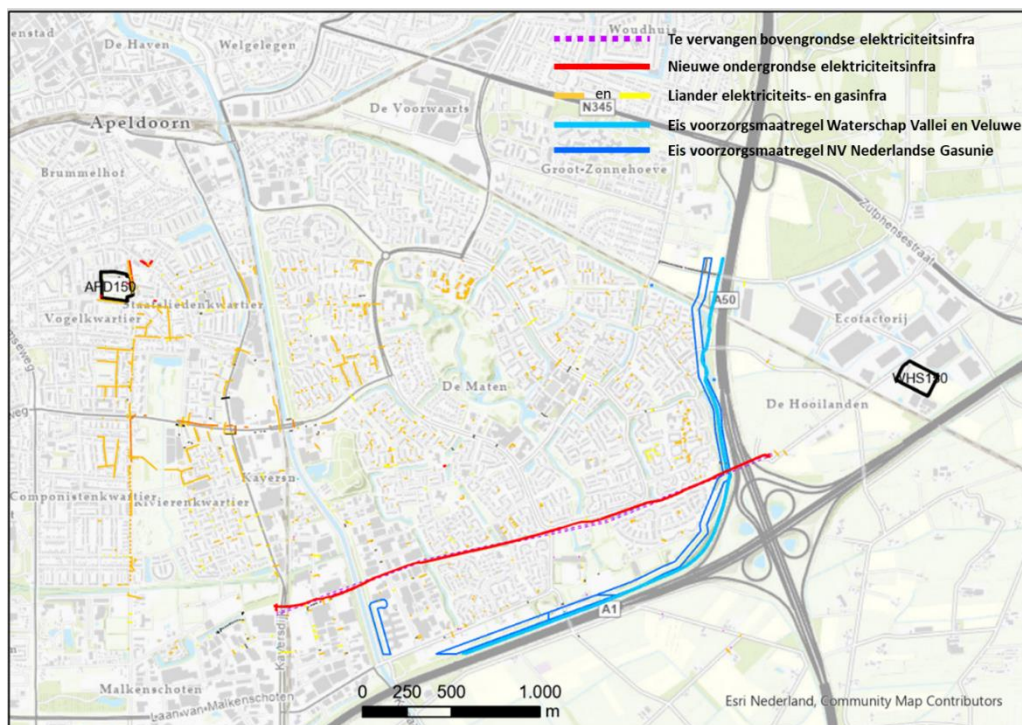
De berekende overbruggingsspanning betreft worst case 685 Volt. Dit **voldoet** aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor overbruggingsspanningen.

Hiermee kan worden geconcludeerd dat er geen ontoelaatbare inductieve beïnvloeding plaats zal vinden op de vanaf 1 m afstand gelegen infrastructuur of objecten met een lengte van maximaal 1100 m.

2.3.1.D Inventariseren van metalen buisleidingen in de nabijheid van de kabeltracé middels KLIC

Het doel van het inventariseren van de metalen buisleidingen in de nabijheid van de kabelloop middels KLIC is om te bepalen of er metalen buisleidingen zijn die een parallelloop langer dan 1100 m met de kabels hebben. Metalen buisleidingen met een lengte tot 1100 m **voldoen** aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor overbruggingsspanningen en daarom wordt aanvullende actie **niet** vereist. Voor metalen buisleidingen met een lengte langer dan 1100 m, worden case-specifieke berekeningen uitgevoerd.

De metalen buisleidingen in de nabijheid van de kabelloop middels KLIC worden in Figuur 2 geïllustreerd.



Figuur 2: Overzichtskartaal van de ligging van de infra o.b.v. KLIC in de beoogde eindsituatie.

² EMTP – ElectroMagnetic Transient Program, voor DOS/Win3/95/98, versie 2004, European EMTP-ATP Users Group Association. <http://www.eeug.org>

Uit de KLIC in Figuur 2 blijkt dat:

