



Quickscan EM-beïnvloeding Zeijerveen

Beschouwing conform NEN 3654

Enexis

18 maart 2022

Project Quickscan EM-beïnvloeding Zeijerveen
Opdrachtgever Enexis

Document Beschouwing conform NEN 3654
Status Concept 01
Datum 18 maart 2022
Referentie 127286/22-004.159

Projectcode 127286
Projectleider ing. I.J.M. de Beer
Projectdirecteur drs. H.J.W. Albers-Schouten

Auteur(s) J.J. van Dongen BSc
Gecontroleerd door ir. J.G. Tams
Goedgekeurd door ing. I.J.M. de Beer

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. | Deventer
Hoogoorddreef 15
Postbus 12205
1100 AE Amsterdam
+31 (0)20 312 55 55
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Achtergrond	5
1.2	Doel	6
1.3	Leeswijzer	6
2	UITGANGSPUNTEN	7
2.1	Kabeltracé	7
	2.1.1 Bepalen maatgevende afstand en lengte	7
2.2	Ontoelaatbare overbruggingsspanningen	9
2.3	Wisselstroomcorrosie	9
2.4	Bodemweerstand	9
3	BESCHOUWINGEN	10
3.1	Capacitieve beïnvloeding	10
3.2	Weerstandsbeïnvloeding	10
3.3	Inductieve beïnvloeding	11
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	15
4.1	Conclusies	15
4.2	Aanbevelingen	15
5	BRONVERMELDING	16
	Laatste pagina	16
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Maatgevende lengtes en afstanden van verschillende stukken kabeltracé	1
II	Unity Check uitgevoerd conform NEN 3654 stap 2	1
III	Nieuwe waarden voor de éénfase-kortsluiting	1

1

INLEIDING

1.1 Achtergrond

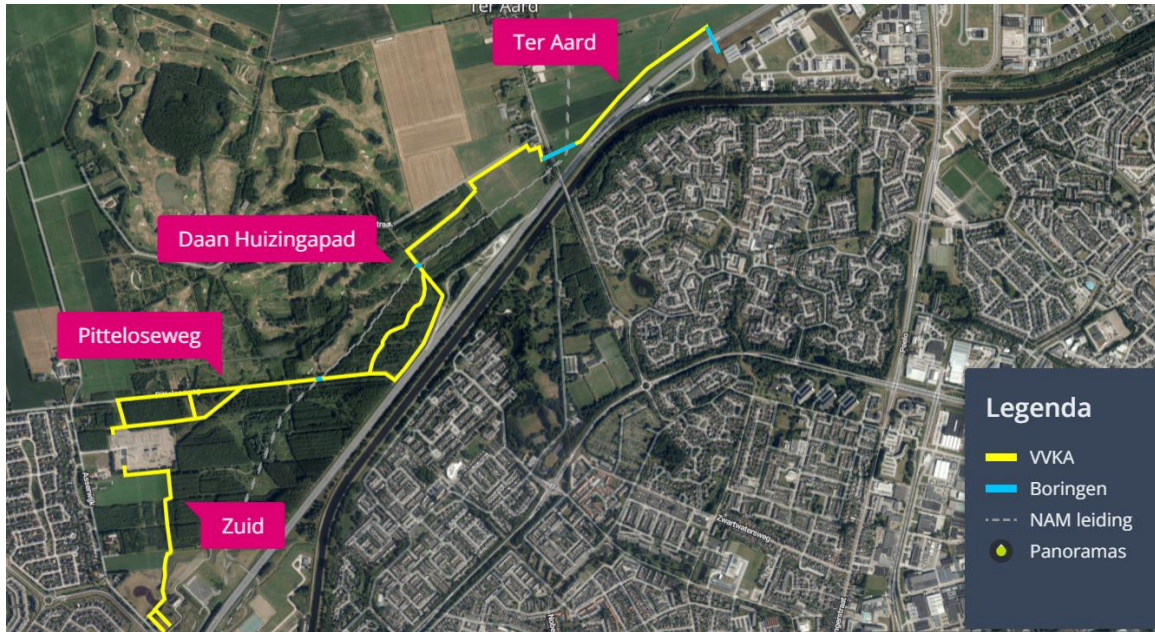
Op dit moment zijn TenneT en Enexis Netbeheer bezig met aanpassingen en uitbreidingen van het transformatorstation Zeijerveen. Om de leveringszekerheid en kwaliteit van het elektriciteitsnet ook in de toekomst te garanderen is versterking van het elektriciteitsnet noodzakelijk. Hiervoor zijn voor Enexis Netbeheer extra ondergrondse elektriciteitskabels nodig.

