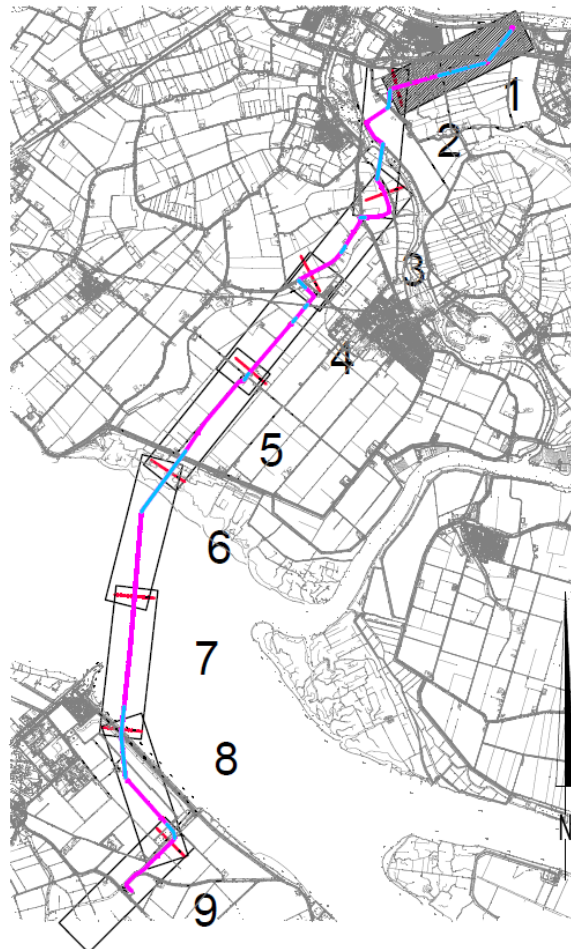


**Studie kabelsysteem 150 kV, 300MVA t.b.v.
Tracé over land**

Studie m.b.t. een 150 kV, 300 MVA kabelsysteem over land t.b.v. project Tracé Geervliet 2 - Middelharnis.



(Signature client)

(Signature project manager)

Versie	1.0
Status	Definitief
Datum	20-02-2013
Klant	TenneT TSO B.V.
Project manager	A. van Leeuwen
Project nummer	S414659
Auteur	S. Nieuwendam, J.H. Kruithof en J. van Vugt
Controle	J.H. Kruithof

Inhoudsopgave:

1. Introductie	3
2. Ontwerpcriteria en principes	4
2.1 Locatie en liggingsconfiguratie	4
2.2 Functionele eisen kabelverbindingen.....	4
2.3 Uitgangspunten rekenmodel.....	5
3. Methode van leggen en transportcapaciteit.....	5
3.1 Methode van leggen en kruisen	5
3.2 Leggen in open ontgraving in driehoek zonder Backfill.....	6
3.3 Leggen in open ontgraving in driehoek met Backfill	7
3.4 Leggen in open ontgraving in plat vlak zonder Backfill.....	10
3.5 Leggen in open ontgraving in plat vlak met Backfill	13
3.6 Leggen in HDD boring in driehoek in gemeenschappelijke buis.....	16
3.7 Leggen in HDD boring in driehoek in individuele buizen.....	19
3.8 Leggen in HDD boring in plat vlak in individuele buizen.....	23
4. Cable system design	26
5. Magnetisch veld	27
5.1 Belastingssituatie: Eén circuit in bedrijf	28
5.2 Belastingssituatie: Beide circuits in bedrijf.....	29
5.3 Belastingssituatie: Beide circuits in bedrijf.....	30
5.4 Belastingssituatie: Beide circuits in bedrijf.....	31
6. Conclusie.....	32
Bijlage 1. Datasheets	33

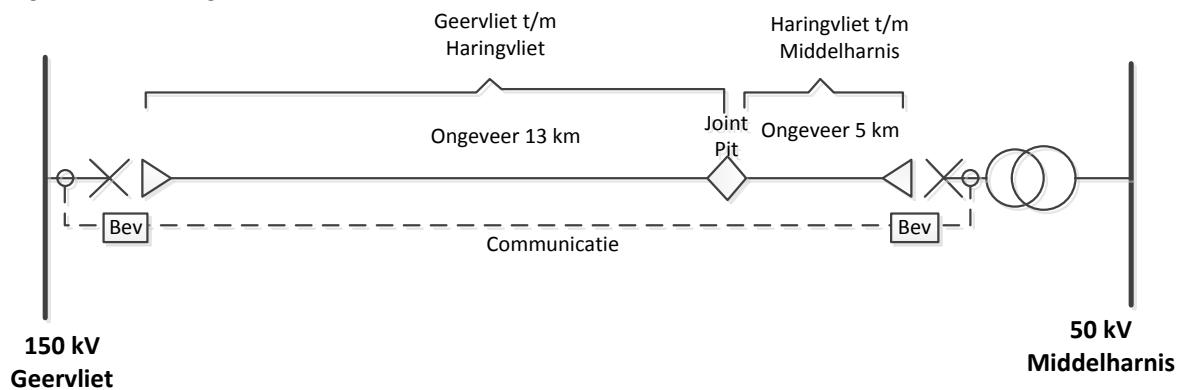
1. Introductie

Dit document beschrijft de eerste opzet van een kabelsysteem voor het tracé van Geervliet 2 naar Middelharnis exclusief de kruising van de Haringvliet. Als uitgangspunt is de route aangehouden zoals die beschreven is in het document “Tracé studie 150 kV Kabelverbindingen Geervliet-Middelharnis” en in de overzichtstekeningen.

De kabelverbinding bestaat uit 2 circuits waarvan elke circuit geschikt dient te zijn voor het transporteren van een vermogen van:

- “Circuit 1” 0 MVA en “Circuit 2” 300 MVA
- “Circuit 1” 300 MVA en “Circuit 2” 0 MVA
- Bij voorkeur: “Circuit 1” 300 MVA en “Circuit 2” 300 MVA
- Minimaal: “Circuit 1” 250 MVA en “Circuit 2” 250 MVA

Single line tekening:



In dit rapport worden de volgende onderdelen behandeld:

1. Ontwerp criteria en principes
2. Methode van leggen en transportcapaciteit
3. Opzet Kabelsysteem

2. Ontwerpcriteria en principes

2.1 Locatie en liggingsconfiguratie

Als uitgangspunt is de route aangehouden zoals die beschreven is in het document “Tracé studie 150 kV Kabelverbindingen Geervliet-Middelharnis” en in de overzichtstekeningen. De totale lengte van het kabel tracé is ongeveer 18 km. In dit rapport wordt een opzet gemaakt van het kabel systeem voor het deeltracé vanaf station Geervliet 2 tot aan de Haringvliet. Dit deeltracé wordt voor het grootste deel aangelegd d.m.v. een open ontgraving en op een aantal locaties wordt een boring geadviseerd voor de kruisen van bestaande infrastructuur zoals van dijken, weg en waterwegen, en nabijgelegen buisleidingen. Voor elke van deze situaties worden berekeningen gemaakt m.b.t. de invloed van de omgeving op de transportcapaciteit van de kabelverbindingen.

2.2 Functionele eisen kabelverbindingen

Aantal circuits:	2
Lijnspanning:	150 kV [ph-ph]
Frequentie:	50 HZ
Schijnbaar vermogen:	“Circuit 1” 0 MVA en “Circuit 2” 300 MVA “Circuit 1” 300 MVA en “Circuit 2” 0 MVA Voorkeur: “Circuit 1” 300 MVA en “Circuit 2” 300 MVA Minimaal: “Circuit 1” 250 MVA en “Circuit 2” 250 MVA
Nominaal stroom per circuit:	Voor één circuit in bedrijf 1155 A (300MVA) Voorkeur bij 2 circuits in bedrijf 1155 A (300MVA) Minimaal bij 2 circuits in bedrijf 962 A (250MVA)
3-fase kortsluit stroom:	40kA/1s
1-fase kortsluit stroom:	30kA/1s

Voor het berekenen van de maximale transportcapaciteit van de verbindingen wordt er gerekend aan de volgende situaties:

- Maximale transportcapaciteit voor beide kabelverbindingen (circuit 1 en 2 staan in bedrijf). Hierbij wordt er ook gelet op de buitenmantel temperaturen.
- Beide circuits in bedrijf en belast met 962 A (250 MVA) per circuit. Gekeken wordt naar de maximale temperatuur die ontstaat. Dit i.v.m. mogelijke gronduitdroging.
- En als laatst de maximale transportcapaciteit wanneer één circuit in bedrijf is en de daarbij optredende buitenmantel temperatuur.

Referenties:

- [1] Rapport “Tracé studie 150 kV Kabelverbindingen Geervliet-Middelharnis”, d.d. woensdag 20 april 2011, versie 01.
 [2] TenneT – “Standard programma van eisen”, d.d. 11 Februari 2011, versie 1.0.

2.3 Uitgangspunten rekenmodel

Rekenmodel:	IEC60287 (steady state rating) IEC60852 (dynamic rating)
Gronduitdroging:	Voorkomen, maximale temperatuur v/d buitenmantel is per situatie aangegeven.
Aarding van aardscherm:	Cross-bonding (rekening houdend met een gebalanceerde cross-bonding)
Liggingsconfiguratie:	Aangegeven per situatie
Overige warmte bronnen:	Geen externe warmte bron binnen een afstand van 2 meter aan beide zijden van de verbindingen.
Grond temperatuur:	0 - 3 m: 15 °C 3 - 10 m: 12 °C > 10 m: 10 °C
Er is uitgegaan van de volgende G-waarden:	G-waarde Backfill 0,6 Km/W G-waarde zonder Backfill 1 Km/W
Grondwaterstand	Er wordt ervan uitgegaan dat de grondwaterstand lager is dan 1,80. Mocht het aanvullende onderzoek anders uitwijzen dan wordt de maximale belastbaarheid hoger. Er worden te zijner tijd aanvullende berekeningen gemaakt om dit aan te tonen.

Kabelgegevens

Er is voor de verschillende liggingsconfiguraties gerekend aan de maximale transportcapaciteit van de volgende kabels:

- 150 kV 1200 mm² kabel met Koper geleider (koper Milliken) en een lood mantel
- 150 kV 1600 mm² kabel met Aluminium geleider (Alu massief) en een lood mantel
- 150 kV 1600 mm² kabel met Aluminium geleider (Alu massief) en een aluminium mantel
- 150 kV 1600 mm² kabel met Aluminium geleider (Alu Milliken) en een aluminium mantel

De kabelgegevens zijn standaard gegevens van een bekende leverancier en zijn hier als uitgangspunt genomen. Een datasheet van de 150 kV 1600mm² Alu (Massief) kabel en de 150 kV 1200mm² Cu (Milliken) kabel zijn als bijlage opgenomen.

Loodmantel

De dikte van de loodmantel (en ook de aluminium mantel) wordt bepaald door de kortsluitvastheid I_k (kA/s) en is hier gebaseerd op non-adiabatische (50-200°C) kortsluitstroom van 30kA/1s.

3. Methode van leggen en transportcapaciteit

3.1 Methode van leggen en kruisen

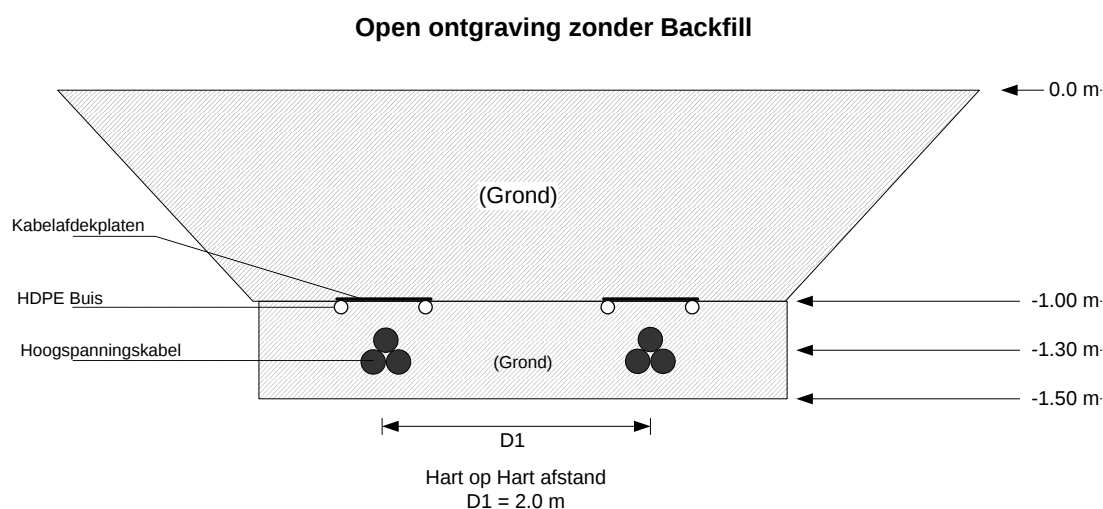
Zoals aangegeven wordt een groot deel van het tracé aangelegd d.m.v. open ontgraving en wordt er op verschillende locaties gebruik gemaakt van een boring voor het kruisen van bestaande infrastructuur zoals dijken, weg en waterwegen en nabijgelegen buisleidingen. In de volgende paragrafen worden de volgende situaties uitgerekend.

- Transportcapaciteit bij open ontgraving: Standaard ligging en verdiepte ligging. Hierbij wordt er ook gekeken naar de invloed van Backfill op de transportcapaciteit.
- Transportcapaciteit bij het kruisen van dijken of weg en waterwegen d.m.v. een boring

3.2 Leggen in open ontgraving in driehoek zonder Backfill

Kabel leggen in open ontgraving zonder Backfill:

Ligingsconfiguratie:	Driehoek
Ligingsdiepte kabels:	-1,30 m
Hart op Hart afstand circuits	2,0 m
Grond temperatuur:	15 °C
G-waarde:	1 Km/W (zonder Backfill)
Maximale temperatuur kabelmantel:	45 °C i.v.m. gronduitdroging



G-waarde	1 Km/W					
Kritische uitdroogtemperatuur	45°C					
Ligingsdiepte	1,30	1,30	1,30	1,80	1,80	1,80
Belasting van de circuits	Circuit 1 = in Circuit 2 = in	Circuit 1= 962A Circuit 2= 962 A	Circuit 1= uit Circuit 2= in	Circuit 1 = in Circuit 2 = in	Circuit 1= 962A Circuit 2= 962 A	Circuit 1= uit Circuit 2= in
Geleider doorsnede:						
1200 mm2 Cu (Milliken)	871 A (226 MVA)	n.v.t.	n.v.t.	820 A (213 MVA)	n.v.t.	n.v.t.
1600 mm2 Alu (Massief) + PB	780 A (202 MVA)	n.v.t.	n.v.t.	735 A (190 MVA)	n.v.t.	n.v.t.
1600 mm2 Alu (Milliken) + Alu	739 A (192 MVA)	n.v.t.	n.v.t.	696 A (180 MVA)	n.v.t.	n.v.t.
Temperatuur buiten mantel	45°Ci.v.m. gronduitdroging					

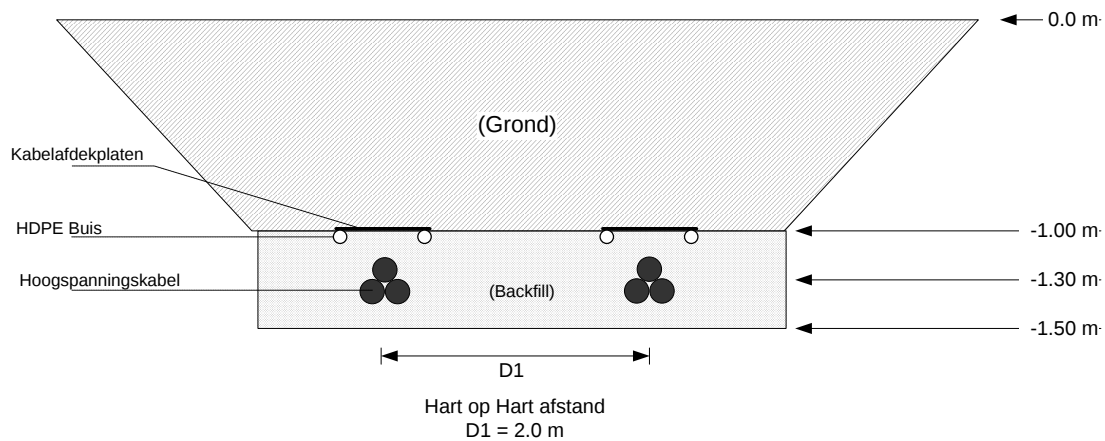
Omdat de transportcapaciteit van de circuits in driehoek configuratie op een diepte van 1,30 m veel lager is dan de functionele eisen worden de rest van de stromen niet berekend.