- Er geen metalen buisleidingen en objecten van Liander's elektriciteits- en gasinfra in de nabijheid van de nieuwe kabels met een lengte langer dan 1100 m te zijn. De nieuwe kabels voldoen daarom voor buisleidingen en objecten van Liander aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor overbruggingsspanningen.
 - Aanvullende actie voor Liander's elektriciteits- en gasinfra wordt niet vereist.
- Eis voorzorgsmaatregel Waterschap Vallei en Veluwe
 - Bij nadere onderzoek van de KLIC blijkt dat er geen metalen buisleidingen en objecten in voorzorgsmaatregel gebied van Waterschap Vallei en Veluwe aanwezig. Aanvullende actie wordt niet vereist.
- Eis voorzorgsmaatregel NV Nederlandse Gasunie
 - Bij nadere uitzoek van de KLIC blijkt dat buisleidingen N-552-70 en N-552-71 van Gasunie, die langer zijn dan 1100 m zijn, in de nabijheid van de beoogde kabels zich bevinden. Een beoordeling conform NEN3654 voor deze buisleidingen is noodzakelijk. De beoordeling wordt in § 2.3.1.E uitgevoerd.

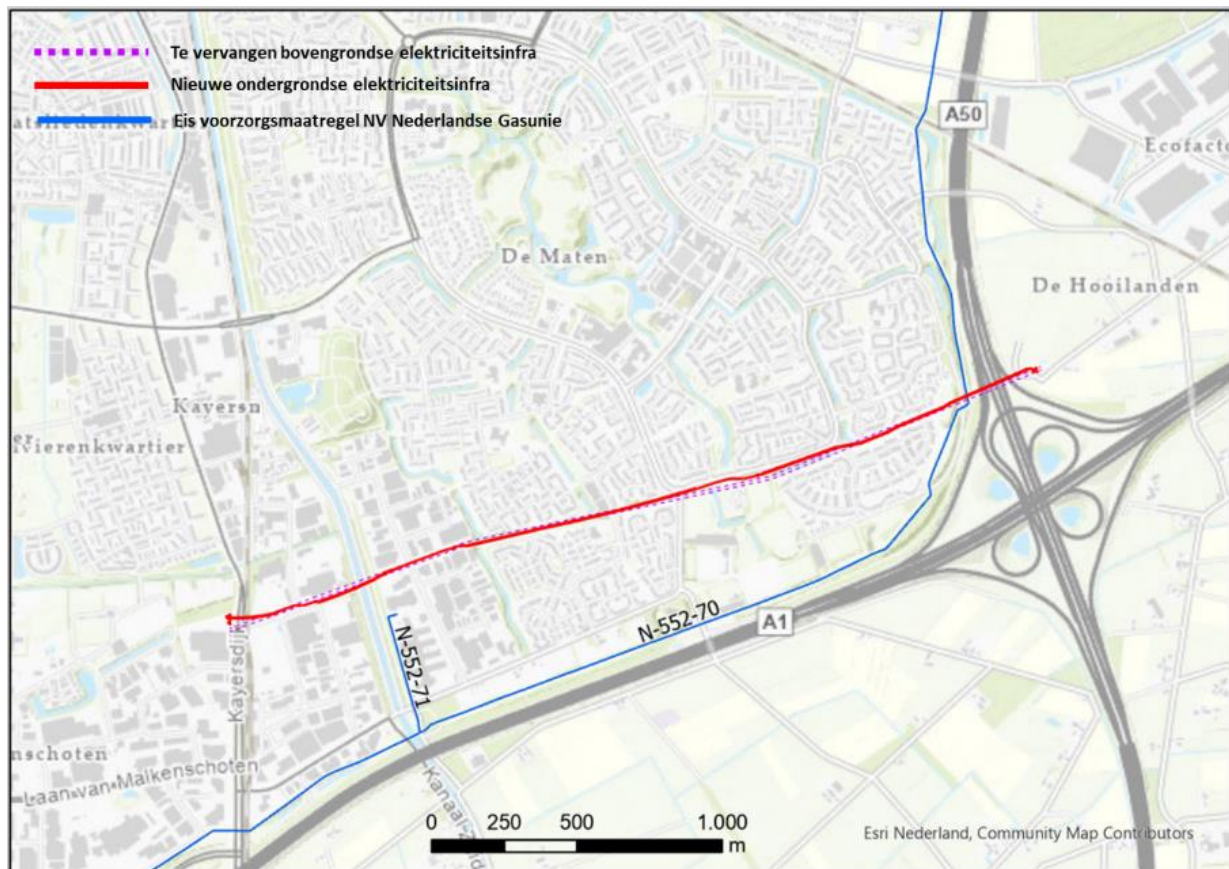
2.3.1.E Beoordeling conform NEN 3654 voor case-specifieke buisleidingen

2.3.1.E.1 Beoordeling buisleidingen Gasunie

In de nabijheid van de te realiseren verbinding ligt buisinfra N-552-70 en N-552-71 van Gasunie.³

De situatie wordt geïllustreerd in Figuur 3.