Enexis Netbeheer wil vanaf transformatorstation Zeijerveen alvast een ruimtereservering (afbeelding 1.1) doen voor de nieuwe elektriciteitskabels (in de legenda VVKA genoemd). De kabels lopen vanaf het transformatorstation Zeijerveen naar twee 'Ontsluitingspunten', waar voldoende openbare ruimte beschikbaar is om initiatieven in de omgeving op aan te sluiten. Deze bevinden zich ten noordoosten en ten zuiden van het transformatorstation.

De toekomstige kabeltracés bieden ruimte aan 14 kabels, die gefaseerd aangelegd kunnen worden. Er is rekening gehouden met een tracébreedte van ongeveer 9 m, om tijdens de werkzaamheden voldoende ruimte beschikbaar te hebben. De kabels worden aangelegd met open ontgraving waar mogelijk, of door middel van een boring of persing waar dit nodig is.

De hoogspanningskabels liggen nabij een NAM-leiding. Om te bepalen of er eventuele aanvullende maatregelen nodig zijn vanwege elektromagnetische beïnvloeding (EM-beïnvloeding) door de nabijgelegen hoogspanningskabels is er een EM-beïnvloedingsonderzoek uitgevoerd. Wanneer de EM-beïnvloeding toelaatbaar is, dan wordt er gesproken van elektromagnetische compatibiliteit (EMC).

Afbeelding 1.1 Toekomstig kabeltracé Enexis



1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is om, conform NEN 3654:2014 nl 'Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningssystemen' [1], te onderzoeken en berekenen in welke mate er wederzijdse EM-beïnvloeding bestaat tussen de aan te leggen elektriciteitskabels en de NAM-leiding in het gebied nabij de het transformatorstation Zeijerveen in Assen.

De scope van dit onderzoek bestaat uit de eerste 3 stappen van de NEN 3654. Uit dit onderzoek wordt bepaald of er aanvullende berekeningen nodig zijn.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van dit rapport worden de uitgangspunten van dit onderzoek benoemd. In hoofdstuk 3 worden de beschouwingen conform NEN 3654 toegelicht en worden de resultaten weergegeven. In hoofdstuk 4 worden de conclusie en aanbevelingen gegeven.

2

UITGANGSPUNTEN

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten beschreven voor de EM-beïnvloeding van het toekomstige kabeltracé van Enexis nabij transformatorstation Zeijerveen.

2.1 Kabeltracé

Voor de nieuwe elektriciteitskabel wordt uitgegaan van een 10-50 kV kabel met als geometrie 'plat vlak'.

Van de nabijgelegen TenneT hoogspanningskabels en huizen wordt de beïnvloeding door het toekomstige kabeltracé van Enexis niet meegenomen.

2.1.1 Bepalen maatgevende afstand en lengte

De maatgevende afstand is de afstand tussen het kabeltracé en de NAM-leiding en de maatgevende lengte is de parallelloop tussen het kabeltracé en NAM-leiding. De maatgevende afstand en lengte zijn benodigd om de Unity Check uit te voeren in paragraaf 3.3. Hieronder wordt een beschrijving gegeven hoe de maatgevende afstand en lengte zijn bepaald en welk kabelnummer daar uit voort komt.

Het volledige tracé is opgedeeld in verschillende delen die elk zijn aangegeven met hun eigen nummer, zoals weergegeven in afbeelding 2.1. Van deze stukken wordt afzonderlijk de maatgevende afstand en lengte bepaald. afbeelding 2.2 laat een voorbeeld zien van hoe de maatgevende afstand en lente bepaald worden. De maatgevende afstand wordt vervolgens berekend met a_1 , a_2 en l , zie formule (1) waarin a_1 en a_2 de afstanden zijn die loodrecht op het kabeltracé staan. De maatgevende lengte is l .

$$a = \frac{0,78}{l} \left(l_1 \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \right) \quad (1)$$

De NAM-leiding en het kabeltracé lopen niet altijd parallel daarom wordt het kabeltracé opgedeeld in stukjes. In afbeelding 2.2 is te zien dat kabeltracé 3.1 in twee stukken wordt opgedeeld (rood en groen). Kabeltracé 3.1 krijgt nu twee nummers namelijk 3.1.1 en 3.1.2 dit verklaart de kabelnummers in bijlage I.