Conclusie: De transportcapaciteit van alle drie typen kabelsystemen voldoen niet aan de functionele eisen. Zie paragraaf “2.2 Functionele eisen kabelverbindingen”.

3.3 Leggen in open ontgraving in driehoek met Backfill

Liggingconfiguratie:	Driehoek
Liggingdiepte kabels:	-1,30 m
Hart op Hart afstand circuits	2,0 m
Grond temperatuur:	15 °C
G-waarde:	0,6 Km/W
Maximale temperatuur kabelmantel:	45 °C

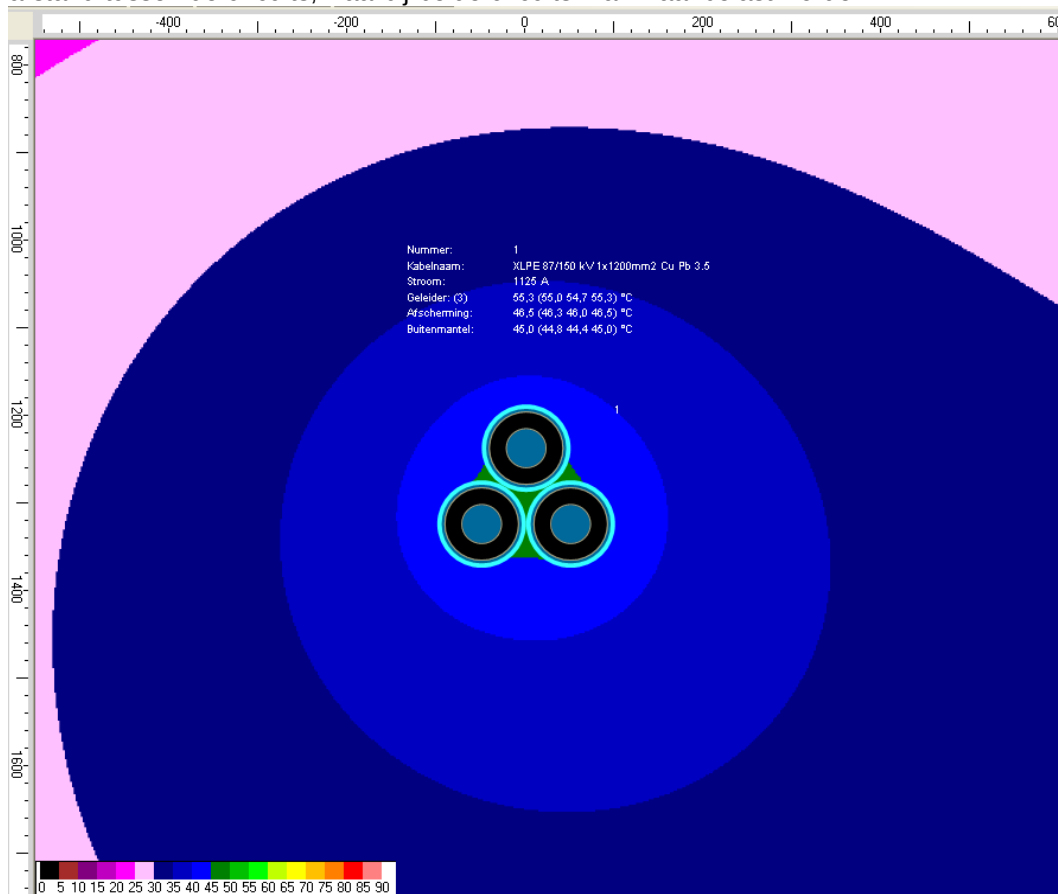
Open ontgraving met Backfill



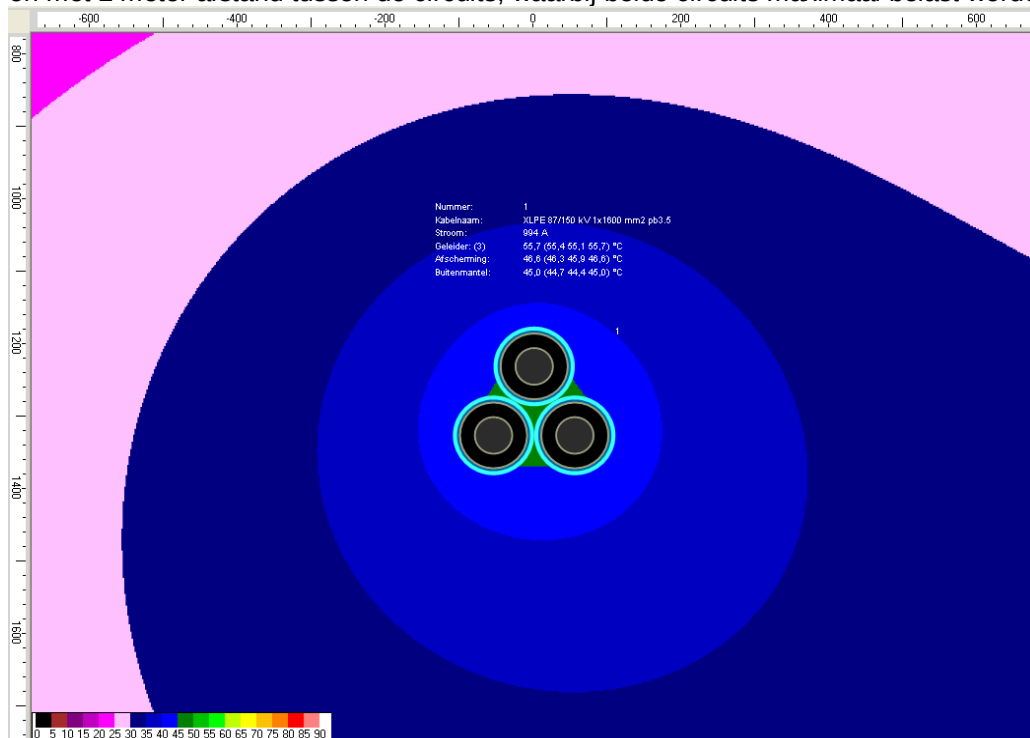
G-waarde	0,6 Km/W					
Kritische uitdroogtemperatuur	45 °C					
Liggingdiepte	1,30	1,30	1,30	1,80	1,80	1,80
Belasting van de circuits	Circuit 1 = in Circuit 2 = in	Circuit 1= 962A Circuit 2= 962 A	Circuit 1= uit Circuit 2= in	Circuit 1 = in Circuit 2 = in	Circuit 1= 962A Circuit 2= 962 A	Circuit 1= uit Circuit 2= in
Geleider doorsnede:						
1200 mm ² Cu (Milliken)	1125 A (292 MVA)	n.v.t.	1175 A (305 MVA)	1057 A (275 MVA)	n.v.t.	1143 A (297 MVA)
1600 mm ² Alu (Massief) + PB	994 A (258 MVA)	n.v.t.	1060 A (275 MVA)	932 A (242 MVA)	n.v.t.	1015 A (264 MVA)
1600 mm ² Alu (Milliken) + Alu	954 A (247 MVA)	n.v.t.	1018 A (264 MVA)	891 A (231 MVA)	n.v.t.	974 A (253 MVA)
2000 mm ² Alu (milliken) + Alu	1115 A (290 MVA)	37 °C	1181 A (307 MVA)	1028 A (267 MVA)	41 °C	1116 A (290 MVA)
2000 mm ² Alu (milliken) + PB	1211 A (315 MVA)	33 °C	1282 A (333 MVA)	1117 A (290 MVA)	37 °C	1212 A (315 MVA)
Temperatuur buiten mantel	45 °C i.v.m. gronduitdroging					

Conclusie: Alleen de transportcapaciteit van de 2000mm² Alu kabel met loodscherm voldoet in deze configuratie aan de functionele eisen gesteld in paragraaf “2.2 Functionele eisen kabelverbindingen”.

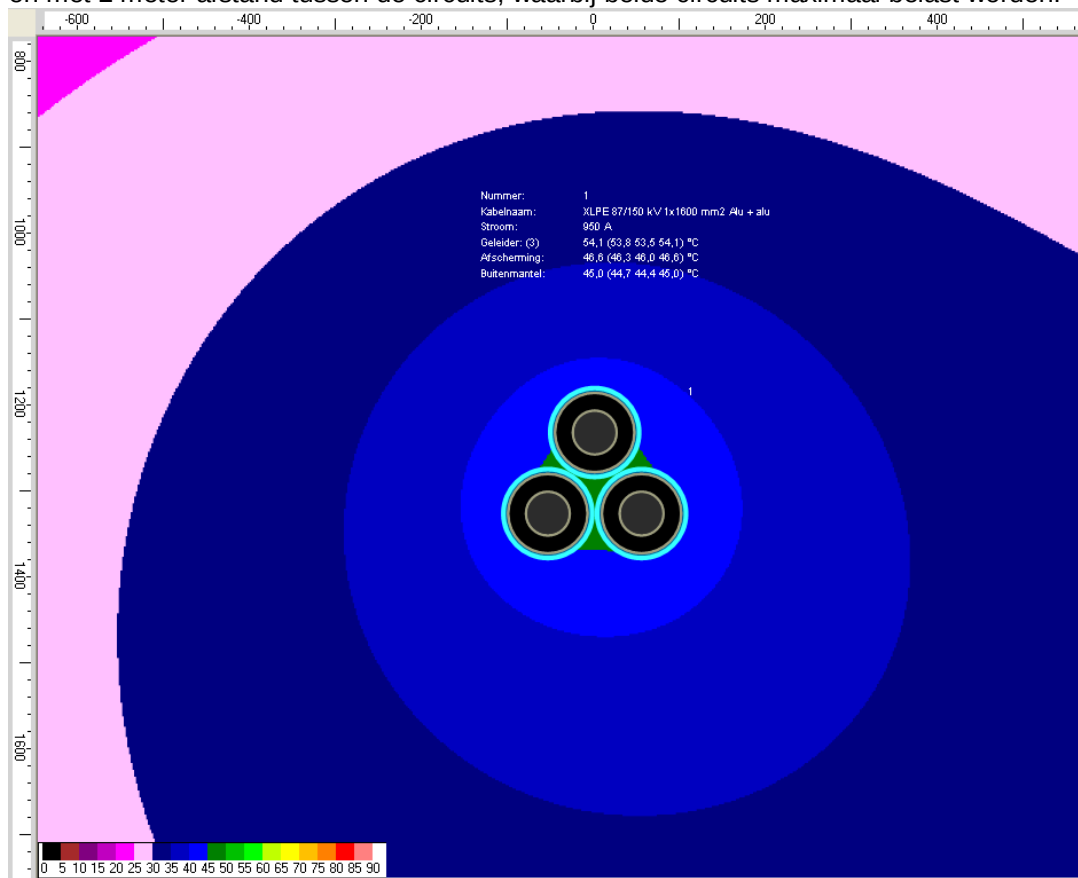
Temperatuur beeld van de 1200mm² Cu kabelverbinding op een diepte van 1.30 m en met 2 meter afstand tussen de circuits, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Massief) + PB kabelverbinding op een diepte van 1.30 m en met 2 meter afstand tussen de circuits, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



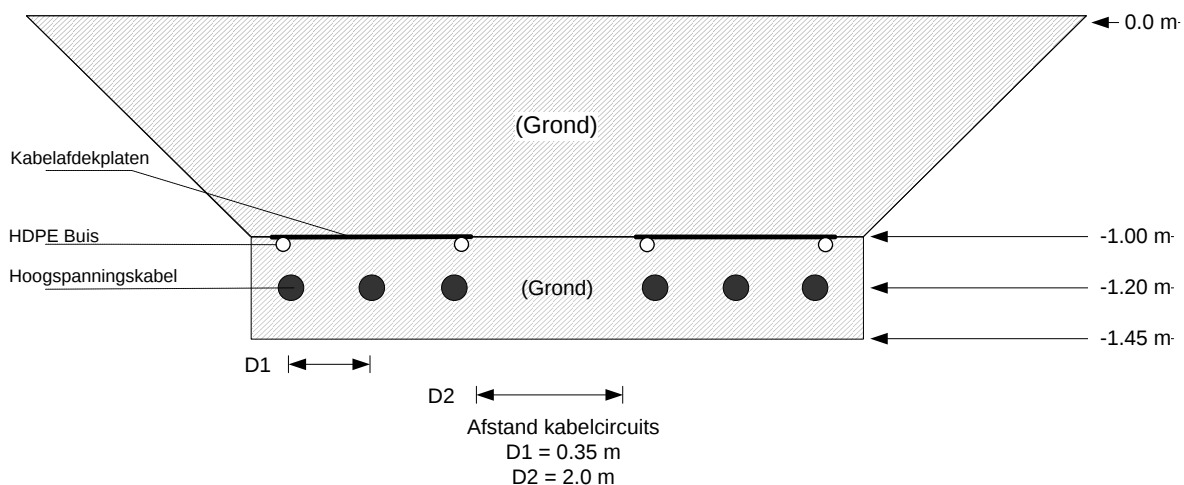
Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Milliken) + Alu kabelverbinding op een diepte van 1.30 m en met 2 meter afstand tussen de circuits, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



3.4 Leggen in open ontgraving in plat vlak zonder Backfill

Ligingsconfiguratie:	Platvlak
Ligingsdiepte kabels:	-1,20 m
Afstand circuits :	2,0 m
Hart op Hart afstand kabels	0,35 m
Grond temperatuur:	15 °C
G-waarde:	1 Km/W
Maximale temperatuur kabelmantel:	45 °C