³ Bij wijze van worst case wordt in deze beschouwing de afstand tot de buisinfra die zich het dichtst bij de beoogde elektriciteitsinfra bevindt in acht genomen, voor deze case is dat de buisleiding N-552-70. Dit is omdat de mate van beïnvloeding op dichterbij gelegen buisleidingen het grootst is. Als voor deze buisleiding voldaan wordt aan de norm, dan is daarmee ook automatisch voldaan voor de overige buisleidingen.



Figuur 3: Overzichtskartaal van de ligging buisleidingen van gasbuis en de beoogde kabelloop.

2.3.1.E.1.A Unity Check

Uitgaande van de case-specifieke gegevens voor de parallelloop aan buisinfra <buisleidingnr.>:

- Maatgevende lengte (van de parallelloop) l bedraagt: 2786 m;
- Maatgevende afstand (tot de buisleiding) a bedraagt: 350 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 5.

Tabel 5: Resultaat van de Unity Check.

Netsituatie	Facet	K1	K2 [m]	Resultaat UC
Normaal bedrijf	Overbruggingsspanning	0,043	344	0,0
	Wisselstroomcorrosie	0,025	400	0,0
Onderhoudssituatie (N-1)	Overbruggingsspanning	0,043	344	0,0
Éénfasekortsluiting		19,355	1276	16

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.

2.3.1.E.1.B Bijgestelde Unity Check

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

- case-specifieke kortsluitstroom: 15 kA, (zie Bijlage D-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:

- $f_1 = 15 \text{ kA} / 30 \text{ kA}$
- $f_2 = 500 \text{ V} / 1500 \text{ V}$
- $f_r = f_1 \times f_2$

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

Tabel 6: Bijgestelde Unity Check.

Netsituatie	Facet	Resultaat UC
Éénfasekortsluiting	Overbruggingsspanning	2,7

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

2.3.1.E.1.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 Tabel 7.

Tabel 7: Beoordeling van de berekende overbruggingsspanning.

Afschakeltijd [s]	Toelaatbare spanning [V]	Berekende spanning [V]	Vervolgstep
0,1	1500	111	nee

De berekende overbruggingsspanning betreft worst case 111 Volt.

Dit **voldoet** aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor overbruggingsspanningen.

2.3.2 Conclusie op basis van de beoordeling voor inductieve beïnvloeding

- **Conclusie op basis de worst case detailberekening:**
 - Er zal geen ontoelaatbare inductieve beïnvloeding plaats vinden op infrastructuur of objecten die vanaf 1 m afstand tot de nieuwe kabels zicht bevinden met een lengte van maximaal 1100 m.
- **Conclusie op basis de KLIC en case-specifieke detailberekening:**
 - Er bevinden zich geen metalen infrastructuur of objecten van Liander's elektriciteits- en gasinfra in de nabijheid van de nieuwe kabels met een lengte langer 1100 m. De nieuwe kabels voldoen daarom voor buisleidingen en objecten van Liander aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor overbruggingsspanningen. Aanvullende actie voor Liander's elektriciteits- en gasinfra wordt **niet** vereist;
 - De langste nabij gelegen infra zijn buisleidingen N-552-7 en N-552-71 van Gasunie. De berekende overbruggingsspanning betreft worst case 111 Volt. Dit voldoet aan de in de NEN 3654 gestelde limiet van 1500 V voor overbruggingsspanningen. Aanvullende actie voor buisleidingen van Gasunie wordt **niet** vereist.

2.4 Thermische beïnvloeding

Op basis van de kabelloop en de KLIC-gegevens op de projecttekening zijn er geen buisleidingen binnen een straal van 10 meter van het beoogde kabelsysteem waargenomen die gevoelig voor bodemtemperatuurveranderingen zijn. Voor deze objecten is voldaan aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor thermische beïnvloeding, zoals beschreven in § 5.3.6 van NEN 3654: *“Indien de afstand in de bodem tussen de kabel en de buisleiding meer dan 10 m bedraagt, is geen beïnvloeding te verwachten.”*.