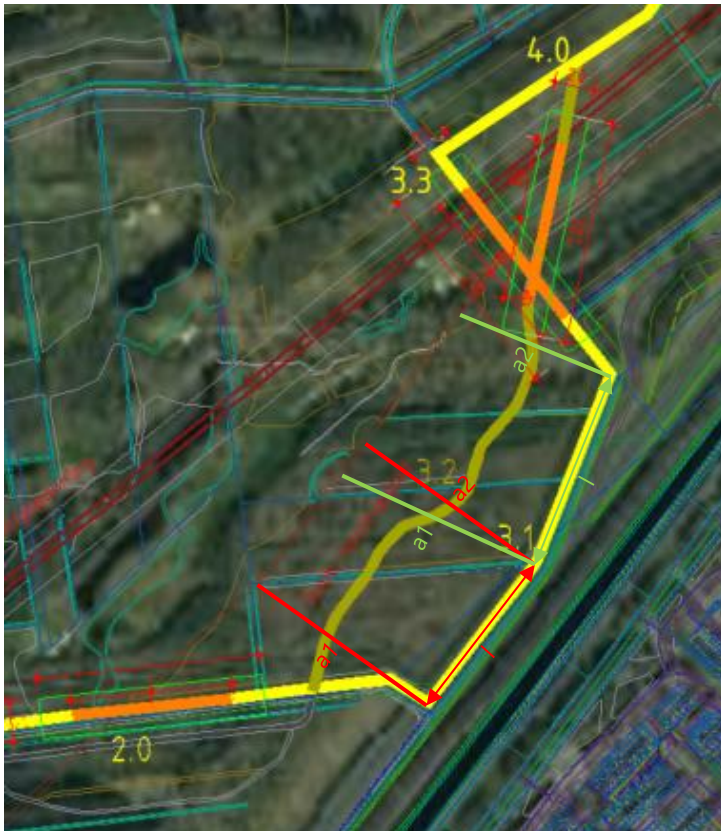
Het zuidelijke tracé (zie afbeelding 1.1) is niet beschikbaar op de DWG-tekening. De maatgevende afstanden en lengtes van het zuidelijke tracé is bepaald door een afbeelding van het zuidelijke tracé over het DWG-bestand heen te trekken. De afstanden zijn opgemeten in PowerPoint met een schaal. Het zuidelijke tracé is aangegeven als Z.xx.

De maatgevende afstanden en lengtes met bijbehorende kabelnummer zijn terug te vinden in bijlage I.

Afbeelding 2.1 Kabeltracé met nummering



Afbeelding 2.2 Maatgevende afstand en lengte van kabeltracé 3.1



2.2 Ontoelaatbare overbruggingsspanningen

Voor het aan te leggen kabeltracé wordt onderzocht of er door beïnvloeding ontoelaatbare overbruggingsspanningen kunnen optreden op de NAM-leiding. De toelaatbare overbruggingsspanning is afhankelijk van de tijdsduur (afschakeltijd). In tabel 2.1 zijn de toelaatbare spanningen weergegeven, conform NEN 3654.

Tabel 2.1 Toelaatbare overbruggingsspanningen

Afschakeltijd [s]	Toelaatbare overbruggingsspanning [V]
<0,1	1.500
0,3	500
≥1 (kortsluitsituatie)	50
≥1 (geen kortsluitsituatie)	25

2.3 Wisselstroomcorrosie

Door EM-beïnvloeding is het mogelijk dat een buisleiding wordt aangetast. Dit effect wordt wisselstroomcorrosie genoemd en is tevens in dit onderzoek onderzocht. De kans op schade door wisselstroomcorrosie is onder meer afhankelijk van de langdurig gemiddelde wisselspanning op een buisleiding en de bodemweerstand rondom de buisleiding. Voor het inzichtelijk maken van het risico op wisselstroomcorrosie wordt gerekend met het langjarig gemiddelde van de ontwerpstroom (30 %). In tabel 2.3 is weergegeven in hoeverre wisselstroomcorrosie optreedt bij de vermelde langdurige wisselspanning op de buisleiding (conform NEN 3654).