Open ontgraving zonder Backfill



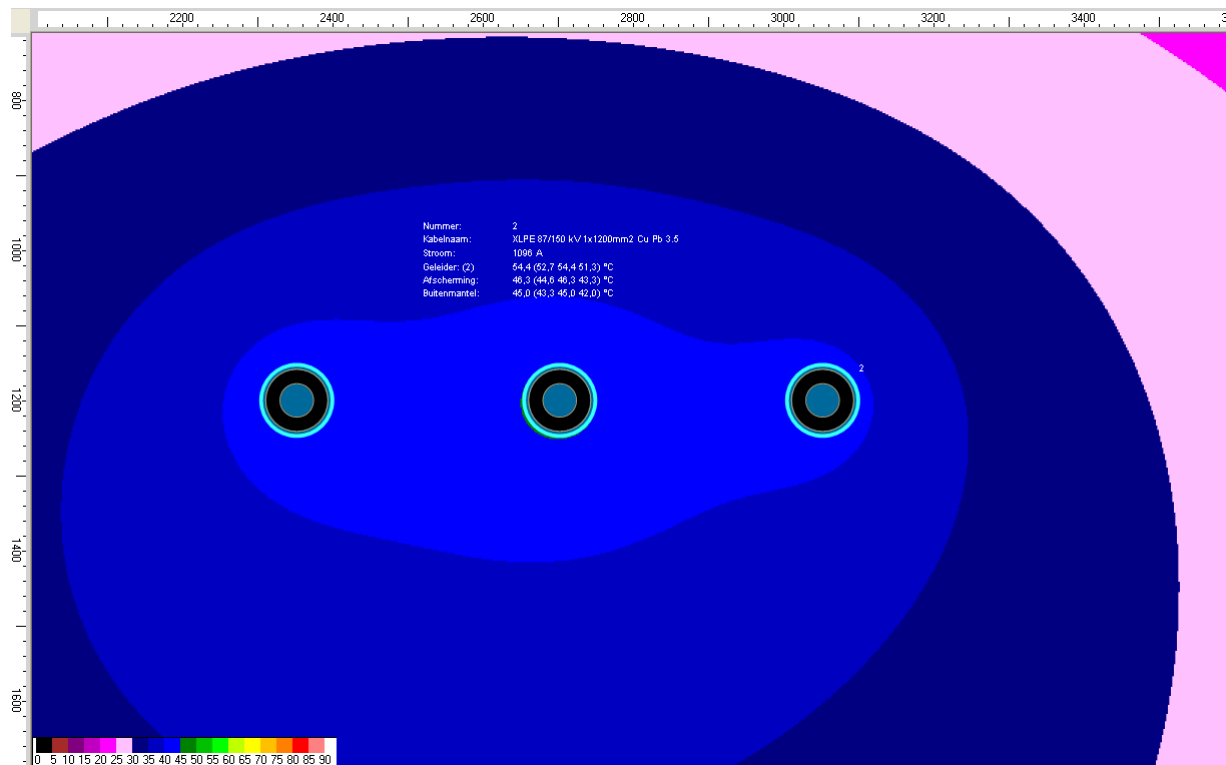
G-waarde	1 Km/W					
Kritische uitdroogtemperatuur	45 °C					
Ligingsdiepte	1,20	1,20	1,20	1,80	1,80	1,80
Belasting van de circuits	Circuit 1 = in Circuit 2 = in	Circuit 1= 962A Circuit 2= 962 A	Circuit 1= uit Circuit 2= in	Circuit 1 = in Circuit 2 = in	Circuit 1= 962A Circuit 2= 962 A	Circuit 1= uit Circuit 2= in
Geleider doorsnede:						
1200 mm ² Cu (Milliken)	1096 A (285 MVA)	38 °C	1156 A (300 MVA)	996 A (259 MVA)	43 °C	1077 A (280 MVA)
1600 mm ² Alu (Massief) + PB	996 A (259 MVA)	43 °C	1054 A (274 MVA)	907 A (236 MVA)	n.v.t.	982 A (255 MVA)
1600 mm ² Alu (Milliken) + Alu	1027 A (267 MVA)	40 °C	1080 A (281 MVA)	933 A (242 MVA)	n.v.t.	1001 A (260 MVA)
Temperatuur buiten mantel	45 °C*	38-43 °C*	45 °C*	45 °C*	43 °C **	45 °C*

* 45 °C i.v.m. ingestelde gronduitdroging temperatuur

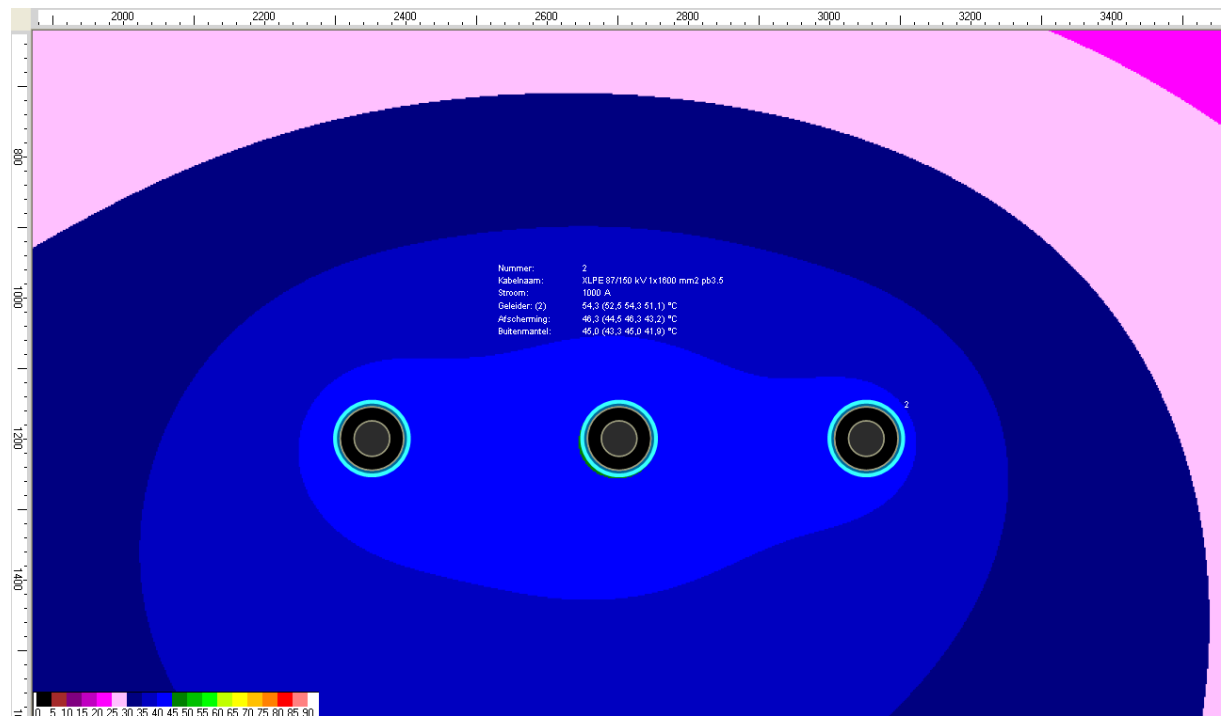
** De temperatuur van de buiten mantel is alleen berekend voor de 1200mm² Cu kabel.

Conclusie: De transportcapaciteit van alle drie typen kabelsystemen voldoen niet aan de functionele eisen. Zie paragraaf "2.2 Functionele eisen kabelverbindingen".

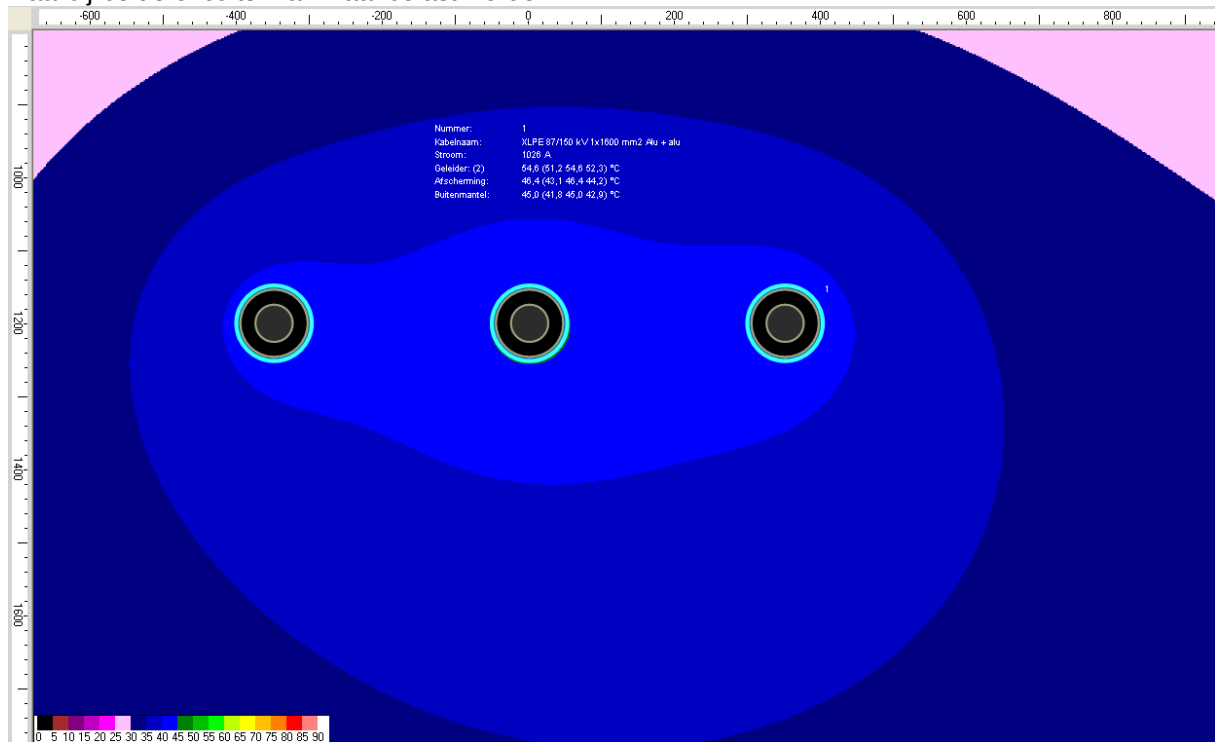
Temperatuur beeld van de 1200 mm² Cu (Milliken) kabelverbinding op een diepte van 1.20m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Massief) + PB kabelverbinding op een diepte van 1.20m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



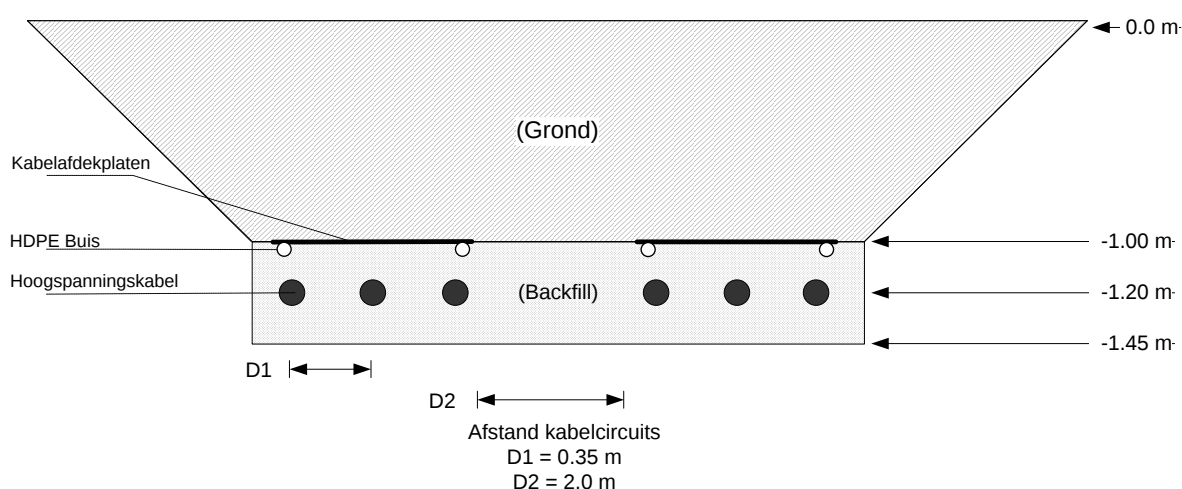
Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Milliken) + Alu kabelverbinding op een diepte van 1.20m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



3.5 Leggen in open ontgraving in plat vlak met Backfill

Liggingconfiguratie:	Platvlak
Liggingdiepte kabels:	-1,20 m
Afstand circuits:	2,0 m
Hart op Hart afstand kabels	0,35 m
Grond temperatuur:	15 °C
G-waarde:	0,6 Km/W
Maximale temperatuur kabelmantel:	45 °C

Open ontgraving met Backfill

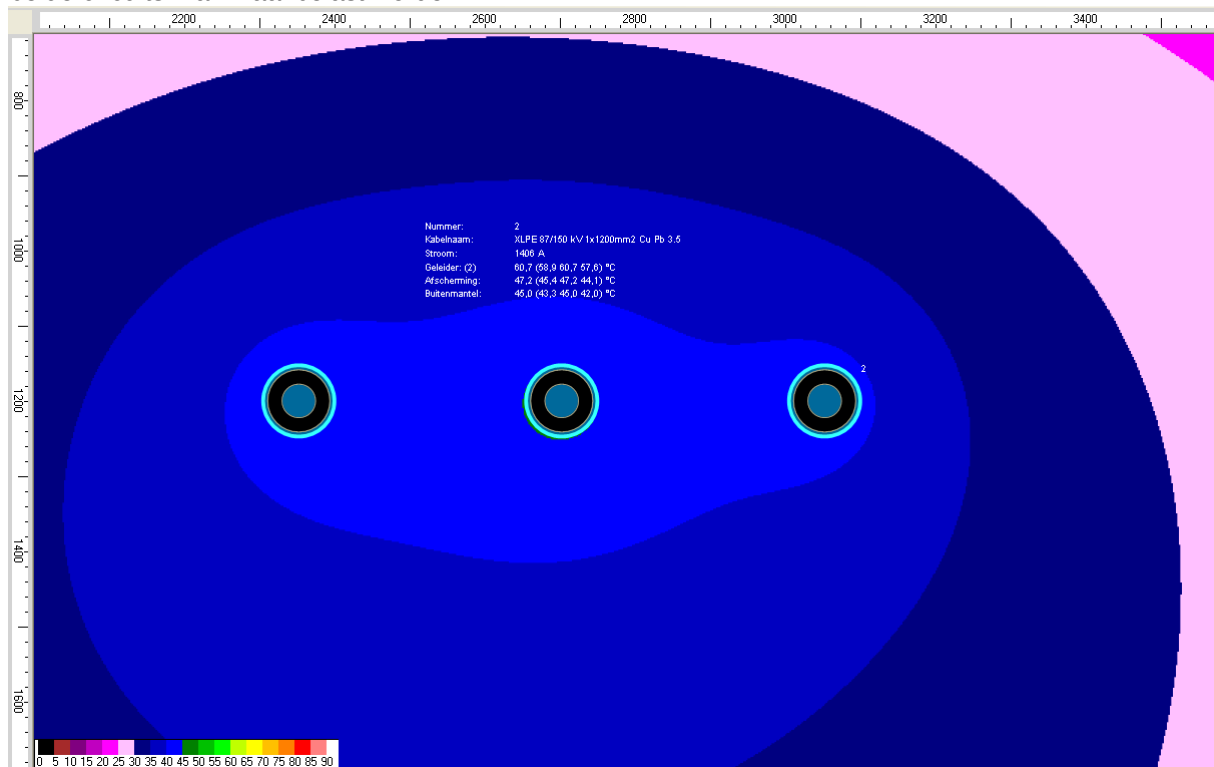


G-waarde	0,6 Km/W					
Kritische uitdroogtemperatuur	45 °C					
Liggingdiepte	1,20	1,20	1,20	1,80	1,80	1,80
Belasting van de circuits	Circuit 1 = in Circuit 2 = in	Circuit 1= 962A Circuit 2= 962 A	Circuit 1= uit Circuit 2= in	Circuit 1 = in Circuit 2 = in	Circuit 1= 962A Circuit 2= 962 A	Circuit 1= uit Circuit 2= in
Geleider doorsnede:						
1200 mm ² Cu (Milliken)	1405 A (365 MVA)	29 °C	1481 A (385 MVA)	1278 A (332 MVA)	31 °C	1381 A (359 MVA)
1600 mm ² Alu (Massief) + PB	1281 A (333 MVA)	32 °C	1350 A (351 MVA)	1163 A (302 MVA)	35 °C	1258 A (327 MVA)
1600 mm ² Alu (Massief) + Alu	1226 A (319 MVA)	32 °C	1291 A (335 MVA)	1115 A (290 MVA)		1205 A (313 MVA)
1600 mm ² Alu (Milliken) + Alu	1312 A (341 MVA)	30 °C	1378 A (358 MVA)	1196 A (311 MVA)	33 °C	1286 A (334 MVA)
Temperatuur buiten mantel	45 °C*	29- 32 °C	45 °C*	45 °C*	31- 36 °C	45 °C*

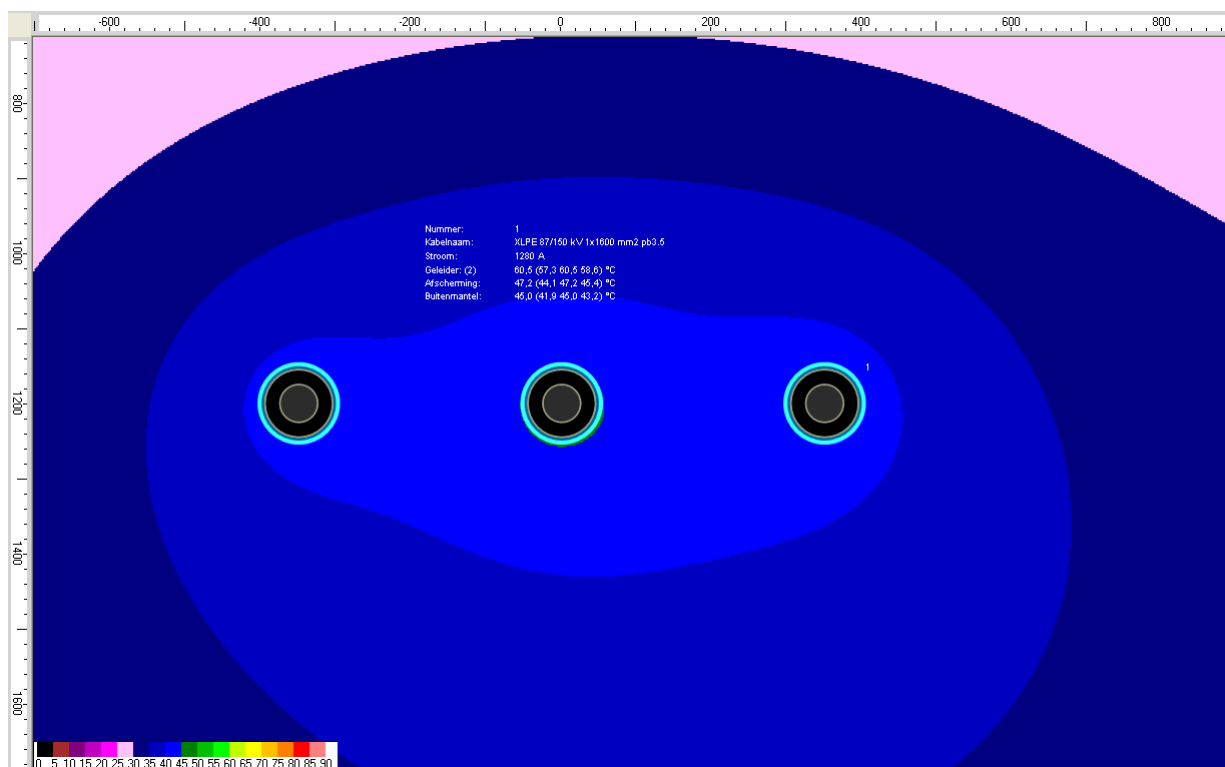
* 45 °C i.v.m. ingestelde gronduitdroging temperatuur

Conclusie: De transportcapaciteit van alle hierboven genoemde typen kabelsystemen voldoen aan de functionele eisen. Zie paragraaf "2.2 Functionele eisen kabelverbindingen".