Er zijn echter wel een aantal korte stukken van de lagedrukgasleidingen en metalen mantelbuizen van Liander binnen een straal van 10 meter van het beoogde kabelsysteem aanwezig, zie Figuur 4 voor een voorbeeld van deze objecten.



Figuur 4: Boringstekening van de beoogde tracé [2022-023-TEK-HDD-01].

Voor zover bekend is bij Qirion heeft Liander geen specifieke eisen met betrekking tot thermische beïnvloeding door elektriciteitsinfrastructuur van derden voor haar gasleidingen en metalen mantelbuizen. Daarom wordt in dit rapport gesteld dat er geen verdere acties verwacht zijn.

2.5 Mechanische beïnvloeding

Dit mechanisme is niet van toepassing. Deze case betreft het aanleggen van een ondergronds kabelsysteem.

3 Conclusies

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

Capacitieve beïnvloeding

Niet van toepassing, zie § 2.1.

Weerstandsbeïnvloeding

Niet van toepassing, zie § 2.2.

Inductieve beïnvloeding

- **Conclusie op basis de worst case detailberekening:**
 - Er zal geen ontoelaatbare inductieve beïnvloeding plaats vinden op infrastructuur of objecten die vanaf 1 m afstand tot de nieuwe kabels zicht bevinden met een lengte van maximaal 1100 m.
- **Conclusie op basis de KLIC en case-specifieke detailberekening:**
 - Er bevinden zich geen metalen infrastructuur of objecten van Liander's elektriciteits- en gasinfra in de nabijheid van de nieuwe kabels met een lengte langer 1100 m. De nieuwe kabels voldoen daarom voor buisleidingen en objecten van Liander aan de in de NEN 3654 gestelde limieten voor overbruggingsspanningen, zie § 2.3. Aanvullende actie voor Liander's elektriciteits- en gasinfra wordt **niet** vereis;
 - De langste nabij gelegen infra zijn buisleidingen N-552-7 en N-552-71 van Gasunie. De berekende overbruggingsspanning betreft worst case 111 Volt. Dit voldoet aan de in de NEN 3654 gestelde limiet van 1500 V voor overbruggingsspanningen, zie § 2.3. Aanvullende actie voor buisleidingen van Gasunie wordt **niet** vereist.

Thermische beïnvloeding

Op basis van de kabelloop en de KLIC is volgens de NEN 3654 geen thermische beïnvloeding op buisleidingen en objecten, die gevoelig voor bodemtemperatuurveranderingen zijn, te verwachten.

Er zijn een aantal korte stukken van de lagedrukgasleidingen en metalen mantelbuizen van Liander binnen een straal van 10 meter van het beoogde kabelsysteem aanwezig. Voor zover bekend is bij Qirion, heeft Liander geen specifieke eisen met betrekking tot thermische beïnvloeding door elektriciteitsinfrastructuur van derden voor haar gasleidingen en metalen mantelbuizen.

Aanvullende actie wordt daarom **niet** verwacht, zie § 2.4.

Mechanische beïnvloeding

Niet van toepassing, zie § 2.5

Bronvermelding

- [1] „NEN 3654: Nederlandse norm, Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspannings-systemen,„ Alliander, Duiven, 2014.
- [2] VELIN, „Algemene VELIN-voorwaarden voor grondroer- en overige activiteiten,„ April 2018.