Tabel 2.2 Risico op wisselstroomcorrosie

Buisleidingspanning [V]	Kans op wisselstroomcorrosie
≤4	verwaarloosbaar
4-10	mogelijk, risico's inzichtelijk maken via NEN-EN 1580
≥10	groot, maatregelen noodzakelijk

2.4 Bodemweerstand

In dit onderzoek wordt gerekend met een soortelijke bodemweerstand van 10 Ωm.

3

BESCHOUWINGEN

Om te bepalen of er ontoelaatbare beïnvloeding bestaat tussen de hoogspanningskabels en de aan te leggen buisleidingen wordt, conform NEN 3654, gekeken naar drie verschillende soorten beïnvloeding. Het gaat om capacatieve, weerstands- en inductieve beïnvloeding. Deze soorten beïnvloeding zullen apart worden behandeld, waarbij het stappenplan zoals beschreven in de NEN 3654 is gevolgd.

3.1 Capacatieve beïnvloeding

Een object kan capacatief beïnvloed worden wanneer het wordt blootgesteld aan sterke elektrische velden. Wanneer het object bovengronds en geïsoleerd opgesteld staat, ontstaat er een capacatieve spanningsdeling door de capaciteit tussen het object en het hoogspanningssysteem en de capaciteit tussen het object en de aarde. Hierdoor verzamelt zich op het object een lading, waardoor het object een spanning voert. Aangezien de buisleiding niet bovengronds staat opgesteld kan er geen capacatieve beïnvloeding plaats vinden vanwege de afscherpende werking van de omringende grond.

3.2 Weerstandsbeïnvloeding

Indien een stroom uit een installatie naar de bodem wegvloeit, ontstaat door de weerstand die de stroom in de bodem ondervindt, een potentiaalverloop in de bodem. Rond het intredepunt in de bodem ontstaat de zogenoemde 'potentiaaltrechter'.

Conform NEN 3654 wordt er gekeken naar zogenaamde 'veilige afstanden', deze staan per stap weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1 Stappenplan weerstandsbeïnvloeding conform NEN 3654

	Stap 1	Stap 2	Stap 3	Stap 4
HS-kabels	alleen in geval van afstand buisleiding tot hart kabeltracé < 30 m dan is vervolgstap noodzakelijk	alleen in geval van afstand buisleiding tot aarding kabelsysteem < 30 m dan is vervolgstap noodzakelijk	alleen in het geval van star/effectief geaard net en bekleding leiding bitumen/PE/epoxy en afstand tot aarding kabelsysteem < 30 m of slecht solerende kabelmantels en afstand tot hart kabeltracé < 10 m dan is vervolgstap noodzakelijk	gedetailleerde berekening inclusief vaststelling van de potentiaaltrechter

Stap 1

In stap 1 wordt gekeken naar de afstand van de buisleiding tot het kabeltracé. Daar de hoogspanningskabels en de aan te leggen buisleiding elkaar meerdere malen kruisen, is de afstand kleiner dan 30 m. Een vervolgstap voor de hoogspanningskabels is noodzakelijk.

Stap 2

In stap 2 wordt gekeken naar de locatie van de aarding van het kabelsysteem ten opzichte van de buisleiding. De aarding zit nabij het hoogspanningsstation en er is geen cross-binding of dergelijke toegepast. Het hoogspanningsstation bevindt zich minimaal op ongeveer 320 m afstand tot de buisleiding. Hierdoor is een vervolgstap niet noodzakelijk.

3.3 Inductieve beïnvloeding

Inductieve beïnvloeding ontstaat door de elektromagnetische koppeling tussen de hoogspanningssystemen en een (metalen) buisleiding. Bij deze koppeling wordt door de stroom in het hoogspanningssysteem een spanning in de buisleiding geïnduceerd.

Het algemene stappenplan, zoals beschreven in de NEN 3654 wordt gevolgd. Een overzicht van deze stappen is in tabel 3.2 weergegeven.