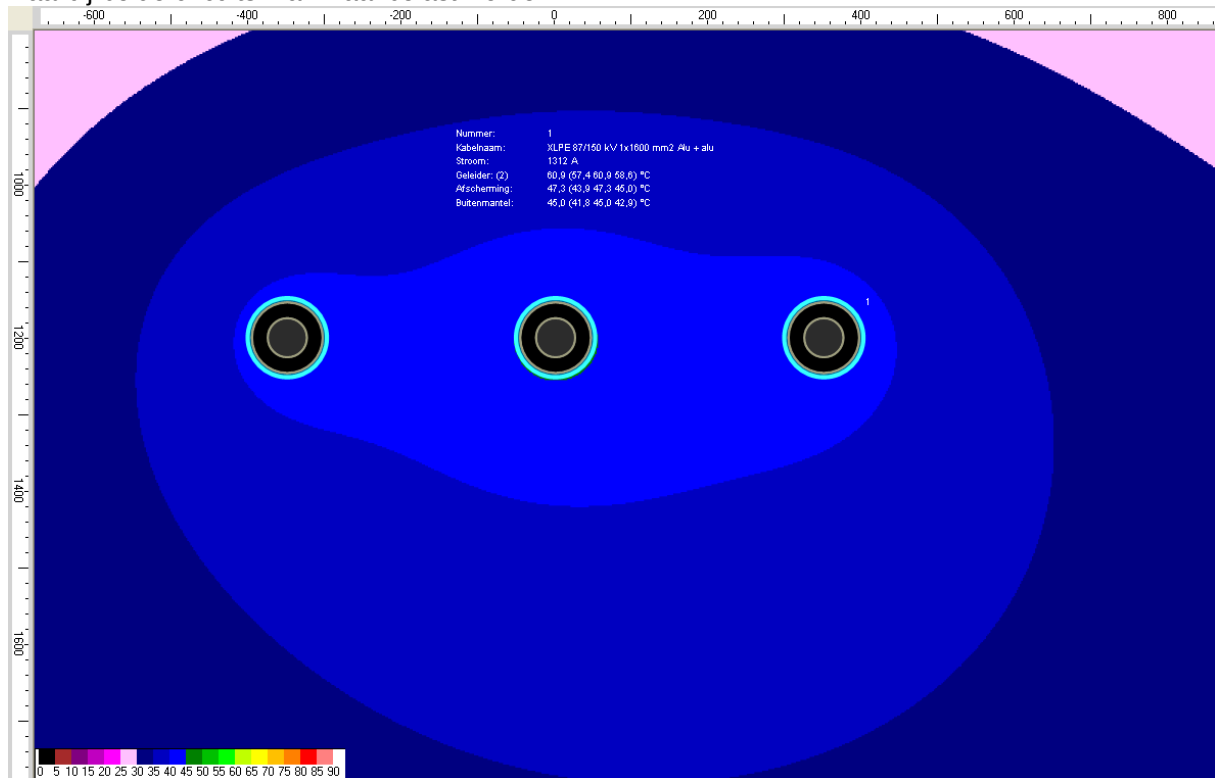
Temperatuur beeld van de 1200 mm² Cu (Milliken) kabelverbinding op een diepte van 1.20 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



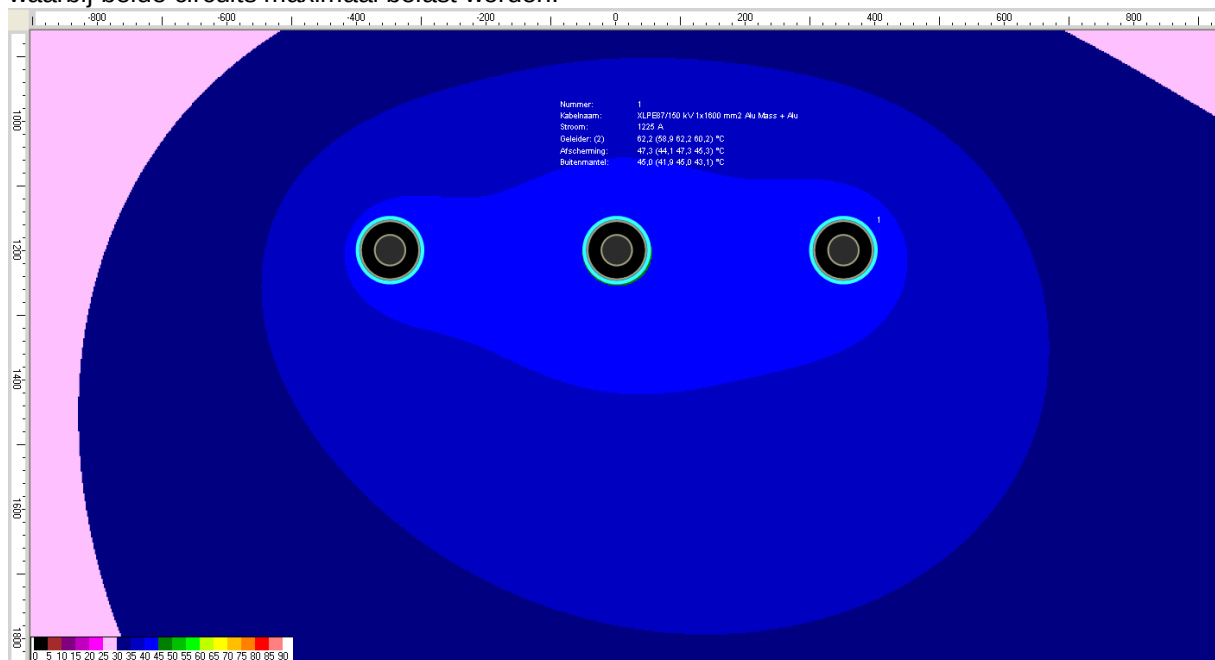
Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Massief) + PB kabelverbinding op een diepte van 1.20 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Milliken) + Alu kabelverbinding op een diepte van 1.20 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.

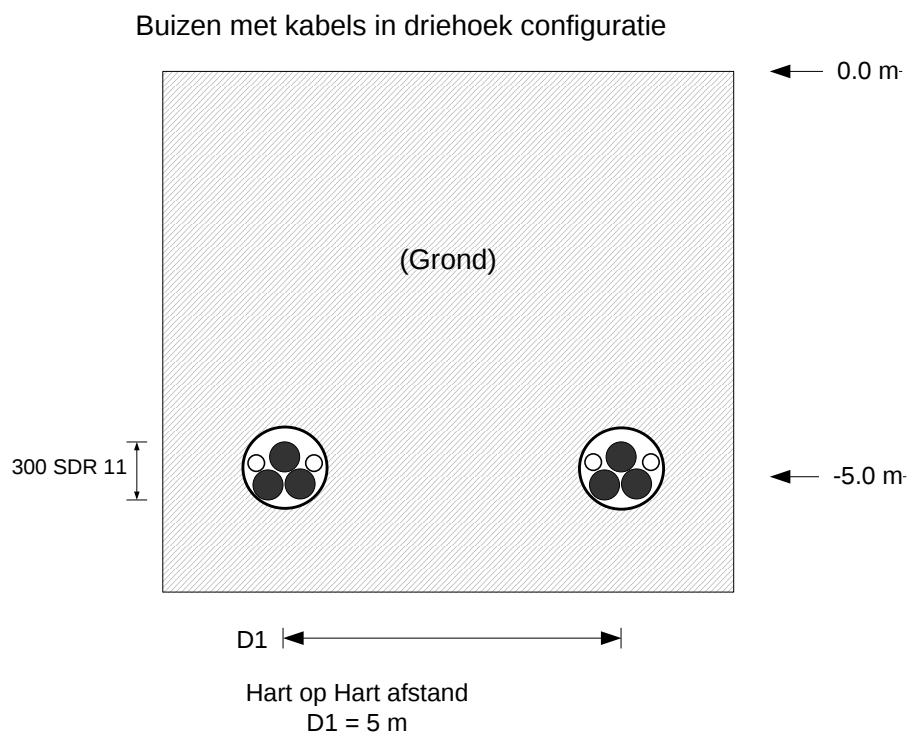


Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Massief) + Alu kabelverbinding op een diepte van 1.20m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



3.6 Leggen in HDD boring in driehoek in gemeenschappelijke buis

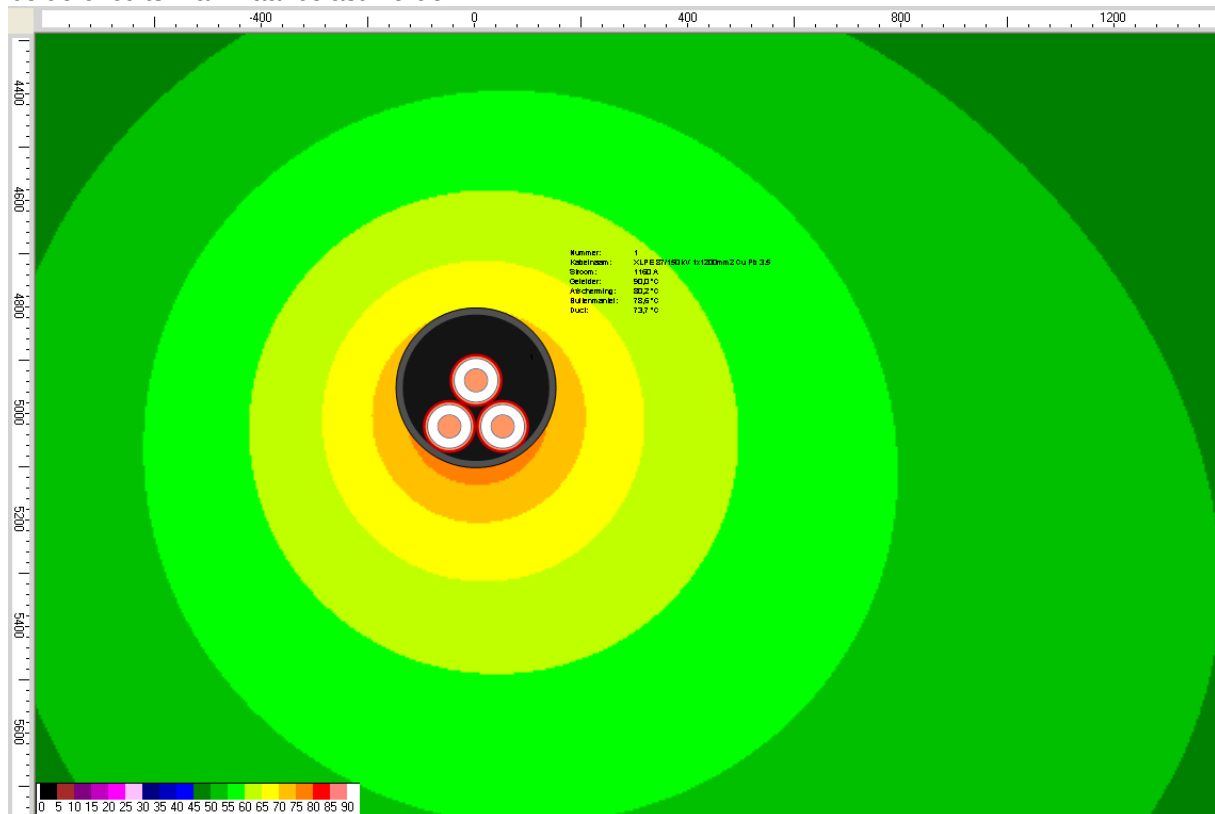
Liggingdiepte kabels:	-5 m
Liggingconfiguratie:	Driehoek
Kabels in buis:	300 SDR 11
Alle kabels in 1 buis:	Driehoek, tegen elkaar
Buis gevuld met:	Water
Grondtemperatuur:	12 °C
Hart op Hart afstand buizen	5 m
G-waarde:	0.9 Km/W
Maximale geleider temperatuur:	90 °C



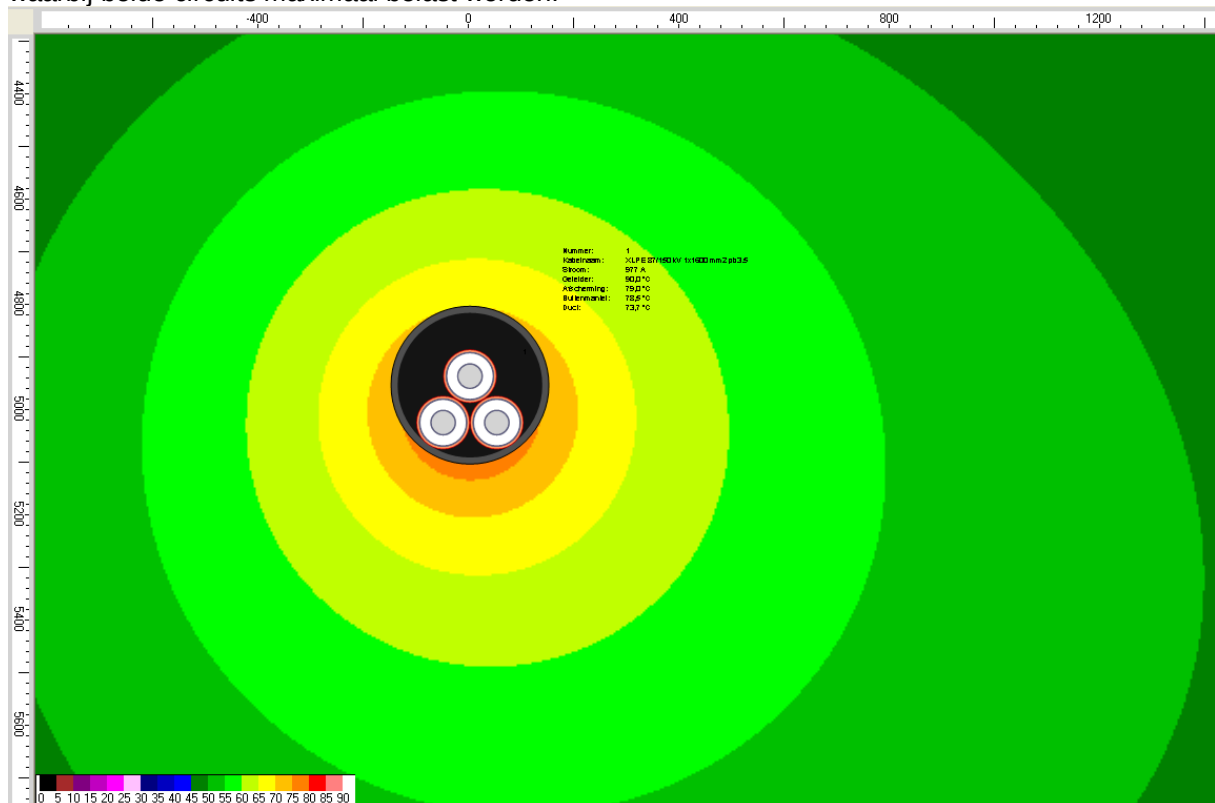
G-waarde	0.9 Km/W		
Kritische uitdroogtemperatuur	Geen		
Liggingdiepte	- 5 m		
Belasting van de circuits	Circuit 1 = in Circuit 2 = in	Circuit 1= 962A Circuit 2= 962 A	Circuit 1= uit Circuit 2= in
Geleider doorsnede:			
1200 mm ² Cu (Milliken)	1160 A, 73 °C (301 MVA)	52 °C	1222 A, 71 °C (317 MVA)
1600 mm ² Alu (Massief) + PB	977 A, 74 °C (254 MVA)	72 °C	1047 A, 72 °C (272 MVA)
1600 mm ² Alu (Massief) + Alu	953 A, 74 °C (248 MVA)	n.v.t.	1011 A, 70 °C (263 MVA)
1600 mm ² Alu (Milliken) + Alu	1011 A, 75 °C (263 MVA)	68 °C	1084 A, 73 °C (282 MVA)
2000 mm ² Alu (milliken) + PB	1191 A (309 MVA)	51 °C	1280 A (333 MVA)
Temperatuur buis	73- 75 °C	51-68 °C	71 - 73 °C

Conclusie: Alleen de transportcapaciteit van de 1200 mm² koperen kabel voldoet aan de functionele eisen. Zie paragraaf "2.2 Functionele eisen kabelverbindingen".