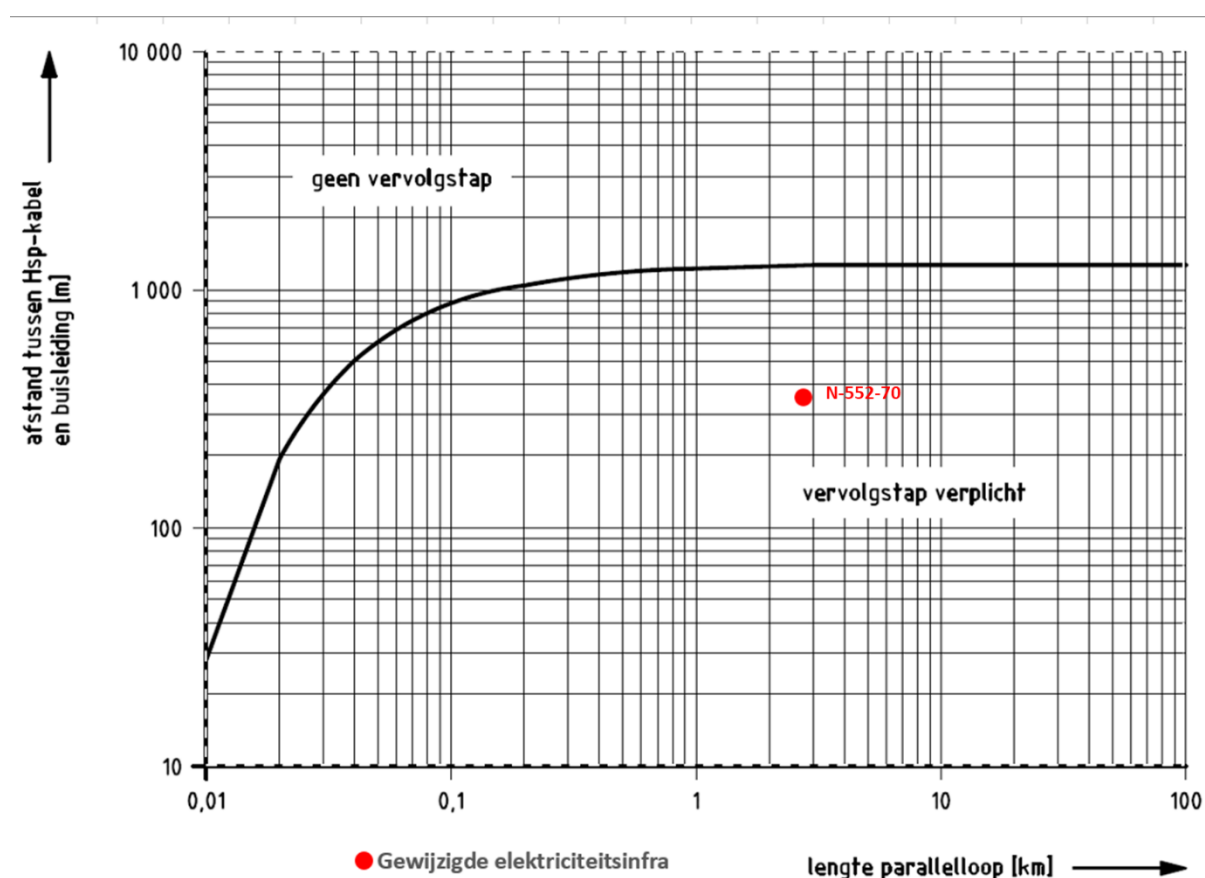


Bijlagen

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 § 2.3.

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

B. Toelaatbare overbruggingsspanningen

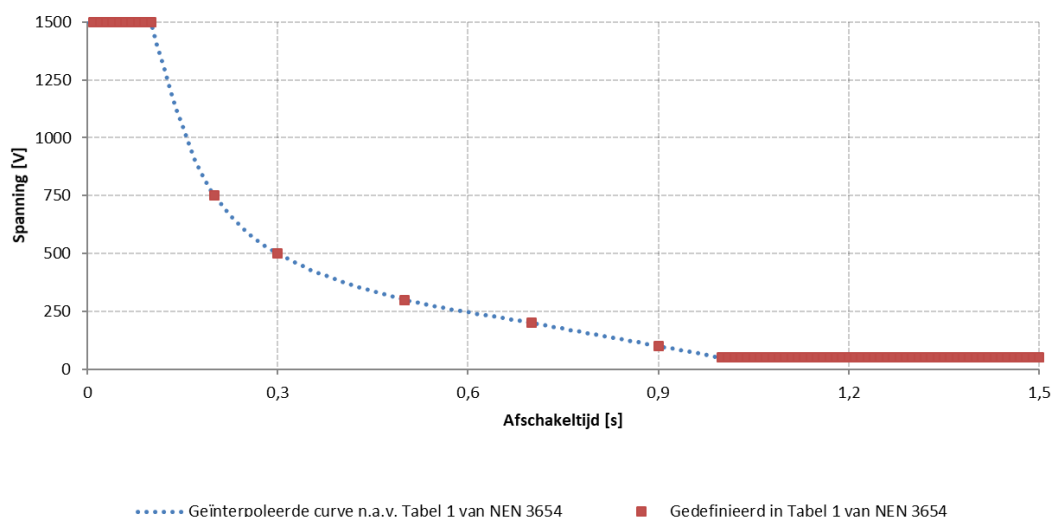
De toelaatbare overbruggingsspanning is afhankelijk van de tijdsduur (afschakeltijd). In het kader van persoonlijke veiligheid moet op ieder moment (gedurende nieuwbouw of aanpassing en gedurende de gebruiksfase) aan de eisen volgens Tabel 8 worden voldaan. Deze tabel is overgenomen uit § 6.2.2 van NEN 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 TenneT voorkomende afschakeltijden de toelaatbare overbruggings-spanning voor. Figuur 6 toont naast de in Tabel 8 vermelde gegevens een interpolatie hiervan.