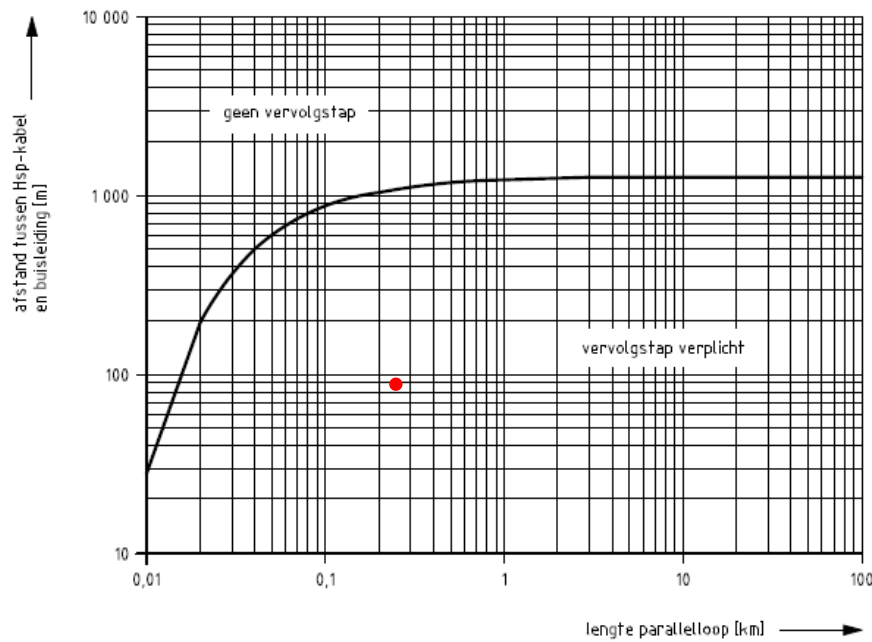
Tabel 3.2 Stappenplan inductieve beïnvloeding conform NEN 3654

	Stap 1	Stap 2	Stap 3	Stap 4
HS-kabels	alleen in geval punt zich onder de lijn in de grafiek van figuur 2 [NEN 3654] bevindt dan is vervolgstap noodzakelijk	alleen in geval 'Unity Check' ≥ 1 dan vervolgstap noodzakelijk	studie op hoofdlijnen: resultaat 'Unity Check' bijstellen indien uitgangspunten gunstiger zijn dan aannamen in stap 2	gedetailleerde berekening inclusief vaststelling te treffen maatregelen
HS-stations	alleen in geval punt zich onder de lijn in de grafiek van figuur 3 [NEN 3654] bevindt dan is vervolgstap noodzakelijk	alleen in geval 'Unity Check' ≥ 1 dan vervolgstap noodzakelijk	studie op hoofdlijnen: resultaat 'Unity Check' bijstellen indien uitgangspunten gunstiger zijn dan aannamen in stap 2	gedetailleerde berekening inclusief vaststelling te treffen maatregelen

Stap 1

In stap 1 wordt aan de hand van figuur 2 uit de NEN 3654 bepaald of er een vervolgstap noodzakelijk is, zie afbeelding 3.1. De afstand en de parallelloop tussen hoogspanningskabel en NAM-leiding wordt van kabeltracé 4.0.1 bepaald. De lengte van de parallelloop is 248 m en de afstand is 90,5 m. In afbeelding 3.1 zijn met een rode stip deze afstand en lengte weergegeven en moet geconcludeerd worden dat een vervolgstap nodig is. Het vermoeden is dat andere kabeltracéstukken ook een vervolgstap nodig hebben, vanwege soortgelijke afstanden en parallelloop. Nadere detaillering door middel van een 'Unity Check', is vereist als vervolgstap.

Afbeelding 3.1 Criteria inductieve beïnvloeding door hoogspanningskabels, betreft figuur 2 overgenomen uit NEN 3654



Stap 2

In stap 2 wordt op basis van de uitkomst van de zogenaamde 'Unity Check' bepaald of er een vervolgstap noodzakelijk is. Deze methode staat beschreven in bijlage C van NEN 3654 en gebruikt de volgende formule.

$$UC = l \cdot K_1 \cdot (\log_{10}(K_2) - \log_{10}(a)) \quad (2)$$

Waarin l de lengte van de parallelloop is, in km; a de onderlinge hart-op-hartafstand is, in m; en K_1 en K_2 constanten zijn. Wanneer de uitkomst van de Unity Check meer dan 1 is, dient een vervolgstap uitgevoerd te worden. Witteveen+Bos heeft een Unity Check tool ontwikkeld die gebruikt wordt om de Unity Check uit te voeren.

De specifieke waarden voor K_1 en K_2 zijn afhankelijk van de spanning op de kabels en de geometrie van de ligging. De spanning van de kabel is 10-50 kV en de geometrie 'plat vlak' dit betekent dat code K01 uit tabel C1 van de NEN 3654 toegepast wordt. De waarden die voor deze kabels van toepassing zijn, zijn in tabel 3.3 weergegeven.

Tabel 3.3 Specifieke waarden van constanten K1 en K2 conform NEN 3654 (tabel C1)

Geometrie	Spanning [kV]	Normaal bedrijf		Corrosie		Éénfase-kortsluiting		Onderhoud (N-1)	
		K1[-]	K2[m]	K1[-]	K2[m]	K1[-]	K2[m]	K1[-]	K2[m]
kabel in plat vlak	10-50	0,248	379	0,153	379	19,115	1.296	0,248	379

De UC-waarden per aparte situatie (normaal bedrijf, corrosie, éénfase-kortsluiting of onderhoud) wordt bepaald. Het kabeltracé is opgedeeld in verschillende stukken waarvoor de UC-waarden zijn bepaald. De resultaten hiervan zijn terug te vinden in bijlage I. Alle UC-waarden worden bij elkaar opgeteld zodat de UC-waarde van het gehele kabeltracé bepaald kan worden bepaald. De resultaten van de Unity Check zijn in tabel 3.4 weergegeven.

Tabel 3.4 Resultaten Unity Check

Kabelnaam	Normaal bedrijf	Corrosie	Éénfase-kortsluiting	Onderhoud (N-1)
kabeltracé Enexis	0,4585	0,3011	77,4492	0,48814

Voor de situaties normaal bedrijf, corrosie en onderhoud is de uitkomst van de Unity Check kleiner dan één, waardoor er geen vervolgstap noodzakelijk is.

Voor de situatie éénfase-kortsluiting is de uitkomst groter dan één, waardoor er wel een vervolgstap noodzakelijk is.

Stap 3

In stap 3 wordt gekeken of er met een uitgebreidere studie op de hoogspanningskabels de parameters aangepast kunnen worden, zodat de UC waarde meer situatie specifiek is. In deze stap wordt bepaald of de parameters K_1 en K_2 aangepast kunnen worden aan de hand van verdere informatie van de hoogspanningskabels. Andere bodemweerstand, kortsluitstromen en afschakeltijden dan gehanteerd in NEN 3654 kunnen deze parameters gunstig veranderen.

Formules (3) en (4) geven voor parameters K_1 en K_2 weer hoe deze bepaald kunnen worden. Hierin zijn A, B, C, D constanten, I , de kortsluitstroom, t , de afschakeltijd en ρ de soortelijke bodemweerstand. Formules (3) en (4) zijn niet weergegeven in de NEN 3654, maar zijn met behulp van data uit andere rapporten herleid.

$$K_1 = A \cdot I \cdot t + B \quad (3)$$

$$\log(K_2) = C \cdot \log(\rho) + D \quad (4)$$

Voor de constanten A, B, C, D zijn geen waarden bekend. Echter, gebaseerd op de kortsluitstroom, de afschakeltijd en de soortelijke bodemweerstand kan een ratio gemaakt worden tussen de oude en nieuwe waardes voor K_1 en K_2 . Hierbij wordt aangenomen dat constant B verwaarloosbaar is.

Tabel 3.5 Gegevens hoogspanningskabels vanuit Enexis

Variabele	Waarde in NEN 3654	Gegevens vanuit Enexis
kortsluitstroom	30 kA	3 kA
afschakeltijd	0,3 s	2,4 s
soortelijke bodemweerstand	100 Ω m	10 Ω m

Uit de verstrekte gegevens van Enexis is de kortsluitstroom van het nieuwe tracé 3000 A en de afschakeltijd 2,4 s. De NEN 3654 gaat uit van een kortsluitstroom van 30 kA. De standaard afschakeltijd die gehanteerd wordt voor de Unity Check is 0,3 seconden [2].

Boven een afschakeltijd van 1,0 s verandert de toelaatbare overbrugspanning niet meer. Aangezien de afschakeltijd boven de 1,0 s is, zie tabel 3.5, wordt een afschakeltijd van 1,0 s gehanteerd voor het berekenen van de nieuwe waardes voor K_1 en K_2 . Op basis van de waarden van tabel 3.5 is bepaald dat de kortsluitstroom een factor tien keer zo klein is als de in de norm gehanteerde waarde en dat de afschakeltijd (1,0 s) een factor drie keer zo groot is. Hieruit volgt dat de nieuwe waarde voor K_1 drie keer zo klein is.

In de NEN 3654 wordt uitgegaan van een bodemweerstand van 100 Ω m. Het uitgangspunt voor dit onderzoek is 10 Ω m (zie paragraaf 2.4). De bodemweerstand van 10 Ω m is ingevuld in de Unity Check-tool. Dit resulteert in een reductiefactor van K_2 van ongeveer een factor twee.

De waarden voor K_1 en K_2 zijn alleen aangepast voor de éénfase-kortsluiting situatie, omdat in de andere bedrijven de Unity Check al minder dan één bedraagt. Op basis van de door Enexis verstrekte gegevens volgen de volgende nieuwe waarden voor K_1 en K_2 .

Tabel 3.6 Herziene waarden K_1 en K_2 voor éénfase-kortsluiting

Variabele	Oude waarde (NEN 3654)	Nieuwe waarde
K_1	19,115	6,372
K_2	1.296 (m)	650 (m)

Tabel 3.6 geeft de nieuwe waarden weer die gebruikt zijn om de Unity Check meer situatie specifiek te maken. In bijlage III zijn de herziene resultaten van de Unity Check weergegeven. Voor het volledige tracé ligt de Unity Check waarde nu op 18,308. Deze waarde is minder dan de UC-waarde in stap 2, maar is nog steeds groter dan één en de vervolgstap 4 is noodzakelijk.

Stap 4

In stap 4 zullen detailberekeningen uitgevoerd moeten worden om te bepalen welke spanning zich op de buisleiding van de NAM opbouwt in geval van éénfase-kortsluiting. Echter valt deze stap buiten de scope van dit onderzoek.

4

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Uit het onderzoek naar mogelijk ontoelaatbare beïnvloeding door de nieuw aan te leggen tracés voor hoogspanningskabels op een in de buurt aanwezige NAM-leiding zijn de volgende conclusies en aanbevelingen naar voren gekomen.

4.1 Conclusies

Capacitieve beïnvloeding

Bij ondergrondse hoogspanningskabels of een ondergrondse buisleiding is er vanwege de afscherpende werking van omringende grond geen sprake van een mogelijke capacitieve spanningsdeling tussen de hoogspanningskabel, de buisleiding en aarde. Er vindt daarom geen ontoelaatbare capacitieve beïnvloeding plaats.

Weerstandsbeïnvloeding

Op basis van het stappenplan van de NEN 3654 en de ligging van het tracé kan worden geconcludeerd dat er geen ontoelaatbare weerstandsbeïnvloeding plaatsvindt.

Inductieve beïnvloeding

Op basis van het stappenplan van de NEN 3654 en de ligging van het tracé is er een vermoeden dat de hoogspanningskabels de warmtetransportleidingen ontoelaatbaar beïnvloedt. Een volledige conclusie kan pas getrokken worden als stap 4 voltooid is.

4.2 Aanbevelingen

De aanbeveling is om stap 4 van inductieve beïnvloeding (detailberekeningen) alsnog uit te voeren zodat er bepaald kan worden of er wel of geen ontoelaatbare overbruggingsspanningen kunnen plaatsvinden in het kabeltracé.

De verwachting is dat het toekomstige kabeltracé ook andere kabels en buisleidingen, waaronder waterleidingen, kan beïnvloeden. Als advies wordt gegeven om in de vervolgfase deze leidingen ook mee te nemen in het onderzoek.

5

BRONVERMELDING

[1] Nederlandse norm NEN 3654, 'Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningssystemen', NEN, februari 2014.

[2] A. Palavra, 'Beïnvloeding Zonnepark Barendrecht op Gasunie,' Qirion, Memo., 5 november 2019.

[3] Enexis. (n.d.). *Projectatlas Zeijerveen*. <https://enexis.projectatlas.app/assen-zeijerveen/tracekaart/nu?map=53.010552,6.543405,13.91,0,0>.

Bijlage(n)

BIJLAGE: MAATGEVENDE LENGTES EN AFSTANDEN VAN VERSCHILLENDE STUKKEN KABELTRACÉ

Tabel I.1 Maatgevende lengtes en afstanden van verschillende stukken kabeltracé

Kabelnaam	Maatgevende lengte (km)	Maatgevende afstand 1 (m)	Maatgevende afstand 2 (m)	Maatgevende afstand
1.1.2	0,145	335	260	232,05
2.0.1	0,205	480	131	238,29
2.0.2	0,161	131	0	51,09
2.0.3	0,255	0	237	92,43
3.1.1	0,171	201	200	156,39
3.1.2	0,196	213	168	148,59
3.2.1	0,075	140	107	96,33
3.2.2	0,112	87	78	64,35
3.2.3	0,097	100	91,5	74,69
3.2.4	0,091	98	89	72,93
3.2.5	0,078	54	0	21,06
3.2.6	0,162	0	112	43,68
3.3	0,102	395	0	154,05
4.0.1	0,248	125	107	90,48
4.0.2	0,121	121	167	112,32
5.0	0,277	165	144	120,51
5.1	0,288	185	167	137,28
6.1.1	0,12	79	35	44,46
6.1.2	0,02	35	0	13,65
6.1.3	0,066	0	180	70,2
6.2	0,31	83	317	156
Z.1	0,0381	581,86	592,67	458,07
Z.2	0,1039	422,06	370,36	309,04
Z.3	0,1932	398,09	305,97	274,58
Z.4.1	0,0494	287,64	287,64	224,36
Z.4.2	0,1199	287,64	302,68	230,22
Z.5	0,049	142,5	128,82	105,81
Z.6	0,0559	446,5	276,36	281,92



BIJLAGE: UNITY CHECK UITGEVOERD CONFORM NEN 3654 STAP 2

De waarden met code K01 uit tabel C1 van de NEN 3654 zijn gebruikt om de Unity Check uit te voeren. De resultaten zijn hieronder weergegeven.

Kabelnaam	Normaal bedrijf	Corrosie	Éénfase-kortsluiting	Onderhoud (N-1)
1.1.2	0,0077	0,0047	2,0705	0,0077
2.0.1	0,0102	0,0063	2,8821	0,0102
2.0.2	0,0347	0,0214	4,3217	0,0347
2.0.3	0,0388	0,0239	5,5898	0,0388
3.1.1	0,0163	0,0101	3,0019	0,0163
3.1.2	0,0198	0,0122	3,5241	0,0198
3.2.1	0,0111	0,0068	1,6183	0,0111
3.2.2	0,0214	0,0132	2,7918	0,0214
3.2.3	0,0170	0,0105	2,2980	0,0170
3.2.4	0,0162	0,0100	2,1738	0,0162
3.2.5	0,0243	0,0150	2,6676	0,0243
3.2.6	0,0377	0,0233	4,5592	0,0377
3.3	0,0099	0,0061	1,8034	0,0099
4.0.1	0,0383	0,0236	5,4803	0,0383
4.0.2	0,0158	0,0098	2,4567	0,0158
5.0	0,0342	0,0211	5,4621	0,0342
5.1	0,0315	0,0194	5,3675	0,0315
6.1.1	0,0277	0,0171	3,3596	0,0277
6.1.2	0,0072	0,0044	0,7560	0,0072
6.1.3	0,0120	0,0074	1,5975	0,0120
6.2	0,0297	0,0183	5,4485	0,02964
Z.1	dit tracé valt buiten het beïnvloedbare gebied			
Z.2	0,0023	0,0014	1,2361	0,0023
Z.3	0,0067	0,0041	2,4885	0,0067
Z.4.1	0,0028	0,0017	0,7185	0,0028
Z.4.2	0,0064	0,0040	1,7192	0,0064
Z.5	0,0067	0,0042	1,0195	0,0067
Z.6	0,0018	0,0011	0,7083	0,0018
totaal	0,4585	0,3011	77,4492	0,48814



BIJLAGE: NIEUWE WAARDEN VOOR DE ÉÉNFASE-KORTSLUITING

Na het aanpassen van de kortsluitstroom en afschakeltijd zijn er nieuwe waarden van de Unity Check verkregen voor de éénfase-kortsluiting.

Kabelnaam	Éénfase-kortsluiting
1.1.2	0,4133
2.0.1	0,5688
2.0.2	1,1328
2.0.3	1,3758
3.1.1	0,6738
3.1.2	0,8000
3.2.1	0,3961
3.2.2	0,7165
3.2.3	0,5806
3.2.4	0,5507
3.2.5	0,7401
3.2.6	1,2101
3.3	0,4062
4.0.1	1,3527
4.0.2	0,5876
5.0	1,2912
5.1	1,2386
6.1.1	0,8905
6.1.2	0,2138
6.1.3	0,4063
6.2	1,2243
Z.1	dit tracé valt buiten het beïnvloedbare gebied
Z.2	0,2135
Z.3	0,4602
Z.4.1	0,1454
Z.4.2	0,3440
Z.5	0,2461
Z.6	0,1292
totaal	18,308