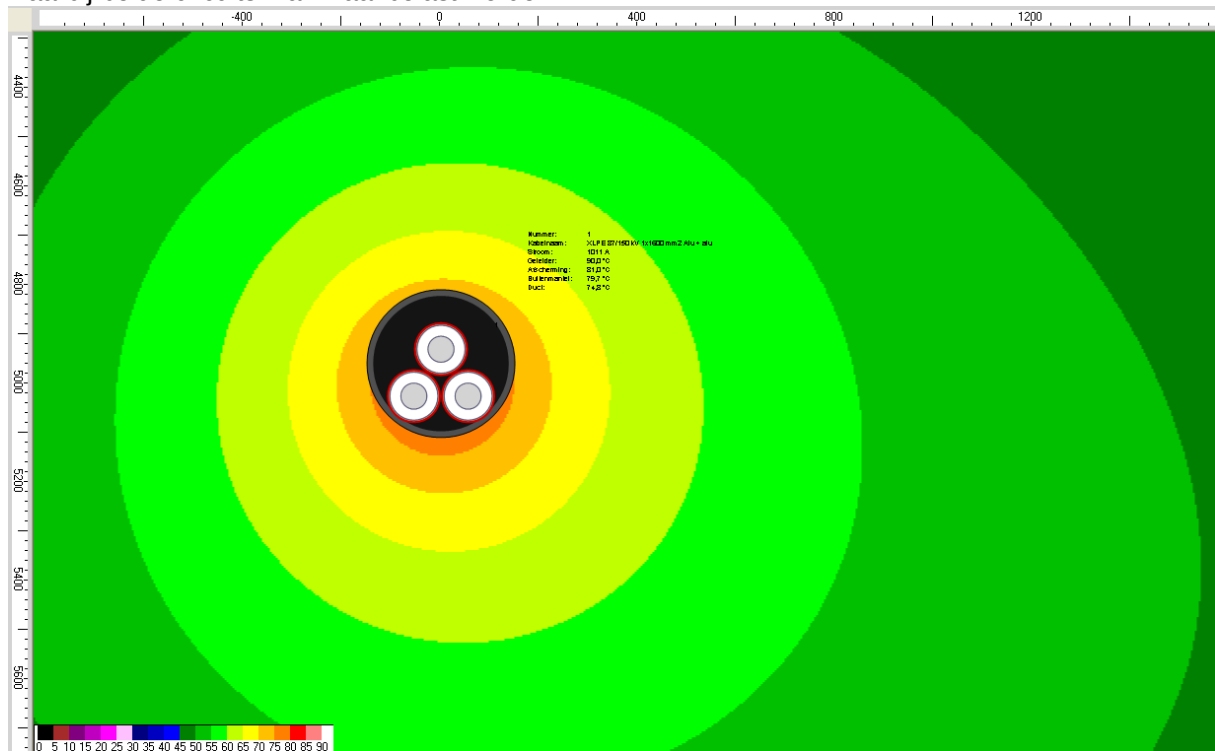
Temperatuur beeld van de 1200 mm² Cu (Milliken) kabelverbinding op een diepte van 5 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



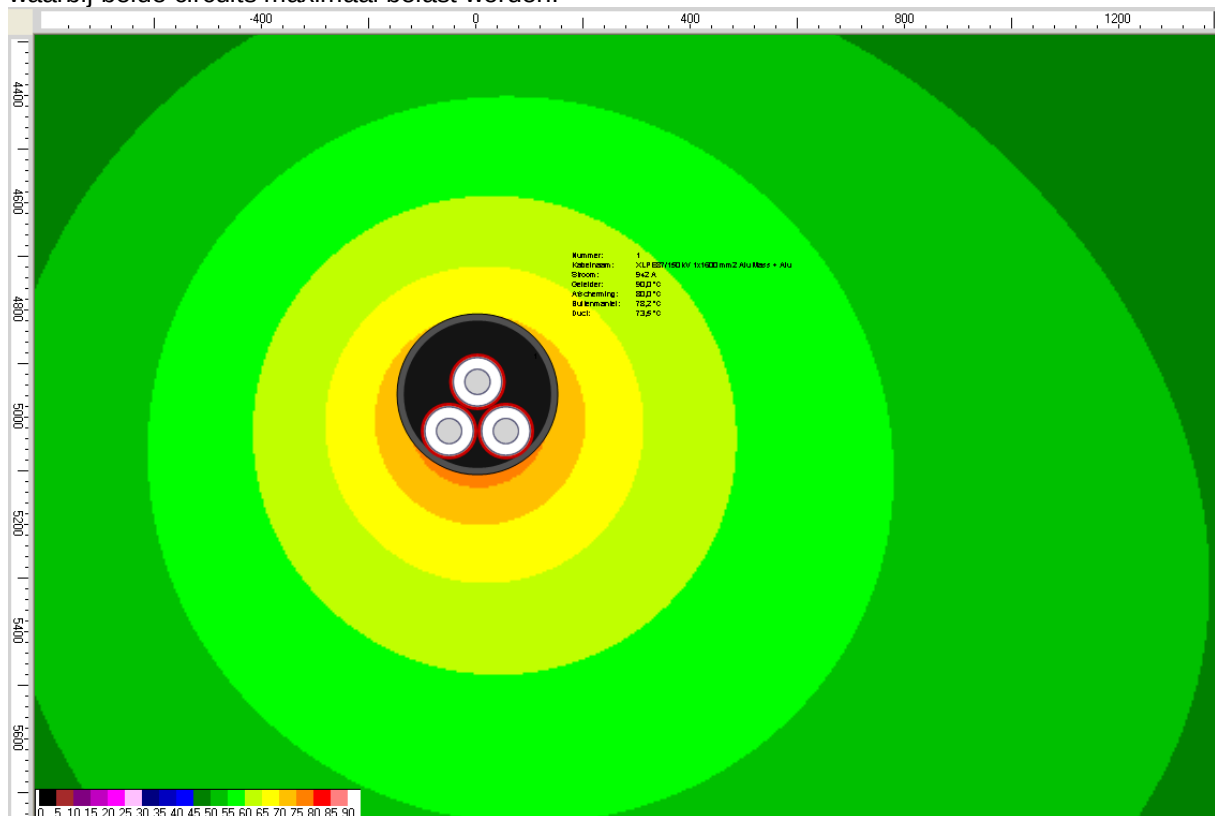
Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Massief) + PB kabelverbinding op een diepte van 5 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Milliken) + Alu kabelverbinding op een diepte van 5 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Massief) + Alu kabelverbinding op een diepte van 5 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.

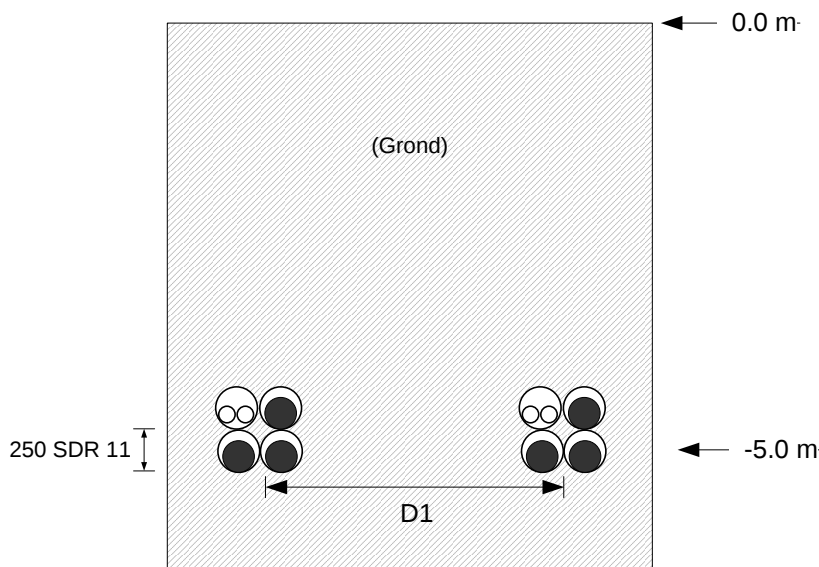


3.7 Leggen in HDD boring in driehoek in individuele buizen

Liggingdiepte kabels:	-5 m
Liggingconfiguratie:	Driehoek
Kabels in buis:	250 SDR 11
Buis gevuld met:	water
Grondtemperatuur:	12 °C
Hart op Hart afstand circuit:	5 m
G-waarde:	0,9 Km/W
Maximale geleider temperatuur:	90 °C

Voor HDD boringen wordt met onderstaande configuratie gerekend.

HDD Boring

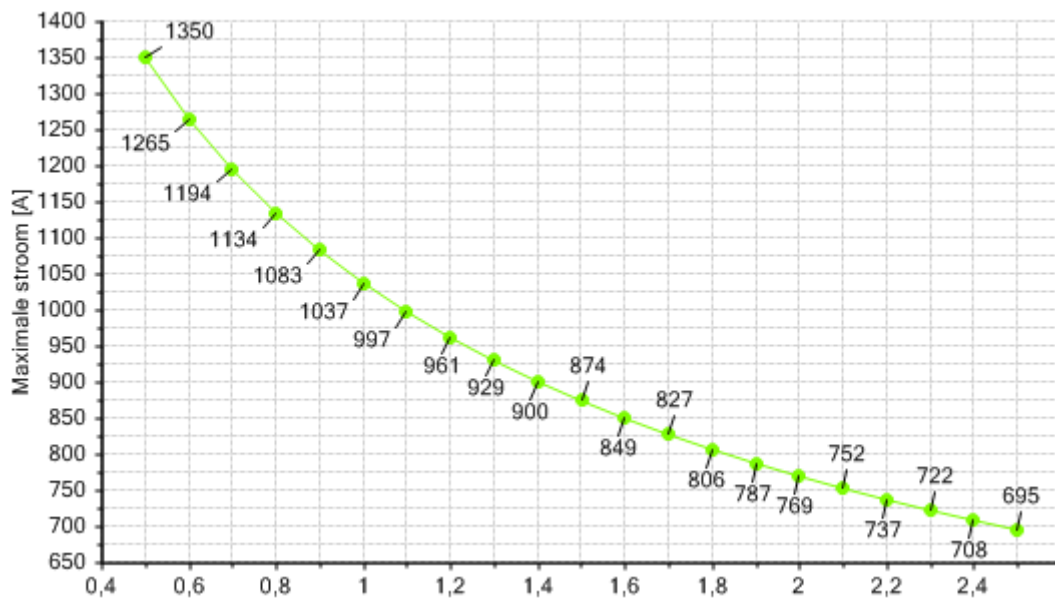


Hart op Hart afstand $D1 = 5 \text{ m}$

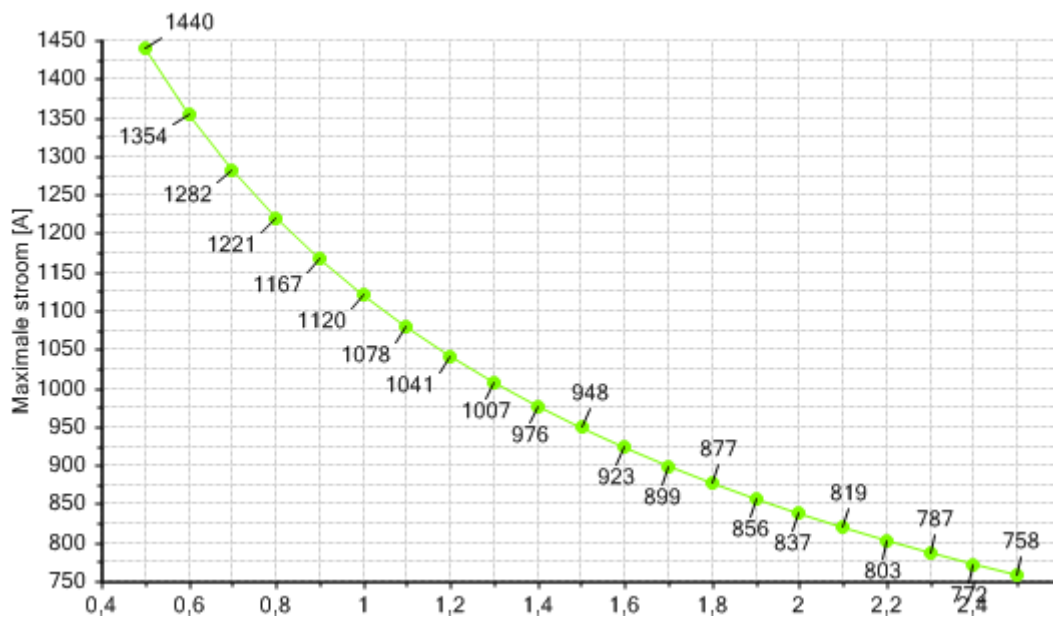
G-waarde	0,9 Km/W		
Kritische uitdroogtemperatuur	Geen		
Liggingdiepte	- 5 m		
Belasting van de circuits	Circuit 1 = in Circuit 2 = in	Circuit 1= 962A Circuit 2= 962 A	Circuit 1= uit Circuit 2= in
Geleider doorsnede:			
1200 mm2 Cu (Milliken)	1268 A, 75 °C (329 MVA)	45 °C	1367 A, 78 °C (355 MVA)
1600 mm2 Alu (Massief) + PB	1083 A, 75 °C (281 MVA)	59 °C	1167 A, 72 °C (303 MVA)
1600 mm2 Alu (Massief) + Alu	1068 A, 74 °C (277 MVA)	61 °C	1154 A, 72 °C (300 MVA)
1600 mm2 Alu (Milliken) + Alu	1145 A, 75 °C (297 MVA)	53 °C	1236 A, 73 °C (321 MVA)
2000 mm2 Alu (milliken) + PB	1301 A, 76 °C (338 MVA)	43 °C	1407 A (366 MVA)
Temperatuur buis	74-75 °C	45-61 °C	72-78 °C

Conclusie: De transportcapaciteit van alle hierboven genoemde typen kabelsystemen voldoen aan de functionele eisen. Zie paragraaf "2.2 Functionele eisen kabelverbindingen". Als uitgangspunt is een G-waarde van 0,9 Km/W gekozen. Nader grond onderzoek is nodig om de exacte G-waarde en dus ook de transportcapaciteit te bepalen. Op de volgende bladzijde wordt een grafiek getoond met de transportcapaciteit van de verbindingen bij variërende G-waarde.

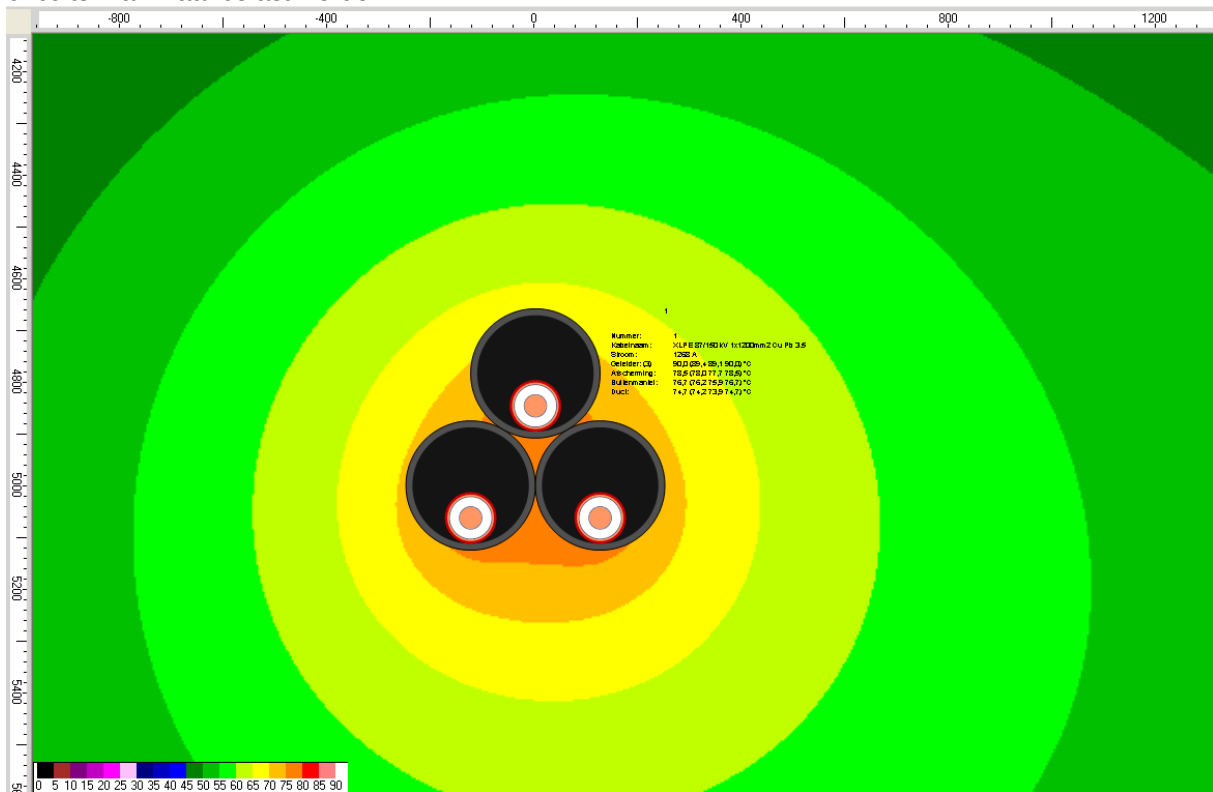
Onderstaande grafiek geeft de transportcapaciteit aan van de 1600 mm² Alu (Massief) + PB kabel waarbij beide circuits in bedrijf zijn en de G-waarde gevarieerd word.
X-as = G-waarde en Y-as maximale stroom:



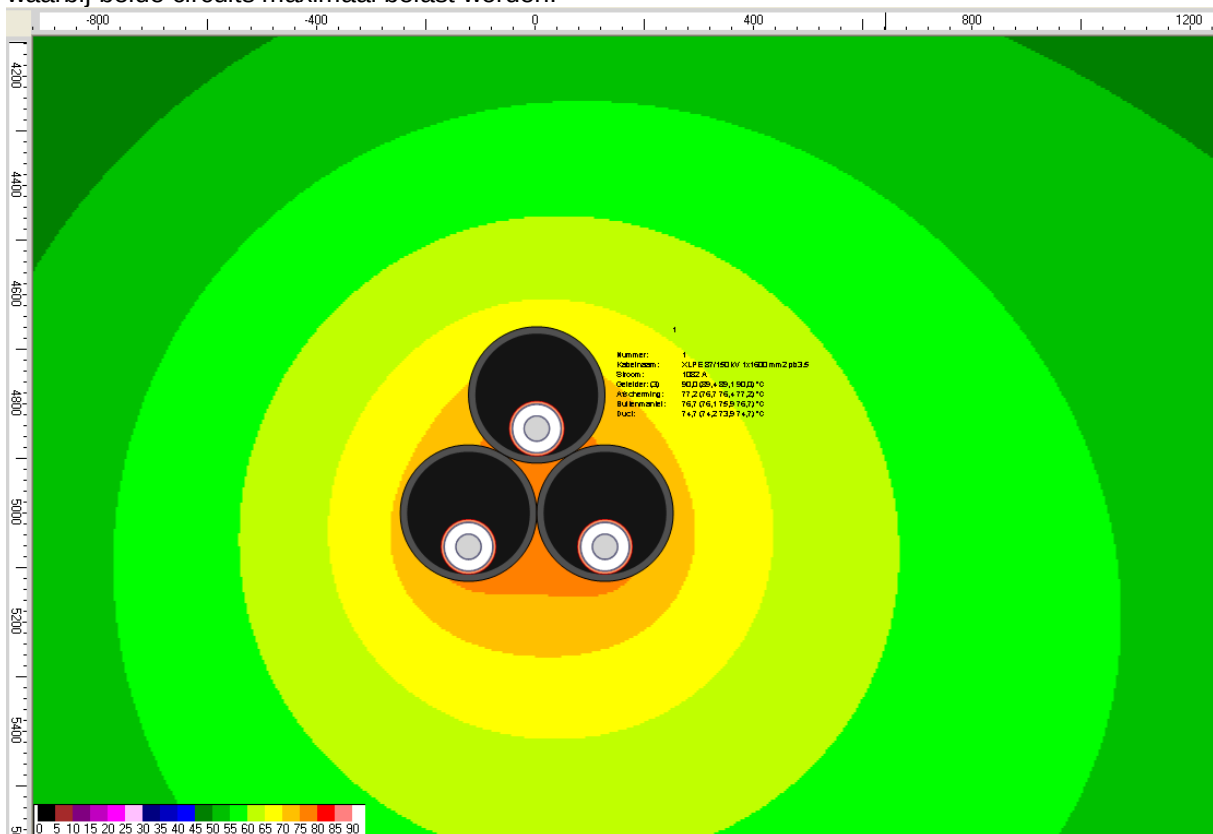
Onderstaande grafiek geeft de transportcapaciteit aan van de 1600 mm² Alu (Massief) + PB kabel waarbij één circuits in bedrijf is en de G-waarde gevarieerd word.
X-as = G-waarde en Y-as maximale stroom:



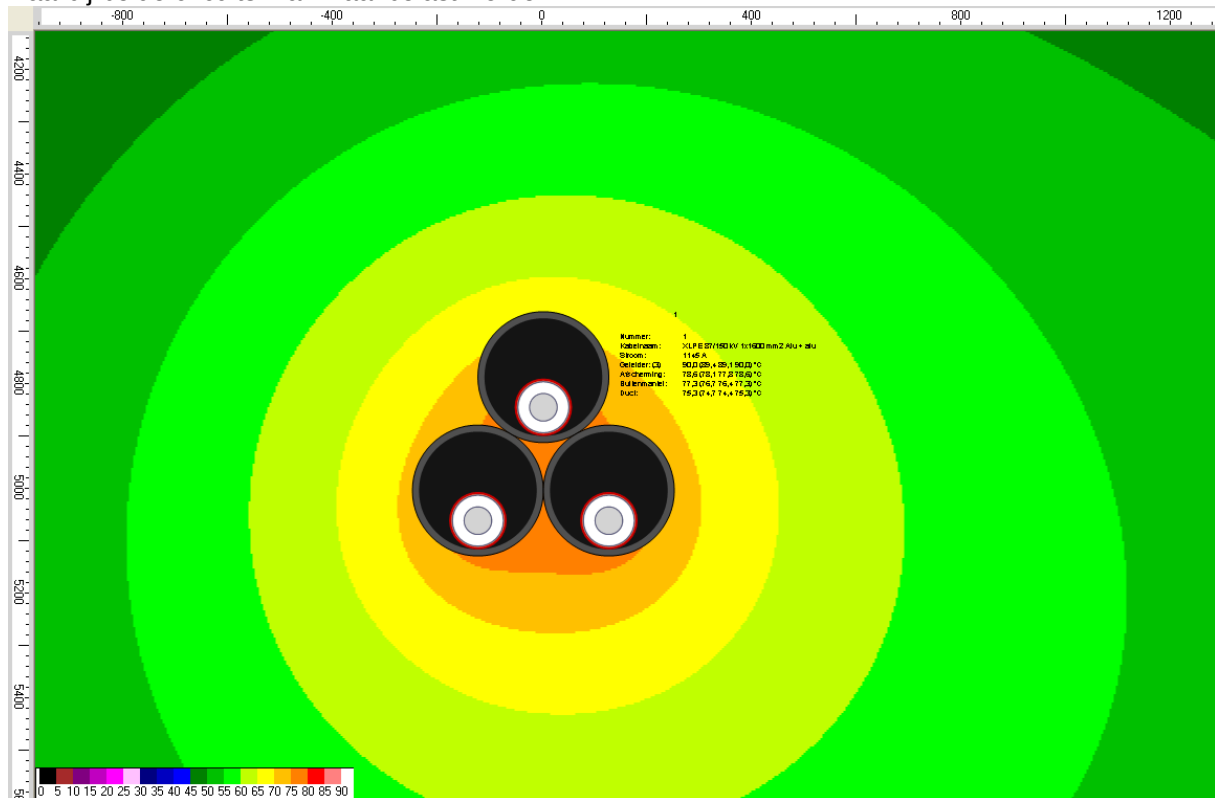
Temperatuur beeld van de 1200 mm² Cu kabelverbinding op een diepte van 5 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



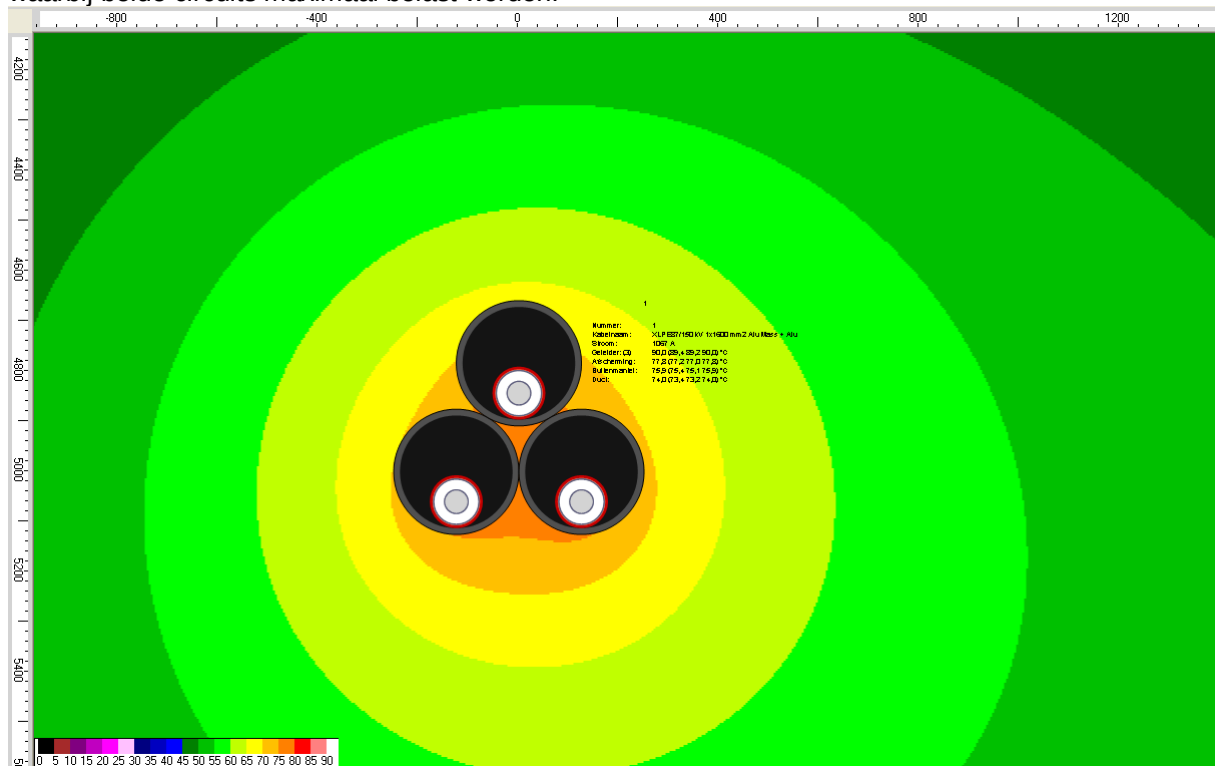
Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Massief) + PB kabelverbinding op een diepte van 5 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Milliken) + Alu kabelverbinding op een diepte van 5 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.

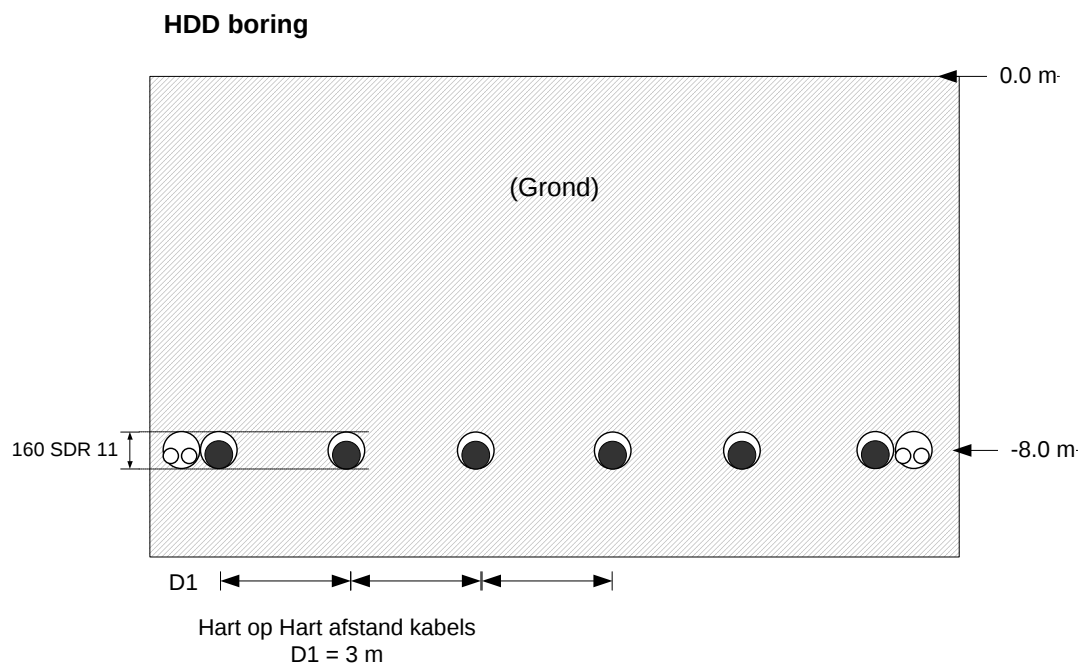


Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Massief) + Alu kabelverbinding op een diepte van 5 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



3.8 Leggen in HDD boring in plat vlak in individuele buizen

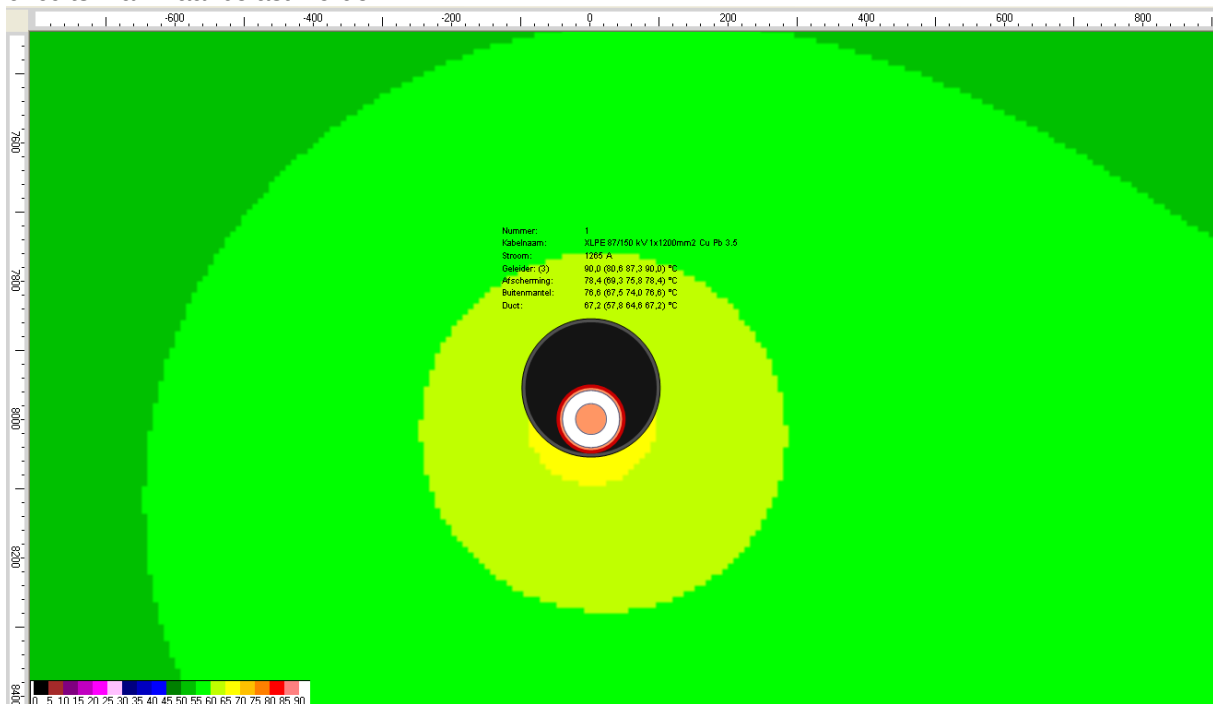
Liggingdiepte kabels:	-8 m
Liggingconfiguratie:	Platvlak
Hart op Hart afstand circuits	9 m
Hart op Hart afstand buizen	3 m
Kabels in eigen buis:	160 SDR 11
Buis gevuld met:	Niet gevuld
Grondtemperatuur:	12 °C
G-waarde:	1 Km/W
Maximale geleider temperatuur:	90 °C



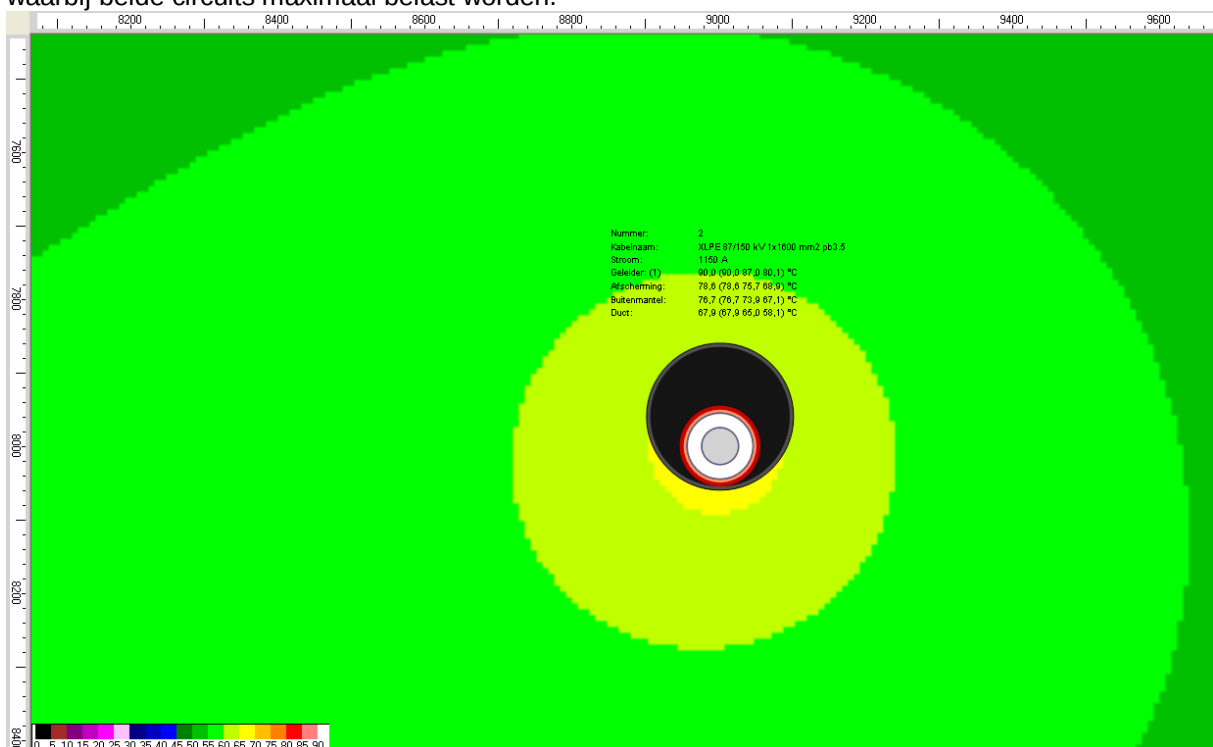
G-waarde	1 Km/W		
Kritische uitdroogtemperatuur	Geen		
Liggingdiepte	8 m		
Belasting van de circuits	Circuit 1 = in Circuit 2 = in	Circuit 1= 962A Circuit 2= 962 A	Circuit 1= uit Circuit 2= in
Geleider doorsnede:			
1200 mm² Cu (Milliken)	1265 A, 67 °C (329 MVA)	47 °C	1391 A, 63 °C (361 MVA)
1600 mm² Alu (Massief) + PB	1150 A, 68 °C (299 MVA)	52 °C	1267 A, 63 °C (329 MVA)
1600 mm² Alu (Milliken) + Alu	1221 A, 73 °C (317 MVA)	50 °C	1359 A, 69 °C (353 MVA)
Temperatuur buis	67- 73 °C	47-52 °C	63-69 °C

Conclusie: De transportcapaciteit van alle drie typen kabelsystemen voldoen aan de functionele eisen. Zie paragraaf "2.2 Functionele eisen kabelverbindingen".

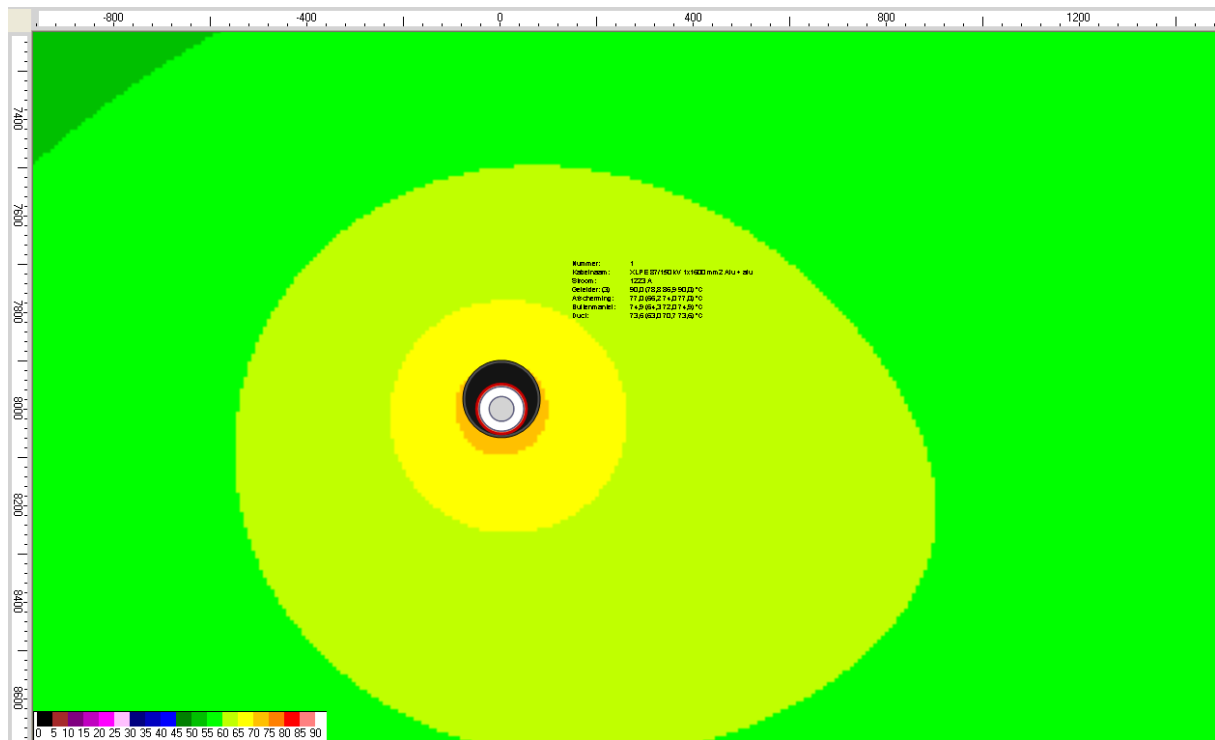
Temperatuur beeld van de 1200 mm² Cu kabelverbinding op een diepte van 8 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Massief) + PB kabelverbinding op een diepte van 8 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.

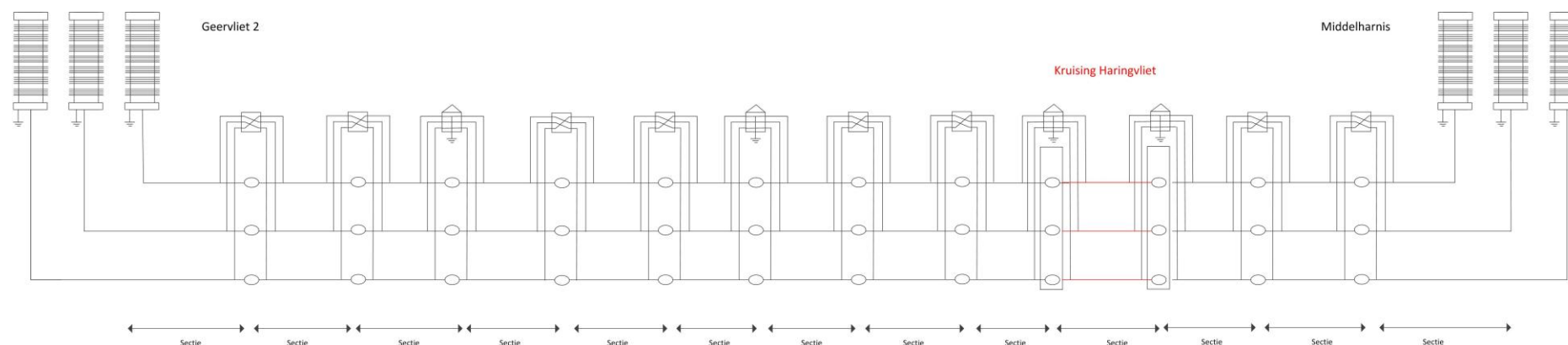


Temperatuur beeld van de 1600 mm² Alu (Milliken) + Alu kabelverbinding op een diepte van 8 m, waarbij beide circuits maximaal belast worden.



4. Cable system design

Voor het tracé van station Geervliet 2 naar Haringvliet is het onderstaande concept kabelsysteem opgezet.



De kabelverbinding kan worden aangelegd in delen met een gemiddelde lengte van ongeveer 1,1-1,2 km. Hierdoor ontstaan er 5 mayor secties. Aan de zijde Geervliet 2 wordt de kabel afgewerkt d.m.v. een kabel eindsluiting op de ABB schakelinstallatie (GIS). Aan de zijde van de station Middelharnis wordt de kabel afgewerkt d.m.v. een open eindsluiting.

De onderlinge verbindingen worden gemaakt d.m.v. verbindingsmoffen met mantelonderbrekingen (Cross-bonding moffen). De exacte locatie van de moffen dient aan de hand van de tracé engineering bepaald te worden.

Aardsysteem

De aarding van de metaalmantels wordt uitgevoerd in crossbonding. De verbinding wordt opgedeeld in 7 mayor secties. In de bovenstaande figuur is het aardschema van de verbinding weergegeven. (kruising Haringvliet dient nog exact bepaald te worden)

Ter plaatse van de cross-bondingsmoffen worden de metaalmantels d.m.v. aardkabel met een nader te bepalen diameter uitgevoerd en afgewerkt in cross-bonding dozen of kasten waar de mantels gekruist worden. Aan de zijde Geervliet 2 en Middelharnis worden de metaalmantels direct geaard op de installaties.

5. Magnetisch veld

Bij transport van elektriciteit ontstaan magnetische velden. De blootstellingslimieten van deze magnetische velden zijn voor kabelverbindingen niet wettelijk vastgelegd, maar in de praktijk worden wel de aanbevelingen van de ICNIRP gehanteerd. Voor de frequentie van het elektriciteitsnet in Nederland, 50 Hz, ligt de limiet voor het magnetische veld voor de algemene bevolking op 100 microtesla (μT) en die voor beroepsmatige blootstelling op 500 μT .

Daarnaast heeft het ministerie van VROM in 2005 een advies uitgebracht met betrekking tot de bebouwing rond hoogspanningslijnen. Aanbevolen wordt te vermijden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig worden blootgesteld aan magnetische velden van meer dan 0.4 μT . In de "Standaard programma van eisen Kabels" van TenneT wordt gerefereerd naar het "Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen" van het ministerie van VROM als uitgangspunt voor bepaling van de magneetveldzone. Deze magneetveldzone is voor de tracé Geervliet 2-Middelharnis berekend voor de volgende belastingen:

- Eén circuit in bedrijf
- Twee circuits in bedrijf

Verder wordt er in het rapport "Handreiking voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen" van de RIVM, versie 3.0, d.d. 25 juni 2009, aanbevolen om de berekeningen uit te voeren bij een jaargemiddelde belasting van 50% van de maximale transportcapaciteit voor 150 kV, 110 kV en 50 kV lijnen met twee circuits.

Voor één circuit in bedrijf is de maximale transportcapaciteit 1 x 300 MVA. Wij hebben gerekend met een vermogen van 50% van de transportcapaciteit, dus 1 x 150 MVA.

Voor de dubbele kabel verbinding (beide circuits in bedrijf) is de transportcapaciteit 2 x 250 MVA (voorkeur 2 x 300 MVA). Wij hebben gerekend met een vermogen van 50% van de (voorkeurs situatie en van de minimale belasting) transportcapaciteit, dus 2 x 125 MVA.

Deze berekeningen zijn uitgevoerd op een afstand van 1 meter boven het maaiveld, conform de Handreiking van de RIVM.

5.1 Belastingsituatie: Eén circuit in bedrijf

Uitgangspunten:

Liggingsdiepte: 1,2 m

Liggingsconfiguratie: Platvlak

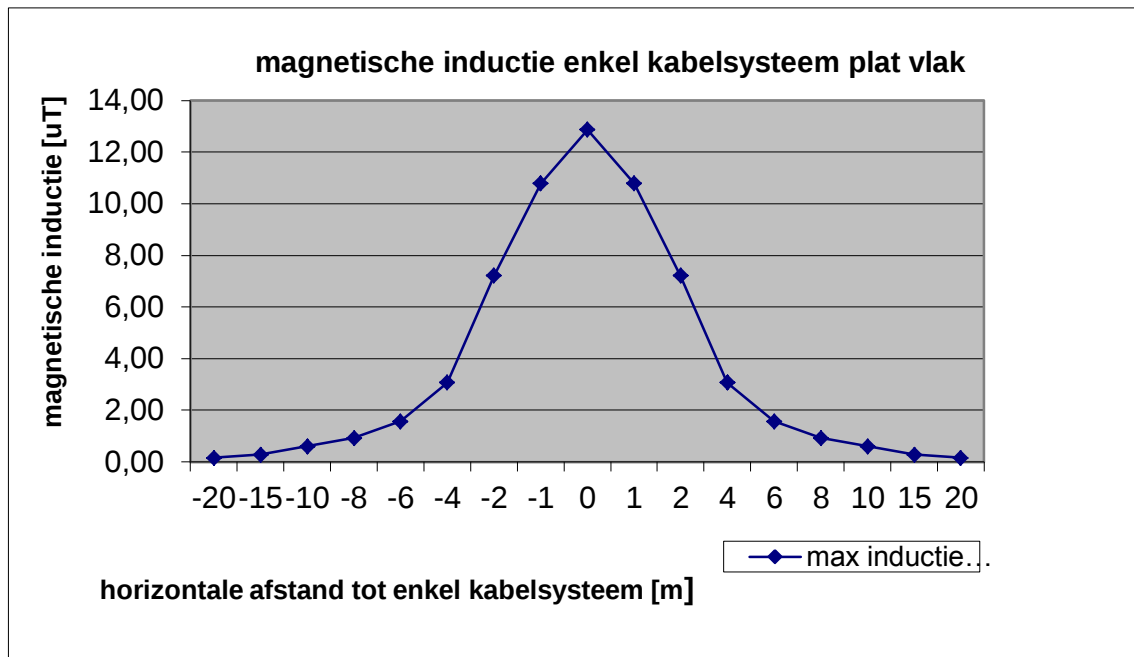
Afstand Circuits: n.v.t. (bij één circuit in bedrijf hoeft er geen rekening gehouden te worden met de beïnvloeding van de tweede circuit)

Afstand geleiders: 0,35 m

Vermogen m-veld: 1 x 150 MVA

Stroom M-veld: 577 A

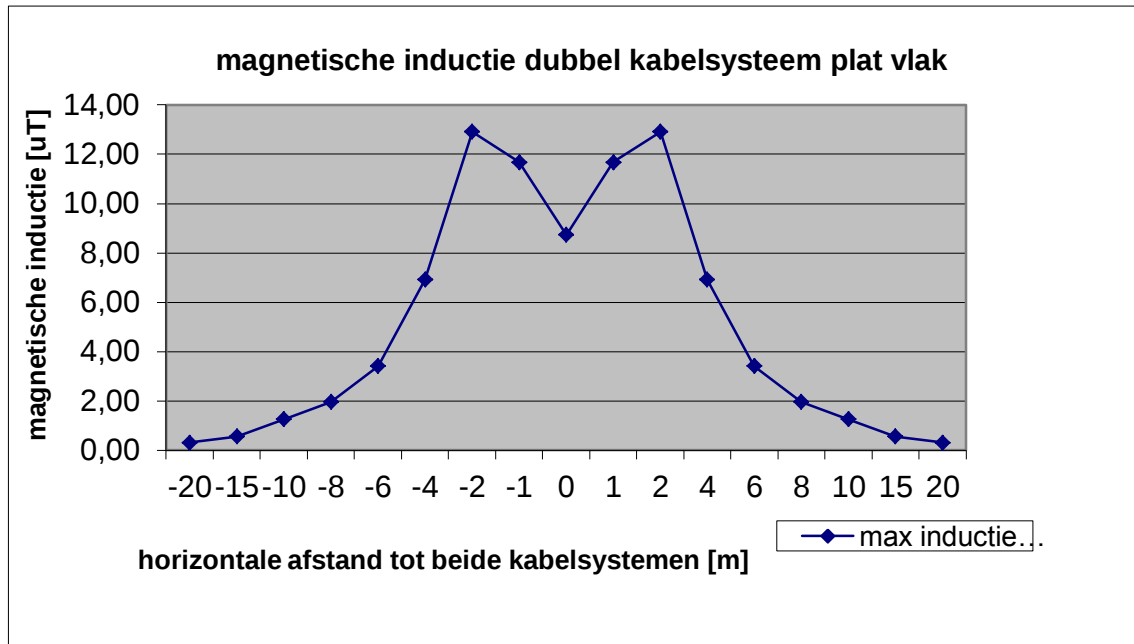
Grafiek M-veld:



Grafiek: M-veld voor één circuit in bedrijf. Op een afstand van 15 m is het magnetisch veld 0,28 μ T.

5.2 Belastingsituatie: Beide circuits in bedrijf

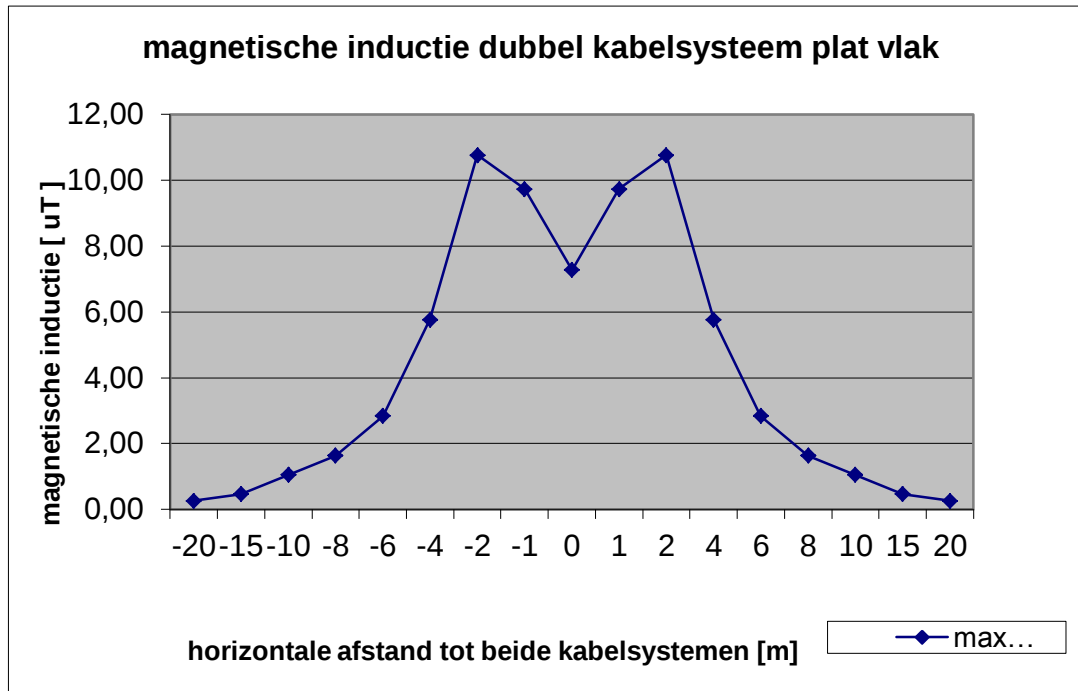
Uitgangspunten:
 Liggingsdiepte: 1,2 m
 Liggingsconfiguratie: Platvlak
 Afstand Circuits: 2 m (hoh 2,7 m)
 Afstand geleiders: 0,35 m
 Vermogen m-veld: 2 x 150 MVA
 Stroom: 577 A
 Grafiek M-veld:



Grafiek: M-veld voor twee circuits in bedrijf. Op een afstand van 15 m is het magnetisch veld 0,56 μT .
 Op een afstand van 18 meter wordt het magnetisch veld 0,4 μT .

5.3 Belastingsituatie: Beide circuits in bedrijf

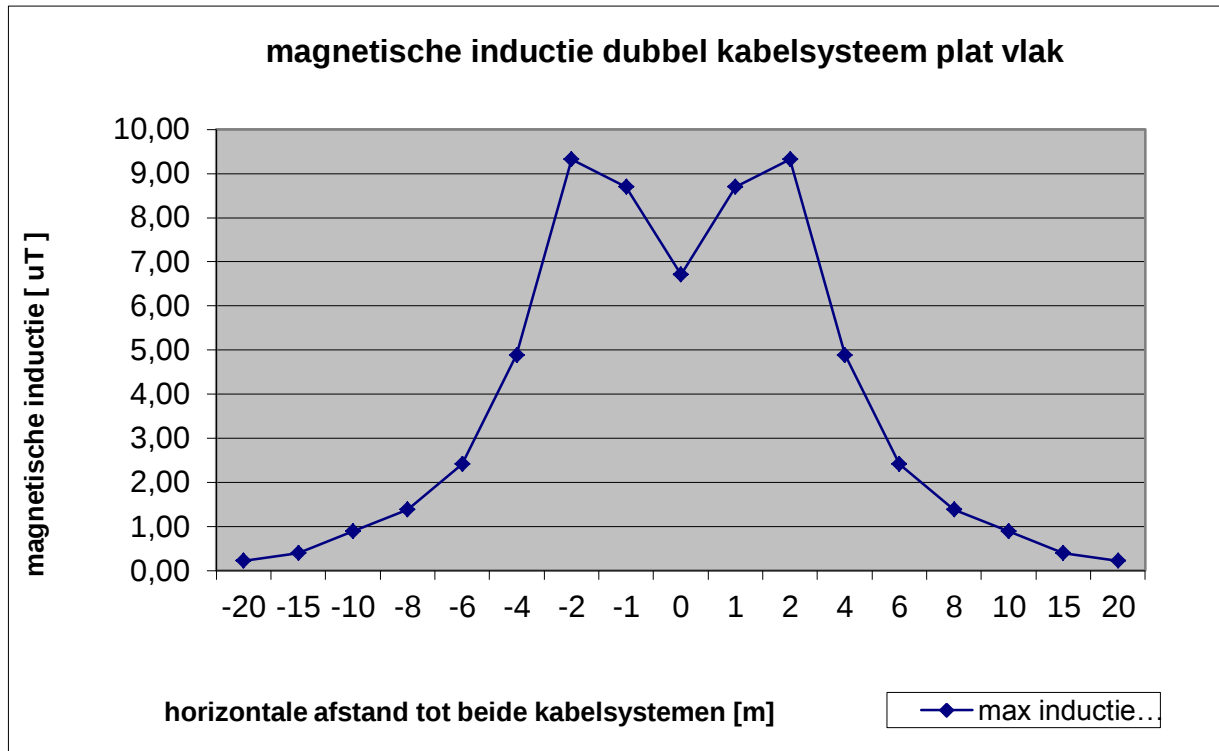
Uitgangspunten:
 Liggingsdiepte: 1,2 m
 Liggingsconfiguratie: Platvlak
 Afstand Circuits: 2 m (hoh 2,7 m)
 Afstand geleiders: **0,35 m**
 Vermogen m-veld: 2 x 125 MVA
 Stroom: 481 A
 Grafiek M-veld:



Grafiek: M-veld voor twee circuits in bedrijf. Op een afstand van 15 m is het magnetisch veld 0,47 μ T. Op een afstand van 16 meter wordt het magnetisch veld 0,4 μ T.

5.4 Belastingsituatie: Beide circuits in bedrijf

Uitgangspunten:
 Liggingsdiepte: 1,2 m
 Liggingsconfiguratie: Platvlak
 Afstand Circuits: 2 m (hoh 2,6 m)
 Afstand geleiders: **0,3 m**
 Vermogen m-veld: 2 x 125 MVA
 Stroom: 481 A
 Grafiek M-veld:



Voor de kabelverbindingen Geervliet 2 naar Middelharnis kan een magneetveldzone van 15 meter vanaf het midden van de circuits worden aangehouden indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- Hart op Hart afstand van de geleiders is 0,3 meter
- Hart op Hart afstand van de circuits is 2,6 meter
- Belasting is maximaal 2 x 250 MVA

6. Conclusie

In dit rapport is een studie gedaan naar een kabelsysteem voor het deeltracé vanaf station Geervliet 2 tot aan de Haringvliet en vanaf de andere oever van de Haringvliet naar station Middelharnis. Hierbij is er voor de kabelcircuits de transportcapaciteit bij verschillende liggingsconfiguraties uitgerekend en vergeleken met de functionele eisen. In de berekeningen zijn wij ervan uit gegaan dat het kabelsysteem wordt geaard d.m.v. cross bonding van de aardschermen.

Uit deze berekeningen volgt dat de volgende kabels voldoen aan de functionele eisen: de 1600mm² Alu (Massief en Milliken uitvoering) kabel met een lood en aluminium mantel, de 2000mm² Alu met loodmantel en de 1200mm² Cu kabel. Voor deze kabels geldt hierbij dat er voor het leggen in open ontgraving gebruik gemaakt moet worden van Backfill. De 2000Alu kan in driehoek aangelegd worden, de 1600Alu en de 1200Cu dienen in plat vlak te worden geplaatst. Uit de berekeningen volgt ook dat zonder het gebruik van Backfill de transportcapaciteit niet aan de functionele eisen voldoet. Zie onderstaande tabel.

Leggingsmethode: \ Voldoet: (Ja/Nee)	1200mm ² Cu	1600 mm ² Alu (Massief)+PB 1600 mm ² Alu (Massief)+Alu 1600 mm ² Alu (Milliken)+ Alu	2000mm ² Alu + Pb
3.2 Leggen in open ontgraving in driehoek zonder Backfill	Nee	Nee	Nee
3.3 Leggen in open ontgraving in driehoek met Backfill	Ja	Nee	Ja
3.4 Leggen in open ontgraving in plat vlak zonder Backfill	Nee	Nee	Ja (bij normaal "schoon" zand)
3.5 Leggen in open ontgraving in plat vlak met Backfill	Ja	Ja	Ja
3.6 Leggen in HDD boring in driehoek in gemeenschappelijke buis	Nee	Nee	Ja
3.7 Leggen in HDD boring in driehoek in individuele buizen	Ja	Ja	Ja
3.8 Leggen in HDD boring in plat vlak in individuele buizen	Ja	Ja	Ja

Bij de berekeningen is er van uitgegaan van een G-waarde in Backfill van 0,6 Km/W en bij de boring is een waarde van 0,9 Km/W gebruikt. De keuze hiervoor is gebaseerd op de aanname dat de kabelsystemen (gezien de liggingsdiepte) in een zand of klei laag worden gelegd. Zie ook het onderzoek van RPS BCC B.V. "Tracéstudie 150 kV kabelverbindingen Geervliet-Middelharnis". (De gemiddelde G-waarde van een Zand laag is 0.4 – 1.5 Km/W en van een klei laag is 0.5 – 1.2 Km/W). Aanbevolen wordt om nader bodemonderzoek uit te voeren op verschillende locaties langs het concept tracé om een beter beeld van de G-waarde te krijgen. Aan de hand hiervan kunnen nieuwe berekeningen worden gemaakt en kan een betere indicatie worden aangeven van de maximale transportcapaciteit van de kabels.

Vanuit technisch oogpunt is de keuze voor dit tracé de **1600mm² Alu kabel met massieve kern en een Alu mantel** hier de juiste, dit vooral bij de door de opdrachtgever geprefereerde aanleg in "plat vlak".

Hierbij is er verder geen rekening gehouden met de transportverliezen ("Total Cost of Ownership" waaronder: "kabelweerstand Alu en Cu, Skin effect, Proximity effect, Dielectric losses en Loss factor for sheath").

Indien het tracé het niet toelaat, door bijvoorbeeld een gebrek aan sleufbreedte of door beperkingen in de boortechniek ter plaatse, kan er ook gekozen worden voor 2000mm² Alu kabel met loodscherm. De aanschafkosten zullen hierbij hoger uitvallen, maar de voordelen in de installatiemethodiek compenseren dit weer naar verwachting.

Bijlage 1. Datasheets

De volgende datasheets worden toegevoegd aan dit rapport:

Datasheet 2A - 1600 mm² Cu kabel,

Datasheet 2B – 2000 mm² Cu kabel,

Datasheet 2C – 1600 mm² Alu kabel

Datasheet 2D – 2000 mm² Alu kabel met Alu scherm

Datasheet 2E – 2000 mm² Alu kabel met lood scherm