Toelaatbare overbruggingsspanningen als functie van de afschakeltijd



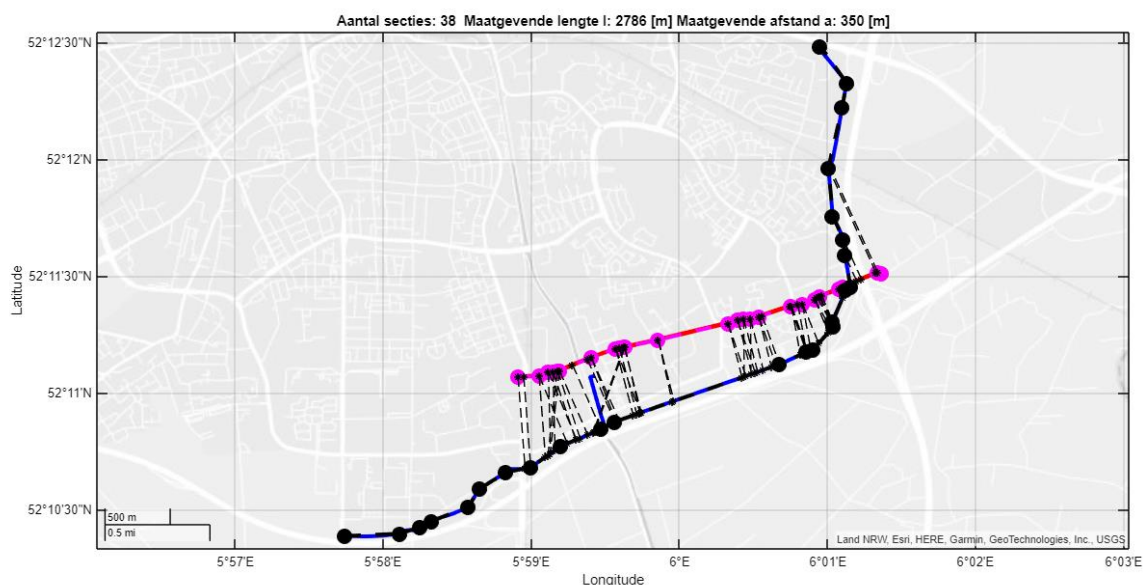
Figuur 6: Toelaatbare overbruggingsspanningen gevisualiseerd.

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 Reddyn en opgave van de ligging van buisinfra van Gasunie.

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 9 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-552-70	2786	350

D. Case-specifieke karakteristieken van de infra**D-1. Uitgangspunten voor de door TenneT beoogde elektriciteitsinfra**

Voor de beoogde elektriciteitsinfra gelden de uitgangspunten in Tabel 1 in § 2.3.

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

Voor het modelleren van de buisleiding zijn de uitgangspunten uit Tabel 10 gehanteerd.

Tabel 10: Technische uitvoering van de buisleiding.

N-552-70	Staal	400 mm	8,74 mm	Eenzijdig ⁴	Perfect geïsoleerd ($10^5 \Omega \cdot \text{m}^2$)

D-3. Overige uitgangspunten

Verder zijn de volgende case-specifieke uitgangspunten gehanteerd:

- Case-specifieke lokale elektrische grondweerstand, vanuit het DINOlaket⁵: $93 \Omega \cdot \text{m}$;
- Referentietemperatuur van de bodem nabij de (nieuwe) infra: $T_g = 15^\circ\text{C}$;
- Thermische weerstand van de grond⁶: $0,75 \text{ K} \cdot \text{m}/\text{W}$;

⁴ Standaard met aardverspreidingsweerstand van $0,1 \Omega$ aan het begin van de parallelleloep.

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

⁶ Volgens IEC 60